



RIVM briefrapport 607050007/2009

Warmte Koude Opslag en duurzaam gebruik van de ondergrond

Patrick van Beelen
Piet Otte
Laboratorium voor Ecologische Risicobeoordeling
Monique van der Aa
Centrum Inspectie Milieu- en Gezondheidsadviesing

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu, in het kader van RIVM project M.607050/09, directie Leefomgevingskwaliteit

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Inhoud

	Samenvatting met conclusies en aanbevelingen	4	
1	Inleiding	5	
1.1	Achtergrond	5	
1.2	Opzet van het rapport	6	
2	Recente ontwikkelingen	7	
2.1	Efficiëntie van WKO systemen	7	
2.2	Het ruimtebeslag van WKO systemen	7	
2.3	De risico's van gesloten WKO systemen	8	
2.4	De risico's van open WKO systemen	9	
2.5	De risico's van open WKO systemen in vervuild grondwater	9	
2.6	De risico's van kleine temperatuursveranderingen op de geochemie	10	
2.7	De risico's van kleine temperatuursveranderingen op de microbiologie	10	
2.8	De risico's van hoge temperaturen	10	
2.9	Mogelijkheden en randvoorwaarden vanuit de Europese KRW	11	
2.10	Toezicht bij WKO systemen: aandachtspunten voor drinkwaterbedrijven	12	
3	Literatuur	13	
4	Bijlagen	15	
4.1	Bijlage: Opzet uitvoeringsplan (zie email Patrick van Beelen 7 juli 2009)	15	15
4.2	Bijlage: Factsheet ondergronds ruimtegebruik	16	
4.3	Bijlage: Warmte Koude Opslag (WKO)	18	

Samenvatting met conclusies en aanbevelingen

Warmte koude opslag (WKO) is een energie en kostenbesparende methode voor het verwarmen en koelen van gebouwen. Open WKO systemen pompen het grondwater heen en weer om het gebouw te koelen of te verwarmen. Gesloten WKO systemen gebruiken alleen de warmte van het grondwater om huizen te verwarmen of te koelen. In Nederland is er de laatste jaren een sterke en door de overheid gestimuleerde groei van het aantal WKO systemen. Gesloten WKO systemen zouden een risico kunnen vormen voor de kwaliteit van het grondwater door het groot aantal perforaties van de ondergrond en door het mogelijke lekken van koelvloeistof. Bij open WKO systemen moet voorkomen worden dat verschillende grondwaterlagen gemengd worden waardoor ongewenste geochemische en microbiologische processen optreden. In principe kan een open WKO systeem wel op een vervuilde locatie worden toegepast, maar er is specifiek maatwerk nodig om de verspreiding van de vervuiling te beperken. De bescheiden temperatuursveranderingen die door WKO systemen worden opgewekt in het grondwater vormen slechts een gering risico voor geochemische processen. Deze temperatuursveranderingen zouden in principe wel aanleiding kunnen geven tot een toename van het aantal ziektekiemen in het grondwater. Daarom is het belangrijk dat er voldoende afstand is tussen een drinkwaterwinning en de omringende WKO installaties. Verder onderzoek is nodig om vast te stellen welke invloed WKO installaties hebben op de bacteriën in het grondwater. Het opslaan van heet (90 °C) grondwater heeft een groot aantal milieubezwaren. De Europese kaderrichtlijn water ziet ook de inbreng van warmte in het grondwater als een mogelijke verontreiniging wanneer daar nadelige gevolgen voor mensen of ecosystemen aan verbonden zijn. Het toezicht van de provincies op het groeiende aantal WKO systemen in de praktijk verdient nadere aandacht.

1 Inleiding

Duurzaam gebruik van de ondergrond komt steeds meer onder de aandacht. Zo kan de ondergrond bijdragen aan reductie van CO₂-emissie door ondergrondse opslag van CO₂ of gebruik van aardwarmte in plaats van fossiele brandstoffen. Ook wordt steeds meer naar de ondergrond gekeken als oplossing voor ruimtelijke knelpunten bovengronds. Ondergronds bouwen is volop in ontwikkeling. In Europa wordt ongeveer 40 % van de energie verbruikt voor het verwarmen en koelen van gebouwen. Op 18 november 2009 heeft het Europees parlement een overeenkomst bereikt over het energiegebruik van gebouwen (Energy Performance of Buildings Directive). Het is de bedoeling dat in 2020 alle nieuwe gebouwen in Europa nauwelijks nog energie voor verwarmen of koelen nodig hebben.

Een belangrijke ontwikkeling is de warmte koude opslag (WKO). Daarbij wordt energie opgeslagen en onttrokken aan de bodem met behulp van grondwater (open systemen) en lussen (gesloten systemen). De gesloten systemen maken geen gebruik van het grondwater, maar van de in de ondergrond aanwezige warmte.

De toepassing van WKO systemen heeft sinds eind jaren '90 een enorme vlucht genomen. WKO systemen worden gebruikt bij bedrijventerreinen, industrie, glastuinbouw en woningbouw. Op basis van de groei van de afgelopen jaren is de verwachting dat in 2015 ca 1300 systemen in gebruik zijn. Over aantallen gesloten systemen zijn geen gegevens beschikbaar omdat daarvoor geen meldingsplicht of registratieplicht bestaat.

Met de groei van het aantal systemen komen ook steeds meer knelpunten aan het licht. Momenteel ontbreekt gerichte regelgeving over bodemenergiesystemen, waardoor juridische onduidelijkheden ontstaan ten aanzien van verdeling van 'ruimte' in het grondwater, vergunningen en registratie. Door gebrek aan registratie van de gesloten systemen kan interferentie tussen de systemen ontstaan, waardoor het rendement van de systemen afneemt. Daarnaast is er nog weinig concrete kennis voor handen over mogelijke risico's van WKO. Daarbij valt te denken aan effecten van warmtewisseling op het bodemecosysteem en chemische evenwichten, het doorboren van ondoorlatende lagen in de ondergrond en effecten van langdurende aanwezigheid van bodemvreemd materiaal in de ondergrond zoals de leidingen en buizen.

