
Gas in de ondiepe ondergrond

Arie Obdam
Piet Cleveringa

In verband met de winning van gas uit de diepe ondergrond (dieper dan ca. 1000 m) zijn het ontstaan en de verplaatsing (migratie) ervan uitvoerig bestudeerd. Aardgas ontstaat, bij hoge druk en temperatuur, door omzetting van organisch materiaal. Daarom wordt het ook wel thermogeen gas genoemd. Het gesteente waarin het wordt gevormd, staat bekend als (gas)moedergesteente. Wegens het verschil in dichtheid zoekt het gas zich na vorming een weg naar boven tot een voor het gas ondoorlatende klei- of zoutlaag (stromingbarrière) die verdere migratie verhindert. Onder zo'n stromingbarrière raakt de ruimte tussen de meestal verkitte (sediment)korrels gevuld met gas (accumulatie). Het gesteente waar opslag plaatsvindt wordt reservoirgesteente genoemd. Afhankelijk van het scheefgesteld of geplooid zijn van het barrièregesteente is naast verticale migratie laterale migratie mogelijk.

Bij ondiep gevormd gas spelen dezelfde processen als hiervoor beschreven. Het ontstaan vindt echter plaats bij lagere druk en temperatuur. Omdat het een directe omzetting van plantenmateriaal, algen etc. door bacteriën betreft, wordt dit biogeen gas genoemd. Stortgas, gas dat vrij komt bij vuilstorten en (haven)slibdepots, is een ander voorbeeld van biogeen gas.

Gas heeft een beduidend lagere dichtheid dan water. Dit is bijvoorbeeld goed te zien aan de gasbellen, die in het slootwater opstijgen, als er een rottingsproces op de slootbodem plaatsvindt. Het dichtheidsverschil is de oorzaak van de verplaatsing van gas van de plek van ontstaan naar elders. Als er geen stromingbarrières zijn vindt het gas een weg naar de atmosfeer. Daarnaast doet zich de situatie voor, dat gas opgelost in grondwater, mét dat grondwater wordt meegevoerd naar andere plaatsen in de ondergrond dan waar het gevormd is.

Bij de verplaatsing van gas in de diepe ondergrond spelen de bewegingen van het grondwater nagenoeg geen rol. Bij ondiep gas speelt het grondwater bij migratie daarentegen wél een doorslaggevende rol.

In dit artikel wordt ingegaan op het voorkomen van (biogeen) gas in de ondiepe ondergrond. Verder wordt de verplaatsing van gas in onverkit sediment door en met grondwater in de ondiepe ondergrond nader uitgelegd. De gevolgen die de aanwezigheid van gas heeft voor de grondwaterstroming worden toegelicht. Ten slotte zullen we pleiten voor verdisconting van de aanwezigheid van gas in de bestaande grondwaterstromingmodellen.

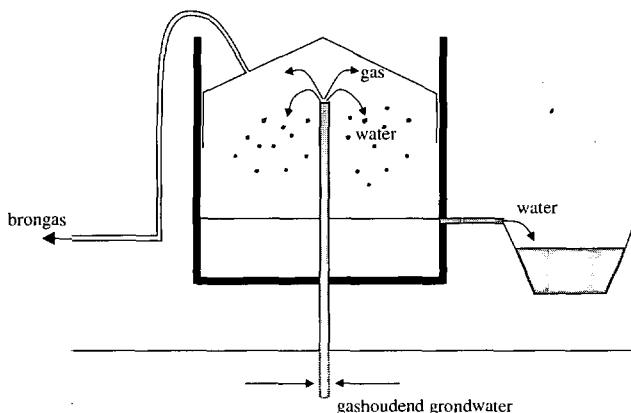
Arie Obdam en Piet Cleveringa zijn werkzaam bij TNO-NITG, Postbus 6012, 2600 JA Delft, telefoon: (015) 269 72 38, fax: (015) 261 45 36, e-mail: a.obdam@nitg.tno.nl en p.cleveringa@12move.nl

Gas in de ondiepe ondergrond

Als de biobak met planten- en groenteafval iets te lang afgesloten blijft, ontstaan er 'rottingsgassen'. Hetzelfde geldt voor slootbodems, waar onder zuurstofarme tot zuurstofloze omstandigheden organisch materiaal, zoals het plantenafval van de oevervegetatie, door bacteriën wordt omgezet in moerasgas (methaan). Dit omzettingsproces wordt in het water van een sloot zichtbaar (soms hoorbaar) door een gestage stroom gasbellen, die zich een weg zoekt naar het oppervlak. Een gasbellenstroming kan wijzen op rottingsprocessen op de bodem van een sloot. Het kan echter ook een aanwijzing zijn dat in de ondergrond gas aanwezig is, dat via de sloot de kans krijgt zich een weg te banen naar de atmosfeer.

De ondiepe ondergrond van Nederland is, afgezien van materiaal dat met landijsmassa's is verplaatst of afgezet, opgebouwd uit sediment (zand, leem en klei), dat door de wind, de zee of rivieren is aangevoerd. In dat sediment zelf, maar ook tussen de sedimentpakketten, zijn resten van plantaardig materiaal te vinden. Meestal zijn die resten aanwezig in de vorm van veen (planten- en boomresten), dus als opeengehoopt en samengedrukt organisch materiaal, maar ook wel als dispers verdeelde plantenresten in het sediment zelf. Bij omzetting van zowel veenlagen als van dispers in het sediment aanwezig plantenmateriaal ontstaat gas.

