

## Veenbonken gehoorzamen de gaswetten

*Philip van Diest en Franck Hogervorst (Fugro GeoServices)*

**Veenbonken zijn compacte stukken veen die uit de veenwaterbodem losraken en opdrijven. Leuk voor natuurontwikkeling, vervelend voor de scheepvaart. Over het hoe en waarom van het plotseling verschijnen van veenbonken doen veel verhalen de ronde. Baggerwerken, trillingen, temperatuur, onweer, bacteriën, eutrofiëring en drukverschillen in aardlagen worden genoemd. Narekenen met de wetten van Boyle en Gay-Lussac en van Henry levert een verassend simpele verklaring.**

Naar het ontstaan van veenbonken is in het verleden vanuit verschillende disciplines gekeken. Ten eerste door de mensen die in het veld worden geconfronteerd met plotseling opdrijvende brokken veen. Deze komen met een aantal waardevolle observaties [1]:

- Bij een dikke baggerlaag ontstaan geen veenbonken.
- Bij baggerwerkzaamheden treden veenbonken vaker op.
- Tevens lijkt er een verband met het seizoen; bij sterke opwarming in de lente maar ook bij onweersbuien ontstaan vaak veenbonken.

Op het kennisnetwerk van OBN (Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit) [2] staat enige informatie omtrent onderzoek naar drijftillen, dit is drijvend veen. Drijftillen kunnen zich vormen uit veenbonken en blijven drijven door methaangas. De vorming van drijftillen wordt toegeschreven aan bacteriële omzettingen, gestuurd door waterkwaliteitsparameters zoals de concentratie kooldioxide, sulfaat en nitraat. In de handleiding voor hoogveenherstel lezen we: "Wanneer er zich drijftillen ontwikkelen bepaalt de structuur van het veen of de drijftillen permanent blijven drijven of dat ze in de winter zinken. De methaanproductie is een microbiel proces en dus sterk afhankelijk van de temperatuur. De methaanproductie zal in de zomer dan ook veel hoger zijn dan in de winter. Omdat methaan slecht in water oplosbaar is blijft het methaan in de vorm van methaanbelletjes hangen in het veen. Wanneer het substraat los van structuur is zal methaan relatief gemakkelijk ontsnappen. Daardoor daalt met name in de winter, de methaanconcentratie te sterk en verliest het substraat zijn drijfvermogen. Zodra er in de loop van het voorjaar voldoende methaan is geaccumuleerd komt de drijftil weer omhoog." [3]

Na de doorbraak van de veendijk in Wilnis is intensief geotechnisch onderzoek verricht naar de oorzaak van de dijkdoorbraak. In de adviezen wordt veengasvorming als een nader te onderzoeken aspect benoemd; dit onderzoek is echter (nog) niet uitgevoerd of gepubliceerd [4].

Om de stabiliteit van boorplatforms in zee te voorspellen heeft Fugro onderzoek verricht naar de vorming van methaangasbelletjes in de diepzee. Hiervoor hebben we een rekentool ontwikkeld die de eventuele oververzadiging aan gassen onder wisselende druk, temperatuur en zoutgehalte berekent. Bij oververzadiging met methaan ontstaan gasbelletjes, verliest de

geologische laag zijn stabiliteit en glibbert het boorplatform de helling af. Deze tool hebben we ook gebruikt om de vorming van methaanbelletjes te voorspellen ten behoeve van installaties voor warmte-koude-opslag, waar 'brongas' een probleem kan vormen. Een methaan-luchtmengsel is namelijk explosief. De tool is gebaseerd op het klassieke werk van J. Colt [5], aangevuld met recente literatuurgegevens omtrent de oplosbaarheid van gassen, en maakt gebruik van moderne rekentechnieken.

Veenbonken en drijftillen drijven in eerste instantie op door methaangas. Later ontstaat een eigen drijfvermogen door (irreversibele) verdroging, of zinken de bonken weer naar de bodem.