1.1 Achtergrond

Op basis van de Verkenning Warmte Koude Opslag (Lukacs en van Beelen Niet gepubliceerd briefrapport) zijn de volgende conclusies en aanbevelingen gedaan

Er was veel aandacht voor ontwikkeling van een werkbaar juridisch kader om de groei van WKO systemen verder te stimuleren. Met name vanuit Economische Zaken is hier aandacht voor geweest, en de uitwerking in de Wet milieubeheer en de Waterwet wordt nu opgepakt door VROM en V&W.

Ook over de risico's van WKO voor de ondergrond wordt nagedacht. Risico's worden onderkend, maar over de omvang van de effecten is weinig bekend: het ontbreekt tot dusver aan voldoende experimenteel wetenschappelijk onderzoek.

Daarom is het van belang dat wetenschappelijk onderzoek naar de effecten van WKO in de ondergrond gestimuleerd wordt. Een voorbeeld van dergelijk onderzoek is "meer met bodemenergie" het gezamenlijk initiatief van het consortium Deltares, IF Technology Bioclear en WUR. Dat onderzoeksvoorstel is voornamelijk zo breed opgesteld dat prioritering in de onderzoeksvragen nodig is. Daarbij is het van belang dat er een goed evenwicht bestaat tussen praktijkstimulerend onderzoek en de vragen over de risico's van WKO.

Er is een spanningsveld tussen de drinkwater sector en de belanghebbenden bij WKO. Het is te verwachten dat het onderzoek van KWR en het onderzoeksprogramma "meer met bodemenergie" twee verschillende visies op de risico's van WKO voor de drinkwatervoorziening zullen laten zien. "Meer met bodemenergie" wil natuurlijk (de titel zegt het al) een sterke en vrijwel ongeremde groei van WKO systemen, terwijl de drinkwater sector juist de risico's voor de drinkwatervoorziening zal benadrukken. Het RIVM neemt in dit spanningsveld een onafhankelijke positie in.

Wij zien het als de taak van het RIVM om de expertise van de overheid op het gebied van WKO te ontwikkelen en ook op lange termijn (meerdere jaren) te behouden. Op deze manier kunnen wij de resultaten van het onderzoek van de betrokken partijen afwegen en ook een vertaalslag maken naar de opties voor het beleid.

1.2 Opzet van het rapport

Dit rapport begint met een schets van de maatschappelijke ontwikkelingen van WKO. Het gaat in op de groei van WKO in Nederland en de mogelijke risico's van deze groei.

2 Recente ontwikkelingen

WKO is in Europa en Noord-Amerika een sterk groeiende techniek voor het verwarmen of koelen van gebouwen [1]. Zweden en Oostenrijk zijn koplopers bij het toepassen van gesloten systemen voor de verwarming van huizen [2]. Nederland loopt voorop bij het toepassen van open WKO systemen voor de verwarming en het koelen van grotere gebouwen. Daarnaast is WKO in de glastuinbouw duidelijk in opkomst. Ons land loopt niet voorop bij de gesloten WKO systemen voor het verwarmen van huizen [2]. Nederland heeft een geschikte fysieke ondergrond voor het toepassen van open WKO systemen. De gemiddelde Nederlandse temperatuur van 10 °C veroorzaakt ook dat een normaal kantoorgebouw zowel verwarming als koeling nodig heeft. In warme of koude klimaten ontstaat er geen evenwicht in de warme en koude vraag waardoor er een netto afkoeling of opwarming van het grondwater ontstaat. Hierdoor zijn extra maatregelen nodig om de energiebalans te waarborgen [3]. Mogelijk is de relatief goedkope elektriciteit uit waterkrachtcentrales een verklaring voor het grote aantal gesloten WKO systemen in Zweden en Oostenrijk. In Nederland wordt meestal aardgas gebruikt voor de verwarming van huizen in plaats van elektriciteit.

In Nederland zien we een grote groei van de ontwikkeling van open en gesloten WKO installaties [4]. Dit zijn niet helemaal autonome ontwikkelingen omdat de overheid een actieve stimulerende rol speelt. De Taskforce WKO was gericht op het stimuleren van deze technieken om de CO₂ emissies en de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen [2]. Volgens de Rijksgebouwendienst kan het gebruik van WKO een energiebesparing van 40-80 % opleveren. De verwachte inzet van deze techniek zal ten opzichte van het totale energieverbruik van de rijkshuisvesting ongeveer 7 % energiebesparing opleveren in 2020 [5].

Het gebruik van duurzame warmte is nog maar een bescheiden percentage van het totale watergebruik in Nederland. In 2008 groeide het gebruik van duurzame warmte van 2.0 naar 2.1 % van de benodigde hoeveelheid nuttige warmte. Deze groei kwam onder andere tot stand door de toename van het aantal WKO installaties [6].

2.1 Efficiëntie van WKO systemen

WKO systemen hebben een relatief snelle terugverdientijd van enkele jaren en leveren een aanzienlijke reductie van de uitstoot van broeikasgassen [7]. Het Nederlandse vergunningenbeleid vraagt om een langjarige balans tussen de opgeslagen warmte en koude. Verder worden er temperatuurgrenzen gesteld waarbij het grondwater dat in de ondergrond wordt teruggebracht niet warmer dan 25 tot 30°C mag zijn [2]. Het is nog lastig om een evenwicht te vinden tussen de opgeslagen warmte en koude [7]. In principe zou extra verwarming afkoeling niet nodig zijn maar in de praktijk wordt deze meestal wel toegepast [8].