Dat in het verleden het nodige organische materiaal is omgezet was al gebleken bij de aanleg van de droogmakerijen (en later de polders). Men kreeg te maken met kwellend grondwater, dat gas bevatte. Dit gas werd daarom brongas genoemd. Aan het einde van de 19e eeuw was het technisch mogelijk het gas dat in de ondiepe ondergrond van Nederland voorkomt nuttig te gebruiken, o.a. voor de verlichting en de verwarming van boerderijen (Reinhold, 1947; Bol, 1991). Door het gashoudende water naar een houder te leiden kon het gas van het water worden gescheiden en opgevangen. Het vrijkomende water werd via het oppervlaktewater afgevoerd (figuur 1).



Figuur 1: Het principe van een brongasinstallatie.

Naast gashoudend grondwater was men bekend met de aanwezigheid van gasophopen in de ondiepe ondergrond. Die gasophopen zorgden voor 'spuiters, sterke gaslucht, ontploffingen', etc., ongemakken, die in de literatuur (Harting, 1852; Lorié, 1899; Bol, 1991) regelmatig worden genoemd. 'Brandend water' is een ander verschijnsel. Reeds in het begin van onze jaartelling was dit verschijnsel bekend. Lorié (1899) verwijst in 'Het brongas in

Nederland' naar spontaan ontstane branden in de buurt van het Oudmirdummer Klif bij Staveren in de jaren 4, 155 en 230. Verder diende bij het slaan van drinkwaterputten niet alleen rekening te worden gehouden met brand- en ontploffingsgevaar, maar ook met ondeugdelijk drinkwater als gevolg van gas, dat in het grondwater was opgelost.

Uit de gegevens over de diepten, die bij het slaan van de putten voor brongaswinning worden bereikt, valt af te leiden dat het gashoudend grondwater afkomstig is uit zandpakketten, die onder het holocene klei-/veenpakket (Lorié, 1899) liggen. Het veenpakket – beter bekend onder de naam Basisveen – zou door omzetting van het organisch materiaal het gas leveren. Door migratie zou het gas onder een voor gas ondoorlaatbare veen- of kleilaag zijn terechtgekomen (Lorié, 1899, Van Baren, 1927). Deze opvatting wordt na de tweede wereldoorlog nog steeds aangehangen (Faber, 1948, Kager e.a., 1982). Dat er nog andere gashoudende afzettingen in de ondergrond voorkwamen, had men kunnen afleiden uit de ervaringen, opgedaan bij de aanleg van de Wieringermeer: Toen daar in de veertiger jaren van de vorige eeuw met de winning van brongas werd begonnen moesten er namelijk putten tot 40 meter diepte worden geslagen. In de rest van Noord-Holland waren de putten maximaal 30 meter diep. Overigens bleek, dat bij het droogmalen van de Wieringermeer de winning van brongas in de kop van Noord-Holland vrijwel stil viel. Het wegvallen van de druk op het gashoudende grondwater leek de oorzaak. Opvallend is, dat een melding van Harting in 1852 over gas uit sedimentpakketten met een Eemien ouderdom vrijwel geen aandacht kreeg (Cleveringa e.a., 1995).

Uit het bovenstaande blijkt dat in Nederland ondiep gas te vinden is op meerdere niveaus en met een verschillende ouderdom. Verder wordt duidelijk, dat infrastructurele ingrepen (inpoldering, etc.) stroming van gashoudend grondwater en daarmee migratie van gas beïnvloeden. Voor verdere achtergronden voor de generatie van methaan in de ondiepe ondergrond wordt verwezen naar Zang e.a. (1998).

Passieve en actieve verplaatsing van gas

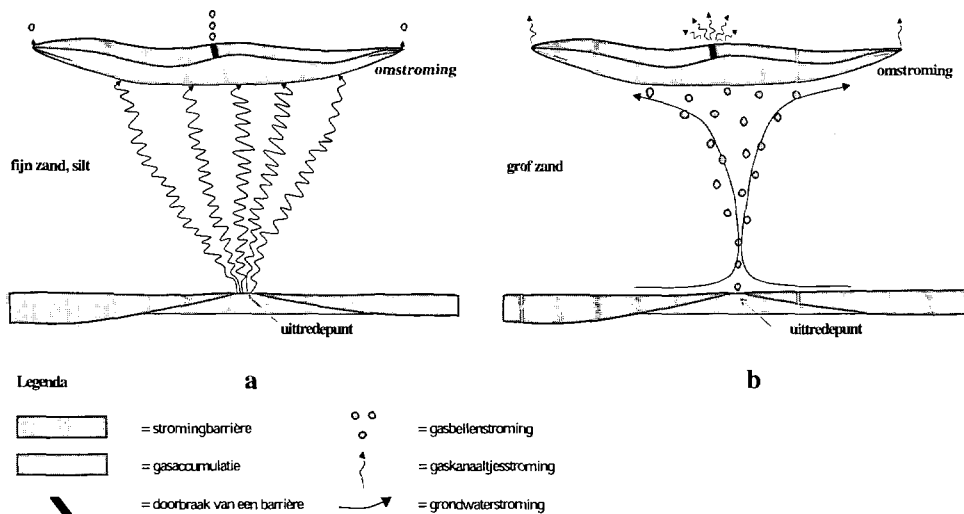
Theoretisch bedraagt, in volumeprocenten, de capaciteit van gasberging (oplossing) in grondwater op 30 meter diepte 48%. Dat betekent, dat één kubieke meter (grond)water 0,480 m³ gas zou kunnen leveren. In de praktijk echter wordt voor deze diepte een opgeloste hoeveelheid van gemiddeld 10 volumeprocenten gemeld (Kager, 1982).

