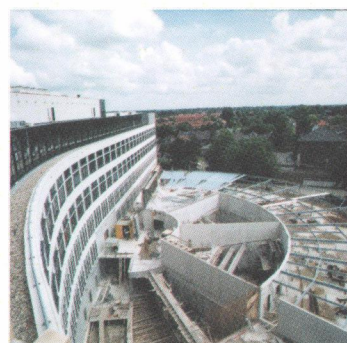
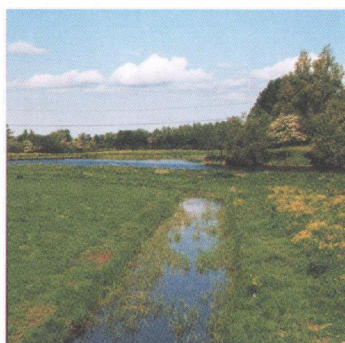




Onderzoek veen verondieping Kooiweg





**Onderzoek veen verondieping
Kooiweg**

referentie WAV3-1/bote/004	projectcode WAV3-1	status definitief
projectleider T. van der Wijngaart Msc.	projectdirecteur drs. M. Klinge	datum 26 mei 2010

autorisatie goedgekeurd	naam drs. M. Klinge	paraaf 
-----------------------------------	-------------------------------	--

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

19459 28

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Aanleiding	1
1.2. Leeswijzer	1
2. METHODEN MONSTERNAME EN ANALYSE	2
2.1. Methode monstername	2
2.2. methode analyses	3
3. RESULTATEN	5
3.1. Bodemsamenstelling	5
3.2. Bodemvocht	6
3.3. Water in de plas	8
3.4. Veenafbraak	9
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	11
5. LITERATUUR	14

laatste bladzijde	14
-------------------	-----------

bijlagen	aantal bladzijden
I Samenstelling van het veen in de plas	1
II Resultaten metingen bodemvocht en waterlaag	1

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

Zandwinplas de Kooiweg is recentelijk door Natuurmonumenten verondiept met veen afkomstig van gegraven petgaten in de Wieden. Omdat niet duidelijk is welke mogelijke effecten dit heeft op de waterkwaliteit, is hier in opdracht van Natuurmonumenten onderzoek naar verricht. Dit onderzoek is door Witteveen+Bos in samenwerking met B-Ware opgezet en uitgevoerd.

1.2. Leeswijzer

In dit rapport worden de methoden beschreven van de monsternamen en analyses in hoofdstuk 2. Vervolgens staan de resultaten hiervan weergegeven in hoofdstuk 3 en de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 4.

2. METHODEN MONSTERNAME EN ANALYSE

2.1. Methode monstername

De zandwinplas aan de Kooiweg is twee keer bezocht; op 21 december 2009 en op 19 februari 2010. Op 21 december was de plas nog niet bevroren en werd er nog veen in de plas gepompt. Een deel van dit veen was gaan drijven en in dikke lagen afgezet in de ondiepe oeverzone. Van dit veen is een emmer vol verzameld door verschillende deelmonsters door elkaar te mengen. Hierbij is alleen veen verzameld uit de onderlaag, die zich volledig onder water bevond. Uit deze emmer zijn drie deelmonsters verzameld voor bodemanalyse. Tevens zijn met behulp van ceramische cups drie bodemvochtmonsters verzameld. Verder is een bodemonster verzameld van het verzonken veen niet ver van de uitstroomopening van de pijp. Dit was dus veen dat kort daarvoor in de plas gepompt was.

Op 19 februari was de plas al meer dan een maand dichtgevroren. Over het ijs is met behulp van een zuigerboor veen verzameld op enkele meters diepte in de plas. De bemonstering heeft plaatsgevonden op 5 verspreide plaatsen op een tiental meters uit de oeverzone. Alle monsterpunten bevonden zich binnen een straal van enkele tientallen meters van de plek aan de westkant waar het veen de plas in is gepompt. Een meer uitgebreide verkenning van de plas heeft niet plaatsgevonden, vanwege de onbetrouwbaarheid van de ijslaag (zie afbeelding 2.1). Meer naar het centrum van de plas lag de onderwaterbodem nog altijd op meer dan 4 meter diepte en kon niet met een zuigerboor worden bemonsterd.