2.2 Het ruimtebeslag van WKO systemen

Gesloten WKO systemen kunnen ondiep worden toegepast waarbij er een groot ruimtebeslag is op de eerste meters van de ondergrond waar ook al veel kabels, rioleringen, drainagebuizen, funderingen, leidingen en andere objecten liggen. Daarom legt men ook gesloten WKO systemen meestal verticaal in de ondergrond waardoor het ruimtebeslag veel minder wordt. Op tientallen meters diepte is veel meer ruimte beschikbaar. Op deze diepte komen wel heipalen voor maar deze geven geen problemen

met WKO. Er zijn zelfs systemen waarbij de WKO in de heipalen wordt toegepast bij de nieuwbouw van woningen.

Open WKO systemen bevinden zich meestal op vele tientallen meters tot 100 m diepte. Het ruimtebeslag gaat over het algemeen niet veel verder dan het perceel waarop het gebouw zich bevindt. Er is wel afstemming nodig met andere WKO installaties om te voorkomen dat warme en koude bronnen elkaar raken. Dit vermindert dan de energetische efficiëntie van de WKO installaties.

WKO installaties kunnen niet in alle geschikte gebieden worden gebouwd omdat de drinkwatervoorziening beschermingsgebieden kent. Ten behoeve van de bescherming van grondwaterwinningen worden in Nederland de volgende typen beschermingsgebieden onderscheiden:

Waterwingebied

Het waterwingebied omvat het veld met onttrekkingsputten voor drinkwater dat door omgevings- en of bodemkenmerken, zoals afsluitende kleilagen, is afgebakend. Begrenzings van waterwingebieden zijn door de provincies in samenwerking met waterwinbedrijven vastgesteld. De minimale verblijftijd van het grondwater dat wordt onttrokken bedraagt 60 dagen, met een minimum van 30 meter vanaf de individuele onttrekkingsputten. Het waterwingebied is meestal eigendom van het drinkwaterbedrijf. Het waterwingebied kent een algemeen verbod op het uitvoeren van activiteiten, voor zover deze niet direct gerelateerd zijn aan de drinkwaterproductie.

Grondwaterbeschermingsgebied

Het grondwaterbeschermingsgebied wordt meestal begrensd door de 25-jaars of 100-jaarscontour: dit betekent dat het water dat in dit gebied in de bodem infiltreert, er (minimaal) 25 of 100 jaar over doet voor het de onttrekkingsput bereikt. Daarbij wordt aangenomen dat de 100-jaarscontour grofweg overeen komt met het intrekgebied van de winning. De keuze voor de omvang van de begrenzing varieert per provincie en wordt veelal ingegeven door de kwetsbaarheid van de winning met betrekking tot de verspreiding van verontreinigingen. Binnen een grondwaterbeschermingsgebied gelden beperkingen, bijvoorbeeld ten aanzien van het vestigingsbeleid van bepaalde soorten activiteiten c.q. bedrijven en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Boringvrije zone

Deze zone wordt ingesteld voor diepe grondwaterwinningen die middels een slecht doorlatende laag worden beschermd tegen verontreinigingen als gevolg van activiteiten aan het maaiveld. Binnen een boringvrije zone geldt een verbod of beperking (per provincie verschillend) op het uitvoeren van boringen.

Voor de drinkwaterwinning is het ruimtebeslag van WKO installaties een van de belangrijkste bezwaren. Het is duidelijk dat in een waterwingebied of in boringvrije zone geen WKO installatie gebouwd kan worden. Voor een grondwaterbeschermingsgebied ligt de zaak genuanceerder. Ook buiten deze gebieden kunnen er problemen ontstaan voor de drinkwatervoorziening. Wanneer Nederland volgebouwd wordt met WKO installaties dan is er geen ruimte meer voor nieuwe drinkwaterputten. Wanneer dan enkele bestaande putten door vervuiling moeten sluiten dan wordt het moeilijk om de levering van drinkwater te garanderen [9].

2.3 De risico's van gesloten WKO systemen

Gesloten systemen worden op dit moment ook in Nederland steeds vaker toegepast en kunnen een risico vormen voor de grondwaterkwaliteit. Een recent rapport van het TCB geeft aan dat gesloten

WKO systemen niet als duurzaam moeten worden gezien voor de bodem [10]. Dit in verband met het groot aantal perforaties van beschermende bodemlagen en het risico van lekkage met propyleenglycol. Deze stof wordt als antivries toegepast in het water in de ondergrondse leidingen. Propyleen glycol wordt afgebroken in het grondwater [11]. Deze afbraak kan zoveel zuurstof verbruiken dat zuurstofrijk grondwater zuurstofloos wordt en er mangaan ionen in oplossing gaan [11]. De TCB gaat niet in op het mogelijke gebruik van corrosie remmers in de antivries. Deze stoffen dienen als giftige remmers voor de biologische afbraak van antivries in warm leidingwater. De milieurisico's van deze stoffen zou veel groter kunnen zijn dan die van propyleen glycol. Het gebruik van antivries en corrosiebeschermers kan in principe vermeden worden omdat het nooit vriest in de diepere ondergrond. Bij strenge vorst zal de installatie over het algemeen in werking zijn waardoor bevriezing ook in de hoger gelegen pijpleidingen voorkomen zou kunnen worden. De drinkwatersector adviseert dan ook om het gebruik van deze stoffen in gesloten WKO systemen te verbieden [12]. Het aantal gesloten systemen ligt vermoedelijk boven de 30,000 (zie bijlage). Bij groeiende aantallen systemen wordt de kans op lekkage in incidentele gevallen natuurlijk steeds groter. Het is de bedoeling van VROM dat er een meldingsplicht voor gesloten systemen gaat komen. De temperatuursveranderingen in het grondwater zijn bij gesloten systemen vaak groter dan bij open systemen omdat de warmte zich niet door transport van het grondwater verspreid maar meer lokaal aanwezig blijft. Vergelijken met open WKO systemen is er dus een grotere temperatuursverandering in een kleiner gebied. De risico's van temperatuursveranderingen in het algemeen worden in de volgende paragraaf beschreven. Er zijn ook gesloten WKO systemen in heipalen mogelijk waarbij er minder extra perforaties van de ondergrond plaatsvinden. Het verdient aanbeveling om de ontwikkeling van gesloten WKO systemen in Nederland goed te volgen en eventueel bij te sturen in een meer milieuvriendelijke richting.