Gas in grondwater moet als een dynamisch evenwicht worden opgevat. Een aantal externe factoren, onder andere druk en temperatuur (Donaldson e.a., 1998), hebben invloed op dit evenwicht: bij drukdaling en/of stijgende temperatuur van het grondwater komt er gas uit oplossing. Dit proces is omkeerbaar: is er voldoende vrij gas beschikbaar, dan lost het gas bij dalende temperatuur en/of stijgende druk op in het grondwater. Dit dynamische evenwicht heeft als praktische consequentie dat, wanneer grondwater waarin gas is opgelost naar plaatsen stroomt met lagere druk en/of hogere temperatuur, er een deel van het gas uittreedt tot een nieuw evenwicht ontstaat. De mate van gasverzadiging van grondwater speelt hierbij een rol. Ook de atmosferische druk is van invloed: bij lage atmosferische druk zal er meer gas uittreden dan onder hoge atmosferische druk. Onder (geologisch) geschikte omstandigheden kan het gas zich plaatselijk ophopen.

De verplaatsing van gas met en door stromend grondwater wordt passieve stroming genoemd. Hiernaast bestaat, wellicht het meest bekend, de actieve stroming. Dat wil zeggen dat gas zich in de gasfase via de gesteenteporiën verplaatst. Dit is ook van de onverza-

digde zone bekend. Omdat gas en water elk in hun eigen fase verkeren wordt er ook wel van tweefasenstroming gesproken.

De experimenten van Ji e.a. (1993) en Wehrle (1990) laten zien hoe actieve gasstroming op tweeërlei wijzen kan plaatsvinden. Eén manier van gasstroming is die, waarbij het gas kanaaltjes vormt. Die kanaaltjes ontstaan bij voldoende gasdruk. Het gas verplaatst zich van porie tot porie in een min of meer verticale richting. Binnen de zo gevormde gaskanaaltjes stroomt alleen gas. Ze vormen tezamen een soort 'pluim' (figuur 2a). Deze vorm van gasverplaatsing zal zich met name in fijne zandpakketten voordoen.



Figuur 2: Twee vormen van actieve gasverplaatsing in grondwater: gaskanaaltjesstroming (a) en gasbellenstroming (b).

De andere manier van actieve gasverplaatsing doet zich voor in grovere zanden (volgens de NEN-norm 5104 moeten ze al grinden worden genoemd). Hier kan het gas vrij door de sedimentporiën stromen. Het leidt tot een vrijwel continue gasbellenstroom, die zich split-send en samenvoegend naar boven verplaatst. De gasbellenstroom verdringt het grondwater in de poriën. Hierdoor wordt een opwaartse grondwaterstroming veroorzaakt (figuur 2b).

Naarmate de poriën in het sediment kleiner zijn, is de oppervlaktespanning van water in die poriën groter. Dit heeft tot gevolg dat de gasdruk, die nodig is voor het verdrijven van het poriewater, groter is naarmate de poriën kleiner zijn. Voor een heterogene ondergrond betekent dit dat grovere sedimentlagen en lagen met geringe spreiding in korrelgrootte beter voor gasbellenstroming geschikt zijn dan fijne sedimentlagen en lagen met een grote spreiding in korrelgrootte.

In heterogene pakketten heeft de stroming van gas een onvoorspelbaar verloop. Een gasbellenstroom kan bijvoorbeeld, na oponthoud bij een stromingsbarrière, als 'gaskanaaltjesstroming' worden voortgezet en omgekeerd (zie figuur 2a en -b).

De passieve gasverplaatsing met grondwater is afhankelijk van druk, temperatuur, gasaanbod en uiteraard van de grondwaterstroming zelf. Waar grondwater stroomt is deze vorm van gasverplaatsing mogelijk. Actieve gasverplaatsing (gaskanaaltjesstroming en gasbellenstroming) is niet altijd mogelijk, maar wordt bepaald door de (gas)druk en de kor-

relgrootteverdeling van het sediment. Verder speelt de aanwezigheid van stroming-barrières in de ondergrond ook een rol.

In onverkit sediment – algemeen voor de ondiepe ondergrond in Nederland – speelt de druk een andere rol dan in verkit sediment. De druk in de ondergrond is opgebouwd uit de druk die de korrels op elkaar uitoefenen (korreldruk) en de druk van vloeistoffen of gassen in de poriën (poriedruk). Omdat mag worden aangenomen, dat de totale druk gelijk zal blijven, zal bij stijgende (gas)druk in de poriën de korreldruk afnemen. In onverkit sediment leidt de afnemende korreldruk in eerste instantie tot elastische vervorming: de korrels worden minder sterk op elkaar geperst en de korrelstapeling zet iets uit. Bij een verder afnemende korreldruk zullen de sedimentkorrels van positie veranderen. Hierdoor wordt de porieruimte vergroot. In figuur 3 wordt dit als een opschuivend stippellijntje weergegeven.