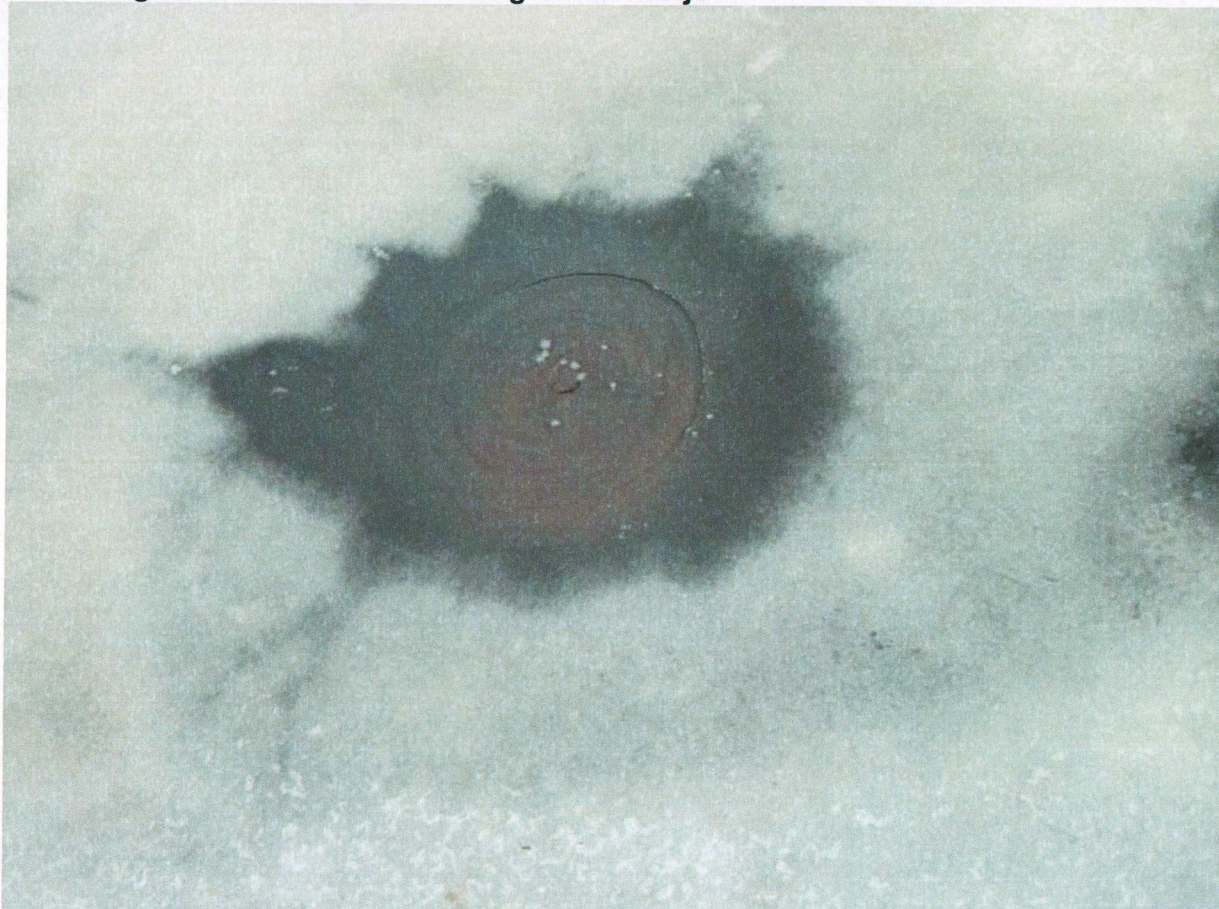
Het water in de plas is in februari bemonsterd, na enkele weken ijsbedekking.