2.4 De risico's van open WKO systemen

Bij open systemen is het risico van incidentele lekkages van koelvloeistof veel minder groot. Alleen in de warmtewisselaar komt het opgepompte grondwater in de buurt van koelvloeistof. Vaak is deze koelvloeistof gewoon leidingwater zonder toevoegingen. Open systemen lijken daardoor een gering risico te vormen voor de introductie van verontreinigingen. Het intensieve rond pompen van grondwater in open WKO systemen kan echter wel leiden tot verspreiding van al aanwezige grondwaterverontreinigingen. Het vermengen van duidelijk verschillende grondwaterlagen kan tot allerlei ongewenste geochemische en microbiologische processen leiden zoals ijzer neerslag en anaerobe corrosie [13]. Deze neerslag kan ook tot verstopping van de bron leiden [14].

2.5 De risico's van open WKO systemen in vervuild grondwater

Open WKO systemen worden meestal toegepast bij grote gebouwen en die bevinden zich over het algemeen in een stedelijke omgeving waarbij ook grondwaterverontreiniging aanwezig kan zijn. Op het symposium bodembreed (Lunteren, november 2009) werd een sessie gehouden over de combinatie van open systemen en bodemsanering. Dit wordt met positieve verhalen verkocht maar het is niet makkelijk in te zien dat het rondpompen van grondwater en het verwarmen en koelen met over het algemeen in de praktijk slechts een bescheiden 4 °C, een groot positief effect zal hebben op de totale afbraak. Al het heen en weer pompen van het grondwater kan in principe aanleiding geven tot een grotere verspreiding van de verontreinigingen. Meestal wil men niet met toevoegingen de afbraak stimuleren omdat men dan bang is dat de bacteriegroei de WKO putten zal verstopen. Dit geeft ook duidelijk weer dat het hierbij vooral om de WKO gaat en niet om de bodemsanering. In principe kan een open WKO systeem

wel op een vervuilde locatie worden toegepast maar er is specifiek maatwerk nodig met netto onttrekking en infiltratie putten om de verspreiding van de vervuiling te beperken.

2.6 De risico's van kleine temperatuursveranderingen op de geochemie

De temperatuursveranderingen van het grondwater door WKO systemen kunnen verschuivingen veroorzaken in de chemische evenwichten tussen het ondergrond materiaal en het grondwater ter plaatse. Sommige mineralen zoals een aantal silicaten gaan beter in oplossing terwijl andere mineralen zoals calciet juist neerslaan bij hogere temperaturen [15, 16]. Dit gebeurt over het algemeen pas bij grotere temperatuursveranderingen dan 20 K [17]. Dat betekent bij een temperatuur boven de 30°C welke normaal niet zal voorkomen bij open WKO systemen.

2.7 De risico's van kleine temperatuursveranderingen op de microbiologie

Chemische processen zijn over het algemeen veel minder temperatuur gevoelig dan de veel complexere biologische processen. Veranderingen in de biologische processen zullen altijd samengaan met veranderingen in de microbiële levensgemeenschap die deze processen uitvoert. In zuurstofloos grondwater zijn over het algemeen slechts bacteriën aanwezig [18] Hoewel de grondwaterfauna aangepast is aan zuurstof beperking kan deze toch niet langdurig zonder zuurstof overleven [19]. Schimmels kunnen wel onder zuurstofloze omstandigheden leven maar niet in een zowel zuurstofloos als voedselarm milieu als het grondwater [20]. Algen en planten in het algemeen zullen in voortdurende duisternis zoals die in het grondwater heerst niet kunnen overleven. Het is mogelijk dat er virussen in het grondwater leven maar daarover is ons niets bekend. De microbiologie in zuurstofloos grondwater wordt Dus hoofdzakelijk bepaald door bacteriën. Laboratorium studies laten een geringe gevoeligheid voor temperatuursveranderingen tussen de 8 en 30 °C, zien van bacteriën uit de ondergrond van de Duitse stad Bremen [21]. Op het RIVM is in samenwerking met het IRAS een experimenteel onderzoek verricht naar de risico's van open WKO systemen. Ons onderzoek laat zien dat in ieder geval in het eerste jaar de effecten zeer klein zijn. Ook Duits onderzoek [22] geeft aan dat de effecten van WKO niet significant groter zijn dan de natuurlijke verschillen. Het Duitse onderzoek richtte zich op zuurstofrijk grondwater in de buurt van een rivier dat ook door natuurlijke omstandigheden aan temperatuursvariatie is blootgesteld. Dit milieu is heel anders dan het zuurstofloze diepe grondwater dat in Nederland gebruikt wordt voor WKO installaties. Veranderingen in de samenstelling van de bacteriële levensgemeenschap vormt niet alleen een risico doordat bepaalde processen niet meer op natuurlijke wijze verlopen maar ook doordat in theorie ziekteverwekkers zouden kunnen ontstaan.

Er ligt een spanningsveld tussen de gebruikers van warmte koude opslag en de drinkwatersector. De zorg bestaat dat er door de temperatuursverandering of door het heen en weer pompen een toename of een grotere verspreiding van ziektekiemen ontstaat. Ons literatuuronderzoek (zie RIVM briefrapport 2009) liet zien dat een afstand van 200-400 meter (of 1 - 2 jaar reistijd) vermoedelijk voldoende is voor het afsterven van eventuele ziekteverwekkers in de ondergrond.