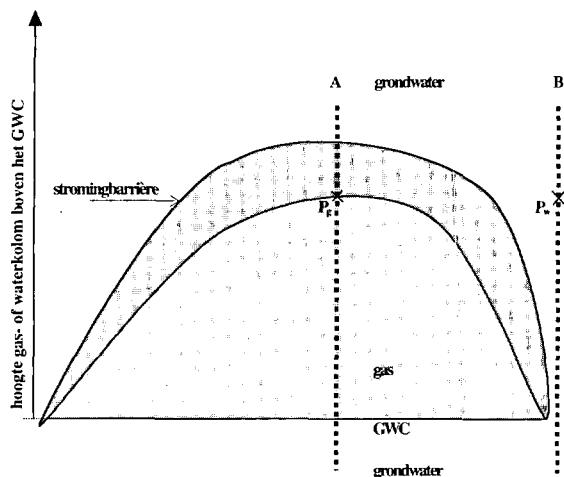
korrelgrootte verkittingsgraad	grof zand		fijn zand, silt	
onverkit sediment	gasbellenstroming		gaskanaaltjesstroming	
verkit sediment	gasbellenstroming		gaskanaaltjesstroming	

Figuur 3: De relatie tussen sedimenteigenschappen en actieve gasstroming.

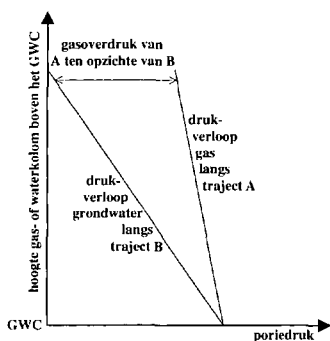
Deze porievergroting door gasoverdruk heeft tot gevolg dat gasbellenstroming behalve in grof zand ook in fijn zand kan ontstaan (figuur 3). De gasoverdruk kan immers zorgen voor porievergroting naar een omvang, ten minste equivalent aan die van grof zand. Als de korreldruk door de gestegen gasdruk nihil wordt zal drijfzand ontstaan. Verderop wordt dit toegelicht.

Gasoverdruk wordt veroorzaakt door gasaccumulatie. Figuur 4 laat de verticale doorsnede van een stromingbarrière zien met daaronder een gasaccumulatie. De drukopbouw in de poriën tussen de sedimentkorrels laat zich in die situatie als volgt omschrijven: op het vrije contactniveau tussen gas en water (GWC) is de gasdruk in de gesteenteporiën gelijk aan de waterdruk. Bij afnemende diepte neemt de druk af. Door het verschil in dichtheid van gas en water verloopt de drukafname voor gas ónder de stromingbarrière anders dan erbuiten (figuur 5).

Op elk niveau boven het GWC is, onder de stromingbarrière (figuur 4, positie Pg), sprake van overdruk van de porie(gas)druk ten opzichte van de porie(water)druk op hetzelfde niveau erbuiten (figuur 4, positie Pw).



Figuur 4: Verticale doorsnede van een gasreservoir in met grondwater gevuld sediment. De kromming van de stromingsbarrière is sterk overdreven. Zie figuur 2 voor de legenda.



Figuur 5: Het drukverloop in de verticaal boven het niveau van gas-water-contact (GWC) van gas binnen het gasreservoir (A) en grondwater buiten het gasreservoir (B).

Bij een steeds hoger wordende gaskolom onder een stromingsbarrière neemt de gasoverdruk lineair toe (figuur 5). Bij een bepaalde gaskolomhoogte zal de gasoverdruk te groot worden voor de stromingsbarrière en wordt deze doorbroken. Ook kan de barrière worden omstroomd, als de randen van de stromingsbarrière door het gas worden bereikt (figuur 2).

Klei- of leemlagen zijn overigens niet de enige stromingsbarrières in de ondergrond: een capillaire grens, veroorzaakt door een overgang van grote naar kleine gesteenteporiën, kan ook als zodanig dienst doen.