afbeelding 2.1. Bemonstering vanaf het ijs op 19 februari 2010



De bemonstering is uitgevoerd door B-Ware (Jeroen Graafland, op de foto met zuigerboor). Op de achtergrond zijn duidelijk opdrijvende, vastgevroren stukken veen zichtbaar. Op de voorgrond zijn gaten in het ijs zichtbaar, veroorzaakt door gasproductie in het veen.

afbeelding 2.2. Detail van één van de gaten in het ijs



Zichtbaar is de voortdurende stroom van luchtbelletjes. Ook is een rode was zichtbaar in het water, veroorzaakt door geoxideerd ijzer.

2.2. methode analyses

Het is belangrijk om een inschatting te kunnen maken van de (potentiële) fosfaatnalevering van het veen dat wordt ingebracht in de zandwinplas. Daarnaast is het belangrijk om het afbraakrisico van het veen in te schatten. De volgende analyses zijn uitgevoerd:

1. Het bepalen van de mogelijke fosfaatnalevering door middel van een drietal analyses van het veen:
 - Olsen-P bepaling (dit is het een maat voor het biologisch beschikbare fosfaat; dit kan wel enigszins vastzitten aan het bodemcomplex, maar kan worden gemobiliseerd door algen, planten, macrofauna en vissen). De Olsen-P beschikbaarheid is in drievoud bepaald van het materiaal dat gebruikt is voor het experiment en aanvullend in enkelvoud van een tweede veemonster dat in december 2009 is verzameld;
 - zoutextract (bepaling zuurgraad van het veen en de beschikbaarheid van mineraal stikstof in de vorm van ammonium en in mindere mate nitraat);
 - destructie (meet de totale hoeveelheid van verschillende elementen die invloed kunnen hebben op fosfaatnalevering). De totale samenstelling is bepaald van de bodems die in december zijn verzameld alsmede van de bodems die in februari zijn verzameld.
2. Het bepalen van de mogelijke fosfaatnalevering door analyse van het poriewater. De samenstelling van het poriewater van het veen geeft, in aanvulling op de analyses van het veen zelf, ook belangrijke informatie over het naleveringsrisico. Het poriewater is verzameld door met behulp van een ceramische cup vocht uit de bodem te zuigen. Dergelijke cups zijn geplaatst in de proefopstelling in het laboratorium, en in de zakken met bodem direct nadat ze uit het veld zijn verzameld. Door het creëren van onderdruk is het anaëroobe bodemvocht uit de bodem gezogen en opgevangen in een

plastic injectiespuit. De meekomende lucht is direct na het vollopen uit de spuit gedrukt, zodat de samenstelling van het nog anaërobe bodemvocht kon worden bepaald. Aan het bodemvocht zijn gemeten: pH, buffercapaciteit en gehalten aan Al, Ca, Fe, Mg, Mn, Si, Zn, S, P, NO₃, NH₄, K, Na, Cl en PO₄.