2.8 De risico's van hoge temperaturen

Wanneer de temperatuur van het te injecteren warme water flink opgehoogd zou kunnen worden tot tegen het kookpunt dan zou een WKO systeem zonder warmtepomp kunnen draaien. Op deze manier

zou bijvoorbeeld de warmte uit warmte kracht opwekking, zonnecollectoren of uit asfalt wegen kunnen worden opgeslagen in de ondergrond.

Hieraan kleven drie bezwaren:

1. Bij hogere temperatuur dan 50 °C treedt zeker sterfte op van de oorspronkelijke bacteriën in het grondwater waardoor deze vervangen worden door meer temperatuur resistente bacteriën. Veel afbraak processen gaan steeds sneller verlopen wanneer de temperatuur van 10 °C naar 40 °C stijgt. Boven deze temperatuur daalt meestal de reactiesnelheid plotseling omdat de bacteriën die de afbraak processen uitvoeren afsterven en niet op korte termijn vervangen kunnen worden door temperatuur resistente bacteriën.
2. Heet water veroorzaakt geochemische veranderingen in de ondergrond en er kan ook kalkt neerslag optreden in de warmtewisselaar [23]. Wanneer dan ontkalking gebruikt wordt dan ontstaan daardoor weer nieuwe milieubezwaren [24]. Er heeft in 1992 op het terrein van de universiteit Utrecht een hoge temperatuur (90 °C) warmte opslag in het grondwater gestaan [25]. Deze is door verstopping van de warmwaterbron in 1999 gesloten. De conclusie van het project was dat een 90 °C warmwaterbron niet geschikt is voor een traditioneel verwarmingssysteem zelfs niet wanneer deze een retour temperatuur van 50 °C kan gebruiken [26].
3. Heet water is lichter dan koud water en heeft daardoor de neiging naar het oppervlak te stijgen. Wanneer dit gebeurt dan zijn er grote risico's voor het oppervlaktewater en de bodem.

2.9 Mogelijkheden en randvoorwaarden vanuit de Europese KRW

De Europese kaderrichtlijn water [27] richt zich ook op de bescherming van het grondwater tegen verontreinigingen. Verontreiniging wordt gedefinieerd als: “de directe of indirecte inbreng door menselijke activiteiten van stoffen of **warmte** in lucht, water of bodem die de gezondheid van de mens of de kwaliteit van aquatische ecosystemen of van rechtstreeks van aquatische ecosystemen afhankelijke terrestrische eco- systemen kunnen aantasten, schade berokkenen aan materiële goederen, dan wel de belevingswaarde van het milieu of ander rechtmatig milieugebruik aantasten of daaraan in de weg staan;”. De schadelijke effecten van de lozing van warmte in het grondwater vallen dus duidelijk binnen de regelgeving van de kaderrichtlijn water. Een goede toestand van het oppervlaktewater houdt in dat zowel de ecologische als de chemische toestand goed zijn. Een goede toestand van het grondwater daarentegen houdt in dat de chemische en de kwantitatieve toestand goed zijn. De ecologische toestand van het grondwater is dus niet expliciet beschermd via de kaderrichtlijn water. De grondwaterrichtlijn [28] vermeldt niets over warmte of temperatuur maar geeft wel duidelijk aan dat de kwaliteit van het grondwater voor de drinkwatervoorziening beschermd moet worden. In de Europese richtlijn voor drinkwater beschermingsgebieden [29] staat ook niets over introductie van warmte. De microbiologische kwaliteit van het grondwater is wel een belangrijk issue in deze richtlijn. Naar onze mening hoeft het feit dat de samenstelling van de bacteriën in het grondwater door een WKO installatie wordt veranderd nog niet direct gezien worden als een onaanvaardbaar effect. Deze verandering kan echter wel een hypothetisch risico vormen omdat het heel lastig is om te bepalen of er door de verandering misschien ziekteverwekkers zouden kunnen groeien. Het merkbaar opwarmen van het drinkwater kan gezien worden als een vermindering van de belevingswaarde van een rechtmatig milieu-gebruik en is daardoor strijdig met de kaderrichtlijn water.

2.10 Toezicht bij WKO systemen: aandachtspunten voor drinkwaterbedrijven

Bij een inventariserend onderzoek onder provincies in 2006 werd het toezicht op aanleg, beheer, onderhoud en buiten gebruikstelling van WKO systemen als mogelijk knelpunt genoemd. De provinciale capaciteit hiervoor als te beperkt werd ervaren [30]. Geconstateerd werd dat dit aspect van het provinciale grondwaterbeschermingsbeleid, met name rondom gebieden met drinkwaterwinning alsmede de rol van gemeenten en VROM-Inspectie hierbij, nadere aandacht verdient.

In 2009 heeft het RIVM in het kader van het project Toezicht Drinkwaterbedrijven samen met de VROM-Inspectie een inventariserend onderzoek uitgevoerd naar de ervaringen van drinkwaterbedrijven met het beleid rondom de bescherming van drinkwaterbronnen alsmede toekomstige ontwikkelingen hierin. Ten aanzien van WKO systemen noemden de drinkwaterbedrijven de volgende aandachtspunten:

De drinkwaterbedrijven hebben geen inzicht in de mogelijke aanwezigheid van gesloten WKO systemen in het intrekgebied van grondwaterwinningen. Dit baart hen zorgen vanwege het mogelijke doorboren van kleilagen hierbij, met als gevolg risico op kortsluitstromen en mogelijke verontreinigingen.

Deregulering en decentralisatie hebben de afgelopen jaren gezorgd voor een steeds diffusere verdeling van de verantwoordelijkheden en beperktere sturingsmogelijkheden ten aanzien van het grondwaterbeschermingsbeleid. Aandachtspunt vormt het meewegen van het drinkwaterbelang bij gemeentelijke (ruimtelijke) afwegingen, waaronder de toepassing van gesloten WKO systemen. Naast onduidelijkheid over de effecten van WKO systemen, is het ook onduidelijk hoe het beheer van WKO systemen op langere termijn zal uitpakken, bijvoorbeeld als een onderneming failliet gaat, en hoe de WKO systemen weer worden opgeruimd na beëindiging.