Methanogenese is de vorming van methaan door microben uit de groep der Archea (oerbacteriën). Deze produceren alleen methaan onder strikt anaerobe dus zuurstofloze condities. In tegenstelling tot wat regelmatig in de literatuur wordt gesuggereerd, kunnen deze microben in sediment geen methaangasbelletjes maken. Als ze dit wel konden had de wereld er heel anders uitgezien. De reactie stopt als het water verzadigd raakt en dus de maximale oplosbaarheid van methaan wordt benaderd.

Gasbelletjes ontstaan spontaan in methaanverzadigd water als de oplosbaarheid afneemt. Dat gebeurt als de temperatuur hoger wordt of de druk lager, of als het zoutgehalte toeneemt. In de ondergrond is de snelle vorming van methaanbelletjes bij opwellend grondwater (door de afname van de hydrostatische druk) een bekend verschijnsel. Het onvoorzichtig oppompen van met methaan verzadigd productiewater bij olie- en gaswinning leidt tot de gevreesde blow-out – een ongecontroleerde uitstroom van gas en condensaat of olie – door de gigantische volumetoename door de vorming van gasbelletjes.

Bij langzame en beperkte oververzadiging in veen ontstaan nauwelijks of geen gasbelletjes. Bij snelle en sterke oververzadiging (enkele procenten) wel. Vergelijk dit met duikers, wier bloed onder hoge druk verzadigd raakt met stikstof. Bij snelle decompressie krijg je caissonziekte, bij langzame decompressie kan je het navertellen. Bij een geleidelijke verandering wordt de oververzadiging opgevangen door diffusie, stromen eventueel gevormde belletjes langzaam naar water dat nog niet is verzadigd of lossen weer op als de verandering teniet wordt gedaan. Een beperk deel stijgt op naar de atmosfeer.

### **Berekening**

Met deze kennis kunnen de verhalen worden geverifieerd.

De 'ideale gaswet' van Boyle en Gay-Lussac leert dat druk en temperatuur het volume van een gas bepalen ( $V=RT/P$ ). De oplosbaarheid van een gas in water wordt berekend uit de gaswet en de wet van Henry [5,6]. De rekentool berekent de oververzadiging. Bij oververzadiging vormt methaan gasbelletjes. (Zie ook kader.)

In tabel 1 is een aantal situaties doorgerekend. Uitgangspunt is veen waarin de vorming van methaan is gestopt door het bereiken van de verzadigingsconcentratie voor de gegeven

### Berekening oplosbaarheid gas in water

De berekeningen veronderstellen evenwichtscondities, oftewel ideaal gasgedrag, en gaan uit van de ideale gaswet.

De oplosbaarheid van gas in mol/liter wordt gegeven door:

$$nw_j = \frac{P_c \times \beta_{jc}}{R \times T_c}$$

$P_c$  is de druk in bar.

$\beta_{jc}$  is the Bunsencoëfficiënt, die de oplosbaarheid beschrijft van gas j in water bij temperatuur  $T_c$  bij een salinity van  $S_c$ . De coëfficiënt wordt uitgedrukt in liters gas per liter water. De waarden zijn een extrapolatie van experimentele coëfficiënten uit de literatuur.

$T_c$  is de absolute temperatuur.

$R$  is de gasconstante:  $0.083144 \text{ [J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}]$

De druk wordt gegeven in bar en betreft de totaal druk.

Bij de berekening van de Bunsencoëfficiënt is een mathematische extrapolatie gebruikt, voor methaan is deze voornamelijk gebaseerd op de publicatie van Yamamoto et al [6].

temperatuur en druk. De vorming van methaan is een langzaam proces, maar de natuur heeft tijd genoeg.