3. Het bepalen van het risico op afbraak van het veen. De naleveringsanalyses (onder 1 en 2), geven inzicht in de huidige beschikbaarheid van fosfaat in het veen en de mate waarin de bodem dit fosfaat vasthoudt. Echter, door (bacteriële) afbraak van het veen kan de voor nalevering beschikbare hoeveelheid fosfaat in potentie sterk toenemen. Veen bevat nu eenmaal veel fosfaat; zolang dit in het organisch materiaal opgesloten zit vormt het geen probleem, maar door afbraak komt het vrij.
 - om de nalevering van het gemalen veen te bepalen, is gedurende 12 weken een experiment uitgevoerd. Hierbij werd in glazen cilinders (diameter 15 cm, hoogte 60 cm) circa 5 cm bodem aangebracht uit de emmer die op 21 december was gevuld. Vervolgens werd er een kolom water van circa 10 centimeter boven op gezet, in drie kolommen gebiedseigen water en in drie kolommen gedemineraliseerd water. Het water werd zodanig opgezet dat er geen opwerveling van het bodemmateriaal plaatsvond. In de kolommen is een anaerobe situatie gecreëerd door continue doorborreling met gasvormig stikstof en afdekking van de bovenkant van de cilinders om diffusie van zuurstof te voorkomen. Het experiment heeft plaatsgevonden in een klimaatkamer met een temperatuur van 18°C;
 - twee weken na het inzetten van de proef heeft een eerste bemonstering plaatsgevonden. Hierbij werd circa 2 gram bodem uit de cilinders verzameld in capflesjes en vervolgens bij kamertemperatuur doorlucht met stikstof om een volledig anaerobe situatie te creëren. Om de afbraaksnelheid en het verloop hiervan binnen 1 dag te kunnen berekenen werd vervolgens op T=1, T=2, T=4 en T=6 de concentratie CO₂ en CH₄ gemeten. Deze bemonstering is vier en acht weken na het inzetten van de proef herhaald;
 - om een compleet beeld te geven is er zowel twee als acht weken na het inzetten van het experiment oppervlaktewater bemonsterd en geanalyseerd. Na acht weken is het experiment beëindigd en is er bodemvocht uit de bodems verzameld en geanalyseerd.
4. Analyses oppervlaktewater.
 - er is ook een oppervlaktewatermonster verzameld tijdens het nemen van de bodemmonsters. Dit is geanalyseerd op de volgende stoffen: Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S. Deze stoffen geven informatie over onder andere de potentiële invloed van het oppervlaktewater op de afbraak van het veen en de nalevering uit het veen.

3. RESULTATEN

3.1. Bodemsamenstelling

In totaal is op 7 verschillende plaatsen in de plas veen verzameld. Het gehalte organisch stof is zeer variabel en ligt tussen 18 en 88%. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat bij het wegschrappen van het veen een wisselende hoeveelheid van de zandige ondergrond is meegenomen. Toch is de macro-ionen samenstelling vrij constant (tabel 3.1). De belangrijkste elementen zijn aluminium, calcium, ijzer en zwavel. De verhouding tussen ijzer en zwavel is ongeveer 0,6; er is dus ongeveer 1,5 maal zo veel zwavel aanwezig in de bodem als ijzer. Dit vrij hoge gehalte aan zwavel is enerzijds ingebouwd aanwezig in organisch materiaal en anderzijds gebonden aan ijzer. Wanneer al het aanwezige zwavel uit de bodem vrij zou komen, zou dit onder zuurstofloze condities in de bodem weer kunnen binden als ijzer, als FeS_2 (pyriet) of als FeS . Omdat het zwavelgehalte vrij hoog is, zou daarmee vrijwel alle ijzer gebonden worden aan zwavel. Wanneer fosfaat vrij zou komen uit de bodem, wordt de kans groot dat dit fosfaat wordt nageleverd vanuit de bodem aan de waterlaag omdat het ijzer niet beschikbaar is voor binding. Op grond van de samenstelling van de bodem is de geschatte nalevering van fosfaat uit de veenbodem echter laag. Het totale gehalte aan fosfor is met 13 millimol per kilo droge bodem niet hoog. Uitgedrukt per liter bodem is deze gemiddeld zelfs beneden 3 millimol. Ter vergelijking; in heidebodems ligt deze waarde meest rond de 2 millimol per liter en in schraallanden tussen de 2 en 5 millimol per liter. De fosfaatarmoede van de bodem wordt bevestigd door de hoeveelheid voor planten beschikbaar fosfaat die middels een Olsen-extractie is gemeten. Deze is met 143 (135-150) respectievelijk 286 micromol per liter bodem eveneens laag en in het zelfde bereik als die van heidebodems.

tabel 3.1. Gemiddelde samenstelling van het vermalen veen in de plas, bepaald door middel van een destructie