Sommige drinkwaterbedrijven ervaren een toenemende druk op het toestaan van WKO systemen binnen het grondwaterbeschermingsgebied. Realisatie van WKO systemen binnen grondwaterbeschermingsgebieden is in de meeste provincies vooralsnog echter niet toegestaan.

3 Literatuur

- [1] Lund J, Sanner B, Rybach L, Curtis R. 2004. Geothermal (Ground Source) Heat Pumps, A World Overview. *Geo-Heat Centre Quarterly Bulletin* 25:1-10.
- [2] Taskforce WKO. 2009. Groen licht voor bodemenergie. VROM.
- [3] Fan R, Jiang Y, Yao Y, Ma Z. 2008. Theoretical study on the performance of an integrated ground-source heat pump system in a whole year. *Energy* 33:1671-1679.
- [4] Van Aarsen MM, De Boer SE, Koenders MJB. 2009. Groei van bodemenergie vraagt om slimme aanpak. *Bodem* 2:8-10.
- [5] RGD. 2008. Op weg naar een duurzame voorraad.
- [6] CBS. 2009. Duurzame energie in Nederland 2008, Den Haag/Heerlen.
- [7] Vermaas D, Van Wee TH. 2009. Warmte-koudeopslag in de bodem kan efficiënter. *H2O* 18:12.
- [8] Broekhuizen H, Ros M. 2007. Luchtbehandelinginstallatie inzetbaar voor correcties Thermische bodembalans kostenefficiënt realiseren *Verwarming ventilatie plus* 3.
- [9] Stuyfzand PJ, Lebbink J, Kooiman JW. 2008. Koude-warmte opslag (KWO) in grondwater beschermingsgebieden: (mogelijke) bezwaren.
- [10] TCB. 2009. Advies duurzaam gebruik van de bodem voor WKO. TCB A050(2009). Technische commissie bodem.
- [11] French HK, Van Der Zee SEATM, Leijnse A. 2001. Transport and degradation of propyleneglycol and potassium acetate in the unsaturated zone. *Journal of Contaminant Hydrology* 49:23-48.
- [12] Bonte M, Van den Berg GA, Boukes H, Dammers P, Jennekens O, Van der Moot N, Oosterhof A, Six S, Smits F. 2009. Hoe combineren we drinkwater met bodemenergie systemen? BTO 2009.030.
- [13] Brons HJ, Zehnder AJB. 1990. Biogeochemical aspects of aquifer thermal energy storage. *Proceedings & Information - Committee for Hydrological Research TNO* 43:73-80.
- [14] Umemiya H, Mutou T. 1989. Influence of ferric bacteria on aquifer thermal energy storage (field verification of a colloidal dam effect). *Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, B Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part B* 55:3803-3808.
- [15] Arning E, Kölling M, Panteleit B, Reichling J, Schulz DHD. 2006. Effect of nearsurface thermal extraction on geochemical processes in aquifers. *Einfluss oberflächennaher Wärmegewinnung auf geochemische Prozesse im Grundwasserleiter* 11:27-39.
- [16] Griffioen J, Appelo CAJ. 1993. Nature and extent of carbonate precipitation during aquifer thermal energy storage. *Applied Geochemistry* 8:161-176.
- [17] Drijver BC, Willemsen A. 2004. Temperatureffecten op grondwaterkwaliteit. Samenvatting bestaande kennis. 1/53232/GW.
- [18] Hirsch P, Rades-rohkohl E. 1982. Microbial diversity in a groundwater aquifer in northern germany. *DevIndMicrobiol* 24:183 - 200.
- [19] Hervant F, Malard F. 1999. Oxygen supply and the adaptations of animals in groundwater. *Freshwater Biology* 41:1-30.
- [20] Van Beelen P. 1986. Bacterien in het grondwatervoerend pakket van de bodem. Een literatuuroverzicht gericht op de Nederlandse situatie. RIVM rapport 718604001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM, Bilthoven.
- [21] Schippers A, Reichling J. 2006. Laboratory studies concerning temperature changes on subsurface microbiology. *Laboruntersuchungen zum Einfluss von Temperaturveränderungen auf die Mikrobiologie des Untergrundes* 11:40-45.
- [22] Brielmann H, Griebler C, Schmidt SI, Michel R, Lueders T. 2009. Effects of thermal energy discharge on shallow groundwater ecosystems. *FEMS Microbiology Ecology* 68:273-286.
- [23] Holm TR, Eisenreich SJ, Rosenberg HL, Holm NP. 1987. Groundwater geochemistry of short-term aquifer thermal energy storage test cycles. *Water Resources Research* 23:1005-1019.

- [24] Willemsen A. 1992. PHREEQM-2D: a computer model to calculate geochemical reactions during transport of groundwater; model description and application to the Utrecht University ATES. *Proceedings of the 27th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*, Proceedings of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, San Diego, CA, USA, pp 115-124.
- [25] van der Heide K, van Loon LJM. 1992. High-temperature ATES at the university of Utrecht, the Netherlands. *Proceedings of the 27th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*, Proceedings of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, San Diego, CA, USA, pp 73-76.
- [26] Willemsen A, Van Woerkom AAF. 2001. Evaluatie warmteopslag universiteit Utrecht. IF technology.
- [27] EC. 2000. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. *Publicatie blad van de Europese gemeenschappen*. Vol L 327, pp 1-72.
- [28] EC. 2006. Richtlijn 2006/118/EG van het Europees parlement en de Raad van 12 december 2006 betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging en achteruitgang van de toestand. Europees parlement.
- [29] EC. 2007. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No. 16, Guidance on groundwater in drinking water protected areas. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. .
- [30] Wuijts S, Schijven JF, Van der Aa NGFM, Dik HHJ, Versluijs CW, Van Wijnen HJ. 2007. Bouwstenen Leidraad Grondwaterbescherming. RIVM rapport 734301029, Bilthoven.