### Druk

De druk in de waterfase van een venige waterbodem is de som van hydrostatische druk en atmosferische druk. Deze waterspanning varieert met de waterstand. In de berekening laten we deze 30 cm dalen. De atmosferische druk is weersafhankelijk, bij een hogedrukgebied in de zomer stijgt deze tot 1030 hPa, bij een herfstdepressie kan deze zakken tot 970 hPa.

In tabel 1 is het resultaat van de oververzadiging aan methaan berekend als het waterpeil met 30 cm wordt verlaagd (kolom 1 en 2) en als het weer omslaat van een mooie nazomer naar een herfststorm (kolom 3 en 4).

Enmaal opgedreven is de verzadiging in de veenbonk sterk toegenomen door de afname van de hydrostatische druk, dus is er voldoende gas om voorlopig te blijven drijven (kolom 4).

Het is dus waar dat veenbonken kunnen komen bovendrijven na een onweersbui. Een sterke afname van de luchtdruk kan in enkele uren in een veenbodem gasbelletjes laten ontstaan. Een snelle daling van de waterstand, bijvoorbeeld bij een gemaal, zou ook tot veenbonken kunnen leiden.

### Temperatuur

De temperatuur van een veenbodem onder 3 m water verandert slechts langzaam, tenzij het zwarte veen in helder water aan zonlicht wordt blootgesteld. Berekend is wat een afname van  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  betekent voor een veenwaterbodem met een waterkolom van 3 meter, onder constante druk. Uit kolom 7 blijkt een ruime onderverzadiging. In de winter dus geen veenbonken. Wel ruimte voor de microben om langzamerhand wat nieuw methaan aan te maken.

Interessant wordt het als de opgedreven veenbonk uit kolom 5 wordt afgekoeld naar  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Alle methaangasbelletjes lossen weer op, de bonk verliest zijn drijfvermogen en zinkt naar de

bodem. Als het warm wordt komt hij weer omhoog. Dit lijkt een veel logischer verklaring voor het afzinken van drijftillen dan door het ecologisch deskundigenteam wordt voorgesteld [3]. Er wordt namelijk door hen ten onrechte aangenomen dat microben gasbelletjes kunnen maken.

**Tabel 1. Resultaat van berekening van de methaanverzadiging van poriewater bij verschillende scenario's** De oververzadiging is hypothetisch, omdat zich gasbelletjes vormen.

|                             | Waterstand |          | Luchtdruk      |           | Drijvend |      | Winter |
|-----------------------------|------------|----------|----------------|-----------|----------|------|--------|
|                             | standaard  | verlaagd | Hoge luchtdruk | Depressie | Warm     | Koud |        |
| Luchtdruk (mb)              | 1013       | 1013     | 1030           | 970       | 1013     | 1013 | 1013   |
| Diepte (m)                  | 3,0        | 2,7      | 3,0            | 3,0       | 0,1      | 0,1  | 3,0    |
| In situ druk (mb)           | 1311       | 1284     | 1328           | 1268      | 1013     | 1023 | 1311   |
| In situ temperatuur (°C)    | 15         | 15       | 15             | 15        | 15       | 5    | 5      |
| Geleidbaarheid (uS/cm)      | 500        | 500      | 500            | 500       | 500      | 500  | 500    |
| Concentratie methaan (mg/l) | 33,8       | 33,8     | 34,2           | 34,2      | 34,0     | 34,0 | 33,8   |
| Verzadiging methaan (%)     | 100,0      | 102,1    | 99,8           | 104,5     | 130,0    | 96,7 | 75,0   |

## Conclusie

Veenbonken drijven op, of zinken weer af door de snelle kinetiek van het oplosevenwicht van methaangas, bepaald door (lucht)druk en temperatuur (en zoutgehalte). Methaan vormt zich in veen langzaam door anaerobe omzetting van organisch materiaal door microben. Het poriewater van veen kan hierdoor verzadigd raken met methaan. Als dit het geval is, is sprake van een potentiële veenbonk. Bij lage luchtdruk, waterstandsverlaging of stijging van de temperatuur vormen zich tijdelijk gasbelletjes, en wil de bonk opdrijven.