	Org. Stof	Zuurgraad	Al	Ca	Fe	Mg	P	S	K	NO ₃	NH ₄	Fe/S
	(%)	pH	millimol per kilogram drooggewicht									
<i>Destructie</i>												
Bodem gemiddeld	54		98	288	117	36,0	13,2	204	8,1			0,63
Bodem st.afw.	27		19	83	29	9,7	3,3	68	1,6			0,26
<i>Zoutextract</i>			micromol per kilogram drooggewicht									
Uitstroom	18	5,66	56	39143	16	6372	1,1	3868	1479	205	236	0,004
Oever	68	5,15	277	96362	1917	17070	31	1209	5151	173	4474	1,586

Weergegeven is het gemiddelde en de standaardafwijking van 7 bodemonsters. Tevens zijn de resultaten van twee zoutextracten weergegeven, van een bodem die verzameld is bij de uitstroomopening van de pijp op 19 december en van opgehoopt veen in het ondiepe water bij de oever.

Vooraf om de mate van belasting met ammonium te bepalen zijn van twee monsters ook zoutextracten gemaakt. Er is een bodem geanalyseerd die vlakbij de uitstroomopening van de pijp verzameld is in december, toen het vullen van de plas nog volop in gang was ('uitstroom' in tabel 3.1). Deze bodem had slechts kort in de plas gelegen. Ook is een bodem geanalyseerd van het veen dat op was komen drijven en naar de kant gespoeld was ('oever' in tabel 3.1). Deze bodem had al wat langer in de plas gelegen. De bodems verschillen aanzienlijk in samenstelling. De bodem bij de uitstroomopening bevatte slechts 18% organisch materiaal, terwijl de aangespoelde bodem voor 68% uit organisch materiaal bestond. Dit hoge percentage organisch materiaal heeft het ook mogelijk gemaakt dat dit veen is gaan drijven, waarschijnlijk mede mogelijk gemaakt door gasproductie in het veen. De ammoniumconcentratie in het zoutextract is zeer hoog, meer dan 4 millimol per liter. Waarschijnlijk betreft het licht verzuurd veen, waar stikstof zich in de vorm van ammonium heeft kunnen ophopen. De pH is ook wat lager dan in het zandige veen bij de uitstroomopening. Een deel van het ammonium kan ook het gevolg zijn van decompositie en mineralisatie die is opgetreden na het aanbrengen in de plas. De redoxpotentiaal in het veen op de oever is waarschijnlijk veel lager dan in het veen bij de uitstroomopening. Gereduceerde verbindingen zijn dominant in het extract: ammonium, fosfaat en ijzer. In het veen bij de uitstroomope-

ning zijn geoxideerde verbindingen dominant: nitraat en sulfaat. Dit duidt er op dat dit veen nog niet de tijd heeft gehad om anaeroob te worden. Aanvankelijk wordt bij het aanbrengen dus vrij veel zwavel gemobiliseerd in de vorm van sulfaat. Dit kan alleen het gevolg zijn van oxidatie van pyriet of ijzersulfide. Wanneer het veen weer anaeroob wordt, is juist de ijzerconcentratie hoger dan de sulfaatconcentratie. De bij de pyrietoxidatie gevormde ijzerhydroxiden lossen dan weer op als gereduceerd, tweewaardig ijzer. Gezien de overmaat van ijzer, is het waarschijnlijk dat ook voor het aanbrengen al een deel van het ijzer als ijzerhydroxide aanwezig is geweest.