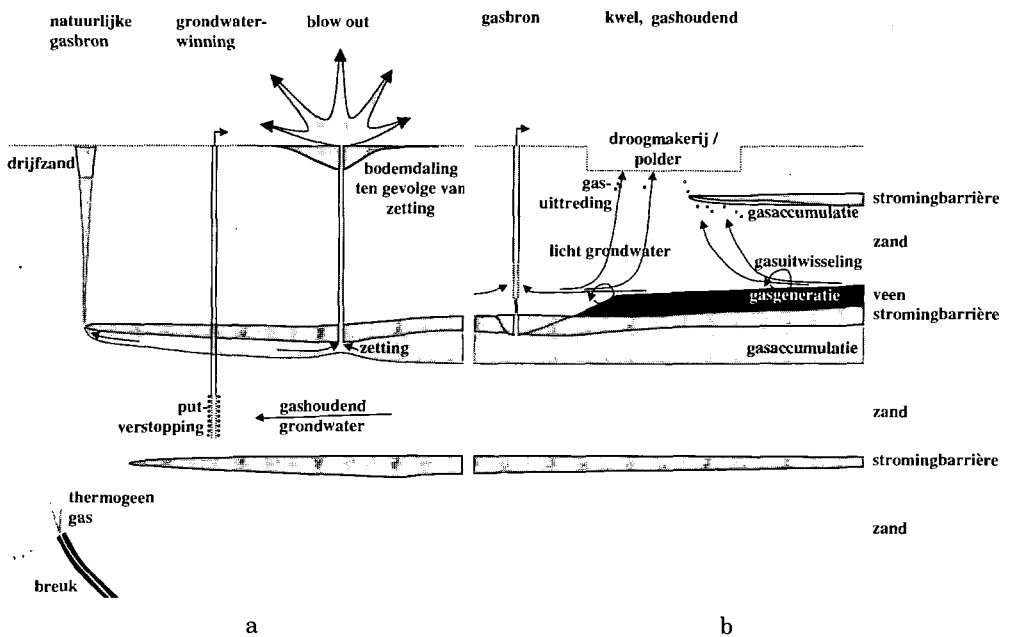
De hiervoor beschreven opeenvolging van processen (gasaanvoer – gasaccumulatie – opbouw gaskolom – doorbreking of omstroming van de stromingsbarrière) kan zich bij herhaling voordoen.

Er kan daarom veel tijd zitten tussen het moment, waarop het gas wordt gegenereerd en het moment, waarop het uiteindelijk de atmosfeer bereikt en de plaats van 'uittreding' kan een heel andere zijn dan die van ontstaan. De samenstelling van het gas kan informatie verschaffen over herkomst en ouderdom.

Vanuit de hiervoor geschetste situatie is de actieve gasstroming (gaskanaaltjes- en gasbel- lenstroming) nog beter te begrijpen: gaskanaaltjes worden gevormd doordat de gasdruk in een porie in staat is de waterinhoud van een aan een gasvoorkomen grenzende porie te ver- drijven. Zo ontstaan preferente stroombanen voor gas op 'porieformaat'. De vorming van gaskanaaltjes is een dynamisch proces: bij toenemende gasdruk worden gaskanaaltjes gevormd, bij afnemende gasdruk zorgt de waterdruk voor sluiting van die gaskanaaltjes. Neemt de gasdruk in de bestaande gaskanaaltjes toe, dan worden deze wijder: er ontstaan echter géén nieuwe gaskanaaltjes. Wel kan de wisselende samenstelling van het sediment van invloed zijn op de vorming van gaskanaaltjes: het leidt tot afsplitsingen en samenvoe- gingen. Dit laatste doet zich voor bij een toename van de gasstroming. De afsplitsingen vormen geconcentreerde bundels gaskanaaltjes (boomstructuur). Het effect van een onre- gelmatige gastoevoer en gasdruk in heterogeen sediment is dat er zich in de tijd wisselende gaskanaaltjes vormen. De gasbron verandert dan van positie.

Gas en grondwater

Uit het voorgaande wordt duidelijk, dat de invloed van gas op het grondwater in de ondiepe ondergrond niet op voorhand is aan te geven. Alleen al de interactie van gas en de hetero- gene ondergrond zorgt voor complexe, onvoorspelbare situaties. Aan de hand van enkele voorbeelden wordt dit geïllustreerd.



Figuur 6: Verschillende vormen van gasuittrekking en gerelateerde processen in het algemeen (a) en in het Holocene (b). Via breuken e.d. kan het in de diepe ondergrond gevormde (thermogene) gas ook de atmosfeer bereiken. Zie figuur 2 voor de legenda.

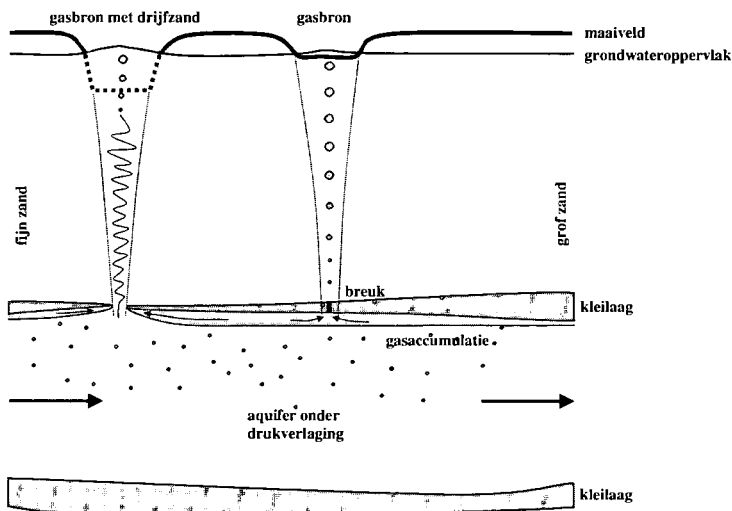
Het eerste voorbeeld betreft het ontstaan van natuurlijke gasbronnen. Dit hangt samen met de passieve stroming van gas met het grondwater. Bij daling van druk en/of stijgende temperatuur kan gas, indien opgelost aanwezig, uittreden. Bij een voortdurende aanvoer van gashoudend grondwater kan doorlopend gasproductie plaatsvinden (figuur 6b en figuur 7). Het gas kan soms ongehinderd zijn weg vervolgen, maar kan ook achter stromingbarrières accumuleren. Door continue gasaanvoer neemt de hoogte toe van de gaskolom in de gasaccumulatie en daardoor van de gasoverdruk. Hierdoor kan de barrière worden doorbroken en gaan 'lekker'. Ook kan de stromingbarrière door het gas worden omstroomd (figuur 2a en -b). Het gas zal dan alsnog de atmosfeer bereiken of zich ophopen onder weer een andere stromingbarrière.