4 Bijlagen

4.1 Bijlage: Opzet uitvoeringsplan (zie email Patrick van Beelen 7 juli 2009)

Uitvoeringsplan duurzaam gebruik ondergrond, warmte koude opslag. 7 juni 2009.

Inleiding

In de project beschrijving "duurzaam gebruik ondergrond, bodem en grondwaterkwaliteit" projectnummer M/607050/09/KO van 29 oktober 2008 staat beschreven dat dit project zich richt op de inventarisatie en advisering over een zestal onderwerpen met betrekking tot warmte koude opslag. De onderzoeksrichting baseert zich op de verkenning gemaakt door Saskia Lukács en Patrick van Beelen getiteld "Kansen voor de ondergrond, Verkenning warmte koude opslag." Hierin stond een goede afstemming tussen ministeries en onderzoeksinstituten over warmte koude opslag als eerste aanbeveling. In het LER projectplan "Duurzaam gebruik ondergrond, warmte koude opslag" van 9 maart 2009 staat dan ook het onderhouden van samenwerkingsverbanden met de ministeries en de onderzoeksinstituten als belangrijkste punt. Het projectplan stelt dan ook dat richting en producten nog niet concreet zijn vast te stellen.

Uitvoering

Tot nu toe zijn er contacten gelegd met Roelof Stuurman TNO Deltares, Leon Janssen planbureau, Matthijs Bonte, Pieter Stuyfzand en Annemarie van Wezel KWR, Jaap Tuinstra en Justine Oomes TCB, Frits Heuvelink VROM, Rick Rijksen DWA installatie en energieadvies. Daarnaast is Patrick van Beelen betrokken bij de organisatie van het thema "gebruik en beheer van de ondergrond" van het bodembreed symposium in november 2009. In dit kader zijn zeer veel contacten gelegd op het gebied van warmte koude opslag.

In dit project wordt samengewerkt met:

Monique van der Aa en Ans Versteegh RIVM Centrum Inspectie Milieu en Gezondheidsadviesing.

Concreet zou ik naar het bodembreed symposium met een overzicht kunnen komen van de projecten die uitlopen op het gebied van WKO in Nederland. Dit kan dan samen met een overzicht van alle samenwerkingsverbanden in een briefrapport in december 2009.

Inhoudsopgave briefrapport.

Samenvatting

Inleiding

Hoe staat WKO ten opzichte van andere technieken qua kosten CO2 reductie.

Internationale ontwikkelingen

WKO projecten in Nederland

Bodembreed registreren ontwikkelingen

Vergelijking Bodembreed met kennis agenda ondergrond.

LCA warmte koude systemen. De invulling van het begrip duurzaamheid.

Conclusies en aanbevelingen

4.2 Bijlage: Factsheet ondergronds ruimtegebruik

Uit de Routeplanner BodemAmbities, Factsheet 24, Ondergronds ruimtegebruik

1. Omschrijving

Gebruik van de bodem onder het maaiveld door de mens, of voor de opslag van gietwater, CO₂, of andere materialen. Bestuurlijke en Fysieke schaal: Lokaal

2. Valkuilen en Kansen

Kans: Tegenstrijdige belangen verenigen (maakt combinatie van functies mogelijk). Kans: Minder belastend voor omgeving. Kans: Ontsnippering (ondergronds brengen van wegen). Kans: Te combineren met afgraaf-activiteiten voor saneringen of archeologische vondsten. Kans: Opslag van stoffen is goed te combineren met het creëren van ondergrondse ruimten voor het winnen van delfstoffen etc. Valkuil: Eventueel negatieve invloed op grondwaterstromen en ecosysteem. Valkuil: Archeologische waarde botst met ondergronds bouwen. Valkuil: Een ondergrondse functie is vaak minder gemakkelijk te veranderen dan een bovengrondse.

3. Referentiekader

Grondwaterwet, regelt het beheer van de hoeveelheid grondwater. Grondwateronttrekkingen door bedrijven en particulieren zijn -afhankelijk van de omvang- meldings- registratie- of vergunningplichtig. Iedere provincie heeft daarvoor een eigen beleid vastgelegd in het provinciale waterhuishoudingsplan. Dus check het provinciale waterhuishoudingsplan. De nieuwe Wet Ruimtelijke Ordening (WRO), maakt geen onderscheid tussen boven- en ondergronds bouwen. Dat geldt ook voor bestemmingsplannen. (Een nieuwe WRO wordt verwacht in 2008 in werking te treden).

4. Indicatoren

Kansenkaart voor ondergronds bouwen.

5. Actoren

Initiatiefnemers: Banken, verzekering- en beheersmaatschappijen, projectontwikkelaars, gemeenten
Uitvoerende partijen: Aannemers, Adviseurs- en ingenieursbureaus, Architecten Partijen die bezig zijn met de ruimtelijke planning van uw gebied

6. Voorbeeld ambitie

Bij het toekennen van ondergrondse functies eerst in kaart brengen wat de gevolgen voor de waterhuishouding, bodemecologie en overige ruimtelijke functies zal zijn. (Zie als voorbeeld de kansenkaarten voor ondergronds bouwen van provincie Zuid-Holland en Gelderland)

7. Aanpak en instrumenten

Het maken van een kansenkaart voor ondergronds bouwen.

8. Relatie met andere thema's

Heeft invloed op:

Aardkundige waarden: Met aardkundige en archeologische waarden moet vaak rekening gehouden worden bij de keuze voor de bouwplek.

Lokale bodemverontreiniging: Het gebruik van de ondergrond kan leiden tot lokaal verontreinigen van de bodem, bijvoorbeeld door uitloging van bouwstoffen.

Grondwaterkwaliteit: Uitloging van bouwstoffen kan leiden tot grondwaterverontreiniging.