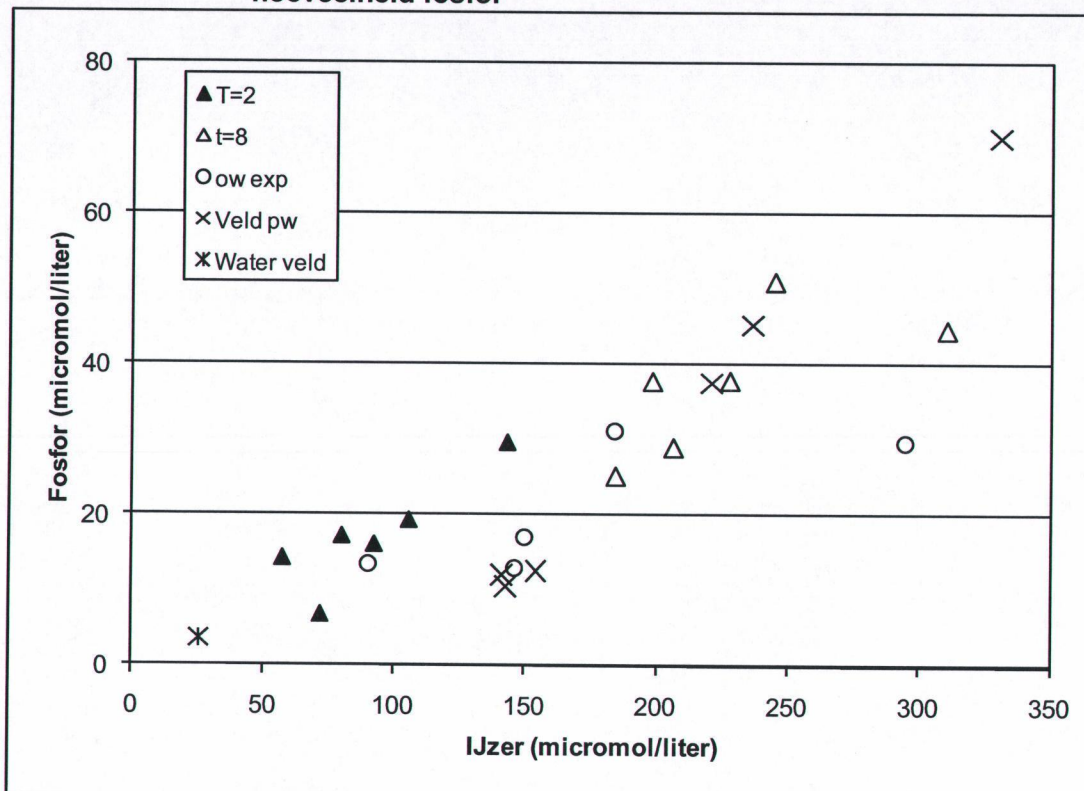
Samenvatten: het verpompen en inbrengen van het veen veroorzaakt tijdelijke aerobe condities die afbraak en het vrijkomen van stoffen door oxidatie veroorzaakt. Na een tijdje wordt het veen weer anaeroob en gaan reductieprocessen weer overheersen. De overmaat aan ijzer (ten opzichte van zwavel) is hierbij gunstig voor fosfaatbinding. De relatief hoge ammoniumconcentraties zijn naar verwachting tijdelijk en zullen door nitrificatie en denitrificatie afnemen. In een fosfaatgelimiteerde plas treden hierbij ook geen algenproblemen op.

In bijlage I staat een tabel met ruwe meetwaarden van analyses van de bodemsamenstelling.