Door de geologische opbouw van Nederland (lateraal en verticaal bestaat er nogal wat variatie in sedimenten en hun eigenschappen) is ongehinderde verticale stroming van gas en/of gashoudend grondwater niet erg waarschijnlijk. Als door het verwijderen van het oppervlakteveen (met bijbehorende kleipakketten), het droogmalen van plassen (droogmakerijen) enzovoort barrières worden verwijderd en/of drukontlasting plaatsvindt, kan gashoudend grondwater zich wel vrij naar boven bewegen. Diepe ontgravingen, inpolderingen e.d. kunnen, als er gas in de ondergrond aanwezig is, onvoorziene problemen opleveren.

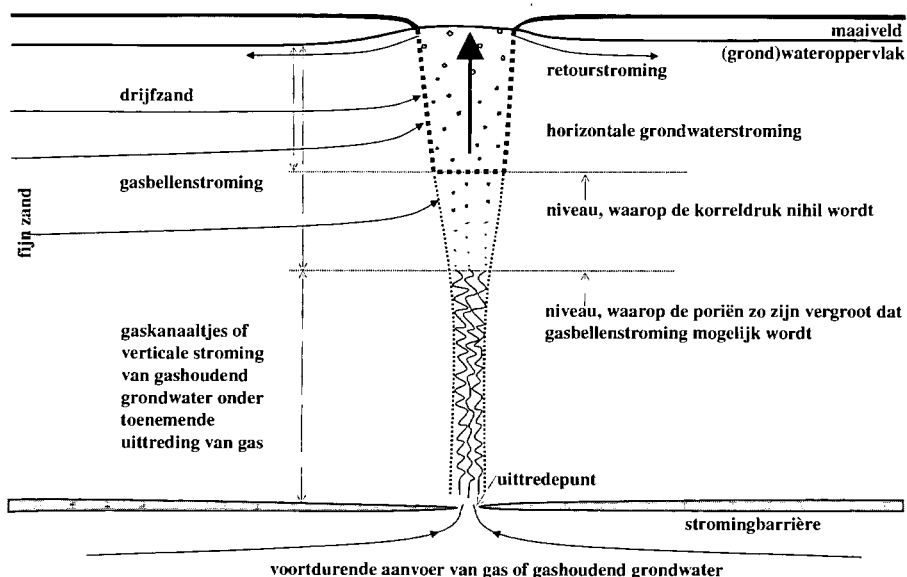
Een tweede voorbeeld (figuur 6a) heeft betrekking op stroming van gashoudend grondwater in een aquifer en de complicaties die dat bij de winning van water kan veroorzaken. Bij de winning vindt drukontlasting plaats en daardoor ontgassing van het grondwater. Daarbij worden de sedimentporiën met gas gevuld. Bij hoge korreldruk is in fijn sediment de ontstane gasdruk vaak onvoldoende om het gas op natuurlijke wijze te laten ontsnappen. Het gevolg is dat de poriën met gasbellen worden gevuld. Hierdoor neemt de permeabiliteit van deze poriën voor water sterk af. Dit doet zich voor waar de drukverlaging groot is, bijvoorbeeld bij putfilters. Dit verschijnsel draagt wellicht ook bij tot chemische processen, die putverstopping veroorzaken (Stuyfzand e.a., 1994). Het vaststellen van voorkomen en ligging van een gashoudende laag is een eerste stap om grip te krijgen op dit probleem. Chemisch-fysische analyse van water en gas kan indicaties geven voor de herkomst en wellicht ook voor de uitwisselingsprocessen tussen gas en grondwater.

Het derde voorbeeld heeft betrekking op een boring in of dichtbij een gasaccumulatie. Wordt deze aangeboord, dan zal het gas direct in de put stromen en loopt de boring gevaar ('blow out'; figuur 6a). Gesteld, dat zich géén calamiteiten voordoen bij het aanboren van het gas, dan zal in ieder geval de gasdruk in de gasaccumulatie afnemen en de korreldruk toenemen. Hierdoor zal zetting van het sediment plaatsvinden met als uiteindelijk resultaat bodemdaling (figuur 6a).

Het vierde voorbeeld betreft de verschijnselen die optreden als gashoudend grondwater drukverlaging ondervindt, waardoor gas uittreedt. Bij voortdurende aanvoer van gashoudend grondwater kan er zich onder een kleilaag voldoende gas ophopen om door te breken of te omstromen. Afhankelijk van de grofheid van het sediment en de gasdruk zal dit plaatsvinden via gaskanaaltjes of als gasbellenstroom. In fijn zand kan dit leiden tot het ontstaan van drijfzand, in grof zand kan het tot resultaat hebben dat het gas als brongas uittreedt (figuur 6a en 7).