Als bagger de harde, gasdichte veenlagen afdekt, moet de potentiële bonk de laag bagger mee omhoog tillen; eventuele in de bagger gevormde belletjes stijgen namelijk direct op, dus de bagger heeft vanzelf geen drijfvermogen. Als de laag bagger wordt verwijderd neemt de kans op veenbonken natuurlijk toe.

Om een veenbonk met gasbelletjes los te maken uit de bodem helpen trillingen wel, echter alleen op het moment dat gasbelletjes aanwezig zijn.

## QED

In de Gouwe verschijnen met enige regelmaat veenbonken maar in 2013 was het echt raak. Gedurende het eerste halfjaar van 2013 zijn baggerwerken uitgevoerd nabij de Julianasluis in de Gouwe bij Gouda. Na een lange droge en warme periode (hogedrukgebied) heeft het waterschap in september de waterstand in de Gouwe verlaagd, anticiperend op de verwachte zware regenval en wateroverlast (lage luchtdruk). Na het overtrekken van de depressie en forse regen dreven prachtige veenbonken in de Gouwe:

## Persbericht

*“De provincie Zuid-Holland heeft er een jaar voor nodig om uit te zoeken hoe de grote veenbonken in de Gouwe tussen Gouda en Waddinxveen ontstaan. Veel tijd gaat zitten in het opsporen van mogelijke drukverschillen in de diverse bodemlagen. Over de oorzaak van het opdrijven van de veenwaterbodem valt nu nog weinig te zeggen.” (AD)*

## Literatuur

1. [http://www.groenehartvertellingen.nl/Pagina/Veenbonken\\_in\\_Reeuwijkse\\_Plassen.htm](http://www.groenehartvertellingen.nl/Pagina/Veenbonken_in_Reeuwijkse_Plassen.htm)
2. <http://www.natuurkennis.nl/>
3. Smolders, Fons, Hilde Tomassen, Juul Limpens, Sake van der Schaaf & Gert-Jan van Duinen (2010). Samenvatting en synthese: perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. OBN rapport 170977, 2010.
4. Vries, G. de (2012). Monitoring droogteonderzoek veenkaden Eindrapportage. Deltaresrapport B 1203255- 006-GEO-0001 Stichting Ijkdijk, 19 december 2012.
5. Colt, J. (1984). Computation of dissolved gas concentrations in water as functions of temperature, salinity and pressure, AFS, special Publication 14.
6. Yamamoto et al. (1976). Solubility of methane in distilled water and seawater. Journal of chemical and engineering data, Vol 21, No. 1, 1976.

|                             | Waterstand |          | Luchtdruk      |           | Drijvend |      | Winter |
|-----------------------------|------------|----------|----------------|-----------|----------|------|--------|
|                             | standaard  | verlaagd | Hoge luchtdruk | Depressie | Warm     | Koud |        |
| Luchtdruk (mb)              | 1013       | 1013     | 1030           | 970       | 1013     | 1013 | 1013   |
| Diepte (m)                  | 3,0        | 2,7      | 3,0            | 3,0       | 0,1      | 0,1  | 3,0    |
| In situ druk (mb)           | 1311       | 1284     | 1328           | 1268      | 1013     | 1023 | 1311   |
| In situ temperatuur (°C)    | 15         | 15       | 15             | 15        | 15       | 5    | 5      |
| Geleidbaarheid (uS/cm)      | 500        | 500      | 500            | 500       | 500      | 500  | 500    |
| Concentratie methaan (mg/l) | 33,8       | 33,8     | 34,2           | 34,2      | 34,0     | 34,0 | 33,8   |
| Verzadiging methaan (%)     | 100,0      | 102,1    | 99,8           | 104,5     | 130,0    | 96,7 | 75,0   |