3.2. Bodemvocht

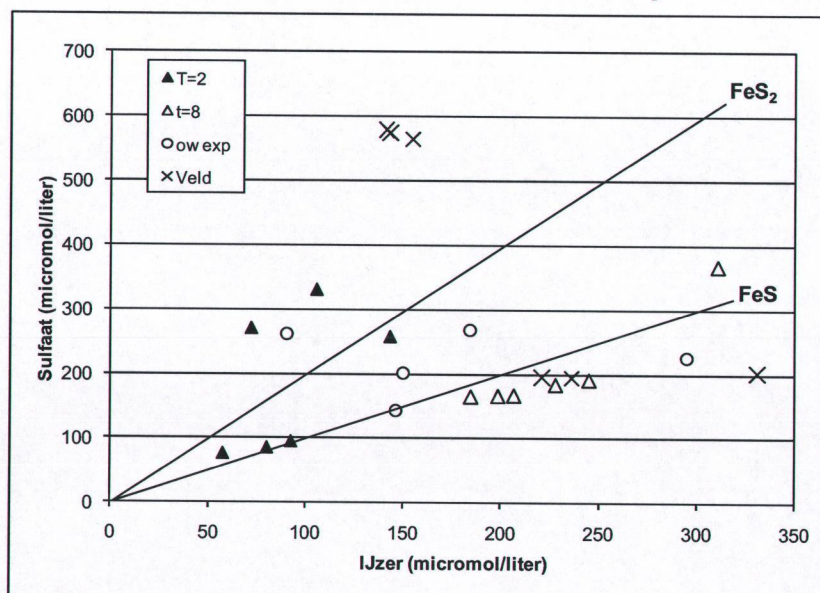
Er is bodemvocht verzameld tijdens het experiment en uit de veenmonsters die in het veld verzameld zijn. De samenstelling van dit bodemvocht wordt voornamelijk bepaald door de redoxstatus van het veen op het moment van monsternemen en in veel mindere mate door het verschil tussen de veldomstandigheden en de labomstandigheden. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de goede correlatie tussen de hoeveelheid opgelost ijzer en fosfor (figuur 3.2.1). Naarmate de redoxpotentiaal van de bodem daalt, verdwijnt eerst zuurstof en wordt vervolgens nitraat gereduceerd tot ammonium. In het bodemvocht is dan ook nauwelijks nitraat aanwezig. Daarna vindt reductie van mangaan en ijzer plaats. Dit gereduceerde ijzer kan veel minder goed fosfaat binden, waardoor eveneens fosfaat in oplossing gaat. Er gaat ongeveer 6 keer zo veel ijzer in oplossing als fosfaat. De grafiek laat duidelijk zien dat er gedurende de proef sprake is van een daling van de redoxpotentiaal; na 8 weken zijn de ijzer- en fosfaatconcentraties in het bodemvocht duidelijk opgelopen. De hoogste fosfaatconcentraties die bereikt worden, liggen rond de 50 micromol per liter (=1,5 milligram/liter), terwijl er dan meer dan 200 micromol (=10 milligram) ijzer per liter aanwezig is. Het ijzer dat in oplossing gaat, bestaat niet alleen uit ijzerhydroxiden (waaraan al of niet fosfaat gebonden is), maar ook uit ijzer-zwavel verbindingen. Het zwavel uit deze verbindingen komt juist vrij bij oxidatie. De zwavelconcentraties zijn dus juist naar verwachting hoog net na verstoring, dus bij het inbrengen van het veen in de plas en bij het inzetten van de proef. Dit blijkt ook wel uit de resultaten (figuur 3.2.2). In het begin van de proef is duidelijk meer zwavel aanwezig in het bodemvocht. In het veld is het meeste zwavel aanwezig in de bodems met het minste ijzer, dus bodems die nog geen zeer lage redoxpotentiaal bezitten. De concentratie is dan bijna 600 micromol per liter; nog altijd geen erg hoge concentratie. Aan het einde van de proef zijn de zwavelconcentraties over het algemeen lager, rond de 200 micromol, en is in alle replica's ongeveer even veel zwavel aanwezig als ijzer. Zwavel kan alleen uit het bodemvocht verdwijnen doordat het wordt vastgelegd aan ijzer. Bij het begin van de proef zijn ijzer-zwavel verbindingen geoxideerd, is het zwavel als sulfaat opgelost in het bodemvocht en is het ijzer neergeslagen als ijzerhydroxide. Aan het einde van de proef is dit ijzerhydroxide weer opgelost en is een deel van het ijzer weer neergeslagen met het sulfaat. Aangezien de verhoudingen tussen ijzer en zwavel in het bodemvocht dan ongeveer gelijk zijn, lijkt het waarschijnlijk dat er vooral FeS aanwezig was in het veen.

afbeelding 3.2.1. Correlatie tussen de hoeveelheid ijzer die in het bodemvocht is opgelost en de hoeveelheid fosfor