Figuur 7: Het ontstaan van gasbronnen en drijfzand (zie voor meer detail figuur 8): In de aquifer treedt gas uit oplossing. Er kan naast gasaccumulatie ook uittreding van gas naar de atmosfeer plaatsvinden. Zie figuur 2 voor de legenda



Figuur 8: Het ontstaan van drijfzand door aanvoer van gas of gashoudend grondwater. Boven het niveau, waarop gasbellenstroming mogelijk is vindt horizontale grondwaterstroming plaats en treedt retourstroming op. Zie figuur 2 voor de legenda.

Bij de vorming van drijfzand spelen de reeds genoemde factoren, gasdruk en korreldruk, een belangrijke rol. Afgezien van situaties met extreme gasdruk zal drijfzand uitsluitend aan het aardoppervlak ontstaan. Zoals eerder beschreven stimuleert gasbellenstroming verplaatsing van grondwater. Dit zal vooral horizontaal aangevoerd grondwater zijn, omdat de horizontale permeabiliteit van sedimenten in het algemeen groter is dan de verticale

permeabiliteit. Dit betekent, dat het grondwater voor het grootste deel wordt aangezogen over de hoogte van de gasbellenstroming (figuur 8). Wegens de verhoogde (grond-)waterstand ter plaatse van de bron zal enige retourstroming optreden.

Het vijfde voorbeeld heeft betrekking op het ontstaan van een schijngrondwaterspiegel in de freatische zone. Als gevolg van een hogere oppervlaktespanning verplaatst gas zich in afzettingen met fijne poriën minder gemakkelijk dan in grover sediment. Gas migreert, zoals vermeld, bij voorkeur via lagen met grote poriën (grof zand). Een overgang van min of meer horizontaal gelaagd grof zand naar fijn zand kan er voor zorgen dat bij aanvoer van gas dit zich onder de fijne zandlaag ophoopt. Deze overgangen in de gelaagdheid zijn ook in de freatische zone aanwezig, dus ook hier kan gas accumuleren. Aanvulling van het grondwater door regenwater wordt hierdoor geblokkeerd: er stelt zich een schijngrondwaterspiegel in.

Tenslotte: de manier waarop gas vanaf een uittredepunt de atmosfeer bereikt en al of niet de stroming van het grondwater direct beïnvloedt, hangt af van een aantal factoren. Omdat aquifers in Nederland in het algemeen bestaan uit relatief fijne zandlagen vindt gasstroming hierin via gaskanaaltjes plaats. In dat geval is de invloed op grondwaterstroming verwaarloosbaar. Gasbellenstroming die de grondwaterstroming wel beïnvloedt, is in een zandige ondergrond afhankelijk van de gasdruk die de poriën tussen de zandkorrels 'opent'. De positie van een uittredepunt ten opzichte van het maaiveld en de hoogte van de gasdruk zijn hierbij bepalende factoren.

Onvoorspelbare risico's

De generatie van biogeen gas heeft geleid tot het voorkomen van gas in veenlagen, in het grondwater van daarboven gelegen sediment en onder stromingbarrières. Een voortdurende gasgeneratie zorgt voor de instandhouding van de gasstroom naar het aardoppervlak, via kwel en gasbronnen. De ontsnapping van ondiep gas naar de atmosfeer is een diffuus proces, waar niemand iets van merkt. Een bijzondere situatie doet zich echter voor tijdens strenge winters, wanneer de bovengrond bevroren raakt. Het natuurlijk gevormde gas kan dan niet naar de atmosfeer ontsnappen. Elke opening in de bevroren grond, bijvoorbeeld voor de verbuizing van een bliksemafleider, gaat dan als ontsnappingsroute voor het gas dienen, met alle nare gevolgen die dit kan hebben.

Een vergelijkbare situatie doet zich voor, als (gasdichte) bouw- of wegconstructies als stromingbarrière gaan fungeren. Bij het aanleggen van gasdichte constructies in gebieden met (ondiepe) gasgeneratie is dus zorgvuldigheid vereist: men moet hiermee ook al rekening houden bijvoorbeeld bij het slaan van heipalen in gashoudende sedimentlagen.

Nieuwe methoden, zoals bevroren van een te 'tunnelen' tracé, kunnen (tijdelijk) de doorlatendheid beïnvloeden. Natuurlijke ontsnappingsroutes van het gas of het gashoudend grondwater raken geblokkeerd of ontwikkelen zich op andere plekken. Ingrepen in de ondergrond brengen onbekende risico's met zich mee. Met name in gebieden waar men onbekend is met het voorkomen van ondiep gas, hoewel er zich veenlagen en/of sedimenten met fijn verdeeld organisch materiaal in de ondergrond bevinden. Het doorboren, weggraven, etc. van barrières kan leiden tot een drukontlasting, waardoor gashoudend grondwater kan wegstromen. Dit kan leiden tot compactie van het korrelskelet. De gevolgen kunnen variëren van zetting en bodemdaling tot drijfzandvorming.