Delfstoffen: Delven van stoffen en ruimte scheppen voor ondergronds bouwen kan gecombineerd worden.

Grondverzet: combinatie met ruimte scheppen voor ondergronds bouwen

mogelijk.

Ondervindt invloed van: Routeplanner BodemAmbities, Factsheet 24, Ondergronds ruimtegebruik

Draagkracht: Voor ondergronds bouwen is een bepaalde draagkracht wenselijk.

Chemische bodemkwaliteit: Verontreiniging kan bouwmaterialen aantasten.

Grondwaterkwaliteit: Verontreiniging kan bouwmaterialen aantasten.

Bodemdaling: Bodemdaling kan gebouwen en infrastructuur beschadigen.

Verziltting: Verziltting kan bouwmaterialen aantasten.

Grondwater als drinkwater: In drinkwaterwingebieden mag niet worden gebouwd.

9. Info

www.ondergrondsruimtegebruik.nl

www.cob.nl

Website van het Centrum Ondergronds Bouwen (COB). Op deze site vindt u informatie over het COB, recente nieuwsberichten, bouwprojecteninformatie, relevante links, nieuwsbrieven, publicaties en een agenda met evenementen op het gebied van ondergronds bouwen.

10. Wat moet ik en wat mag ik niet als gemeenteambtenaar doen?

- *WRO*: In hun plannen geeft het College van Burgemeester en Wethouders aan hoe een gebied eruit dient komen te zien. Om bij de planvorming te komen tot een goede ruimtelijke ordening dient tevens rekening te worden gehouden met ondergronds ruimtegebruik. De plannen dienen niet in strijd te zijn met de plannen van de Ministerraad en de Gedeputeerde Staten.

Ook de wetgeving die staat bij thema 3 'Grondwater' is op dit thema van toepassing.

4.3 Bijlage: Warmte Koude Opslag (WKO)

Uit de Routeplanner BodemAmbities, Factsheet 25, Warmte / Koude opslag

1. Omschrijving

Het gebruik van de temperatuur van het grondwater om gebouwen te verwarmen in de winter en/of af te koelen in de zomer. Het principe is simpel: Warmte/koude-opslag maakt gebruik van grondwater voor koeling in de zomer en, na herinfiltratie, kan hetzelfde grondwater worden gebruikt voor verwarming in de winter. Boven de grond kan het grondwater verder afgekoeld of opgewarmd worden om gebouwen af te koelen of op te warmen. Bestuurlijke schaal: Lokaal – Provinciaal; Fysieke schaal: Lokaal

2. Valkuilen en Kansen

Kans: Duurzame energiebron, lage CO₂ uitstoot. Kans: Makkelijk te installeren in nieuwe gebouwen, korte terugverdientijd. Kans: Lage onderhoudskosten en lange levensduur. Kans: Kan in combinatie met andere warmte-koude leverende installaties. Valkuil: Kan botsen met andere ondergrondse ruimteclaims (drinkwater, verontreiniging, WKO systeem buurman, locatie kabels en leidingen). Valkuil: Weinig bekend over opwarming/ afkoeling van de bodem. Valkuil: Er is kennis nodig over verstoring van de grondwaterstromingen. Bijvoorbeeld in het geval van nabijgelegen verontreiniging, die mag zich niet verspreiden door het rondpompen van grondwater voor het WKO systeem.

3. Referentiekader

Voor een open systeem, bij een verpompt volume van meer dan 12.000 kuub per kwartaal en pompcapaciteit van meer dan 10 kuub per uur, moet een vergunning Grondwaterwet worden aangevraagd bij de provincie. Er moet een voldoende bovengrondse warmtevraag zijn Er mag geen netto-warmte of koude worden opgeslagen op jaarbasis. Hoeveelheid geïnjecteerd water moet gelijk zijn aan de hoeveelheid onttrokken water.

4. Indicatoren

Regionale geschiktheidskaart (zie aanpak en instrumenten)

5. Actoren

Industrie, bedrijven, glastuinbouw en andere (potentiële) gebruikers van WKO. Partijen die bezig zijn met de ruimtelijke planning van uw gemeente. Waterbeheer, waterschappen, vanwege de mogelijke invloed op het grondwater. De provincie als vergunningverlener.

6. Voorbeeld ambitie

Installatie van WKO-installaties stimuleren in herontwikkeling- / nieuwbouwprojecten (woonwijken / bedrijventerreinen).

7. Aanpak en instrumenten

Berekenen energieprestaties WKO:

Rekenmodellen NEN (Energieprestatiecoëfficiënt)

Quickscan warmtepompen en utiliteit (www.warmtepompenwegwijzer.nl)

Een regionale geschiktheidskaart kan met de volgende bodemeigenschappen worden bepaald:

De aanwezigheid van het zoet/zout water grensvlak in het watervoerende pakket;

De hydraulische weerstand van de boven- (en eventueel onder-)liggende scheidende lagen;

De doorlatendheid van het watervoerende pakket.

Hiernaast zijn ook de huidige functies van belang, bijv drinkwaterwinning in de omgeving.

8. Relatie met andere thema's

Ondervindt invloed van:

Grondwaterkwaliteit: In gebieden met een grondwaterverontreiniging wordt geen vergunning gegeven voor Warmte/koude-opslag, vanwege het risico van verspreiding.

Grondwater als drinkwater: In gebieden waar drinkwater wordt gewonnen wordt geen vergunning gegeven voor Warmte/koude-opslag.

9. Info

http://www.senternovem.nl/epn/oplossingen/maatregelen/25406-Verwarming_-_Warmte-_koude_opwekkingssysteem_energie-opslag_in_de_bodem.asp

<http://www.warmtepompenwegwijzer.nl/>

10. Wat moet ik en wat mag ik niet als gemeenteambtenaar doen?

Voor dit thema is géén aparte wetgeving opgenomen, maar het thema hangt nauw samen met thema 3 'Grondwater'.