Discussie

Gashoudend grondwater, dat omhoog stroomt, zal wegens belletjesvorming door uittredend gas steeds lichter worden. Dit vormt een extra drijvende kracht voor de verticale stroming van dit soort grondwater. De kwelstroming, zoals die in figuur 6 is weergegeven, zal daarom relatief veel diep gashoudend grondwater bevatten. Dit effect en de gevolgen ervan zullen door hiervoor aangepaste grondwaterstromingmodellen berekend kunnen worden.

De voorgaande paragrafen lijken de indruk te wekken dat het gedrag van gas in onverkit sediment kan worden verklaard. Er is echter nog weinig bekend over oorsprong en gedrag van gas in de ondiepe ondergrond. Kennis, methoden en modellen uit de reservoir-engineering, die gebruikt worden om stroming van aardgas en water in verkit sediment te verklaren en te modelleren, zijn niet zondermeer toepasbaar in de losse sedimenten van de ondiepe ondergrond.

Een ander punt is, dat in de (grof)schalige grondwaterstromingmodellen geen rekening wordt gehouden met de (veelal fijnschalige) fasewisseling en de grondwaterstroming, die door de aanwezigheid van gas op gang komt. Verder moeten de twee vormen van actieve gasstroming een plaats krijgen in de modellen. Ook permeabiliteitsveranderingen ten gevolge van veranderende korrelspanning verdienen aandacht.

Vergroting van inzicht in het gedrag van gas in onverkitten sedimenten is hard nodig. Dit kan worden verworven door observaties in het veld, door veldproeven, door het opzetten en uitvoeren van laboratoriumexperimenten en door het simuleren van de gasgerelateerde verplaatsingsprocessen middels hiervoor aangepaste grondwaterstromingmodellen.

Voor het plannen en uitvoeren van ingrepen in de ondergrond in Nederland is het van belang inzicht te verwerven in de belangrijkste elementen van ondiep gas: generatie in veenlagen of in sedimentlagen met dispers verdeeld organisch materiaal, migratie in bij voorkeur de grove delen van aquifers, accumulatie in geschikt sediment onder bijvoorbeeld veen- of kleilagen, gasberging in grondwater, stroming van gashoudend grondwater en ontsnapping van gas en gashoudend grondwater naar de atmosfeer – soms in de vorm van bronnen.

Voor het voorspellen van de kans op aanwezigheid en het gedrag van ondiep gas is het niet alleen van belang de opbouw van de ondergrond te kennen, maar ook de ontstaansgeschiedenis. Door inzicht hierin kunnen niet alleen de risico's worden ingeschat, maar ook manieren worden gevonden om deze te minimaliseren. Kennis van processen in de ondiepe ondergrond is een vereiste. Natuurgetrouw modelleren is één van de middelen om de (financiële en emotionele) schade beperkt te houden, als de spanning, om wat voor reden dan ook, te hoog oploopt.

Referenties

- Baren, J. van (1927)** De bodem van Nederland, 2 dln.
Bol, J. (1991) Moeras- of brongas; in: *Grondboor & Hamer*, jrg 45, pag 150–153.
Cleveringa, P., W. de Gans en H. de Wolf (1995) Aardgas onder Amsterdam; de laag van Harting; in: *Ons Amsterdam*, jrg 47, nr. 1.
Donaldson, J.H., J.D. Istok en K.T. O'Reilly (1998) Dissolved gas transport in the presence of a trapped gas phase: experimental evaluation of a two-dimensional kinetic model; in: *Ground Water*, vol 36, no 1, pag 133–142.

- Faber, F.J. (1948)** Geologie van Nederland; Deel I/II, 3^e druk, 448 blz.
- Harting, P. (1852)** De bodem onder Amsterdam onderzocht en beschreven; in: *Verh. 1e klas. Kon. Ned. Inst. v. Wet.*, 3e Reeks, Deel 5, pag 73–232.
- Ji, W., A. Dahmani, D.P. Ahlfeld, J.D. Lin en E.H. Hill III (1993)** Laboratory study of air sparging: air flow visualization; in: *Ground Water Mon. Rev.*, vol 13, pag 115–126.
- Kager, P. e.a. (1982)** Brongas een vergeten gasbron? Rapport van een milieukundig onderzoek naar de economische aspecten en de gevolgen voor het milieu van het gebruik van brongas in Noord-Holland.
- Lorié, J. (1899)** Het brongas in Nederland; in: *Tijdschrift K.N.A.G.*, 16, pag 143–177.
- Reinhold, Th. (1947)** Delfstoffen; in: Brouwer (red) *Hollands Noorderkwartier*; Toelichting bij de geologische kaart van Nederland, no. 2, pag 21–23.
- Stuyfzand, P.J., F. Lüers en G.K. Reijnen (1994)** Geohydrochemische aspecten van methaan in grondwater in Nederland; in: *H₂O*, jrg 27, nr 17, pag 500–510.
- Wehrle, K. (1990)** In-situ cleaning of CHC contaminated sites: model-scale experiments using the air injection (in-situ stripping) method in granular soils; in: F. Ahrendt e.a. (red) *Contaminated soil '90*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pag 1061–1062.
- Zang, C., E. L. Grossman en J.W. Ammerman (1998)** Factors influencing methane distribution in Texas ground water; in: *Ground Water*, 36 (1), pag 58–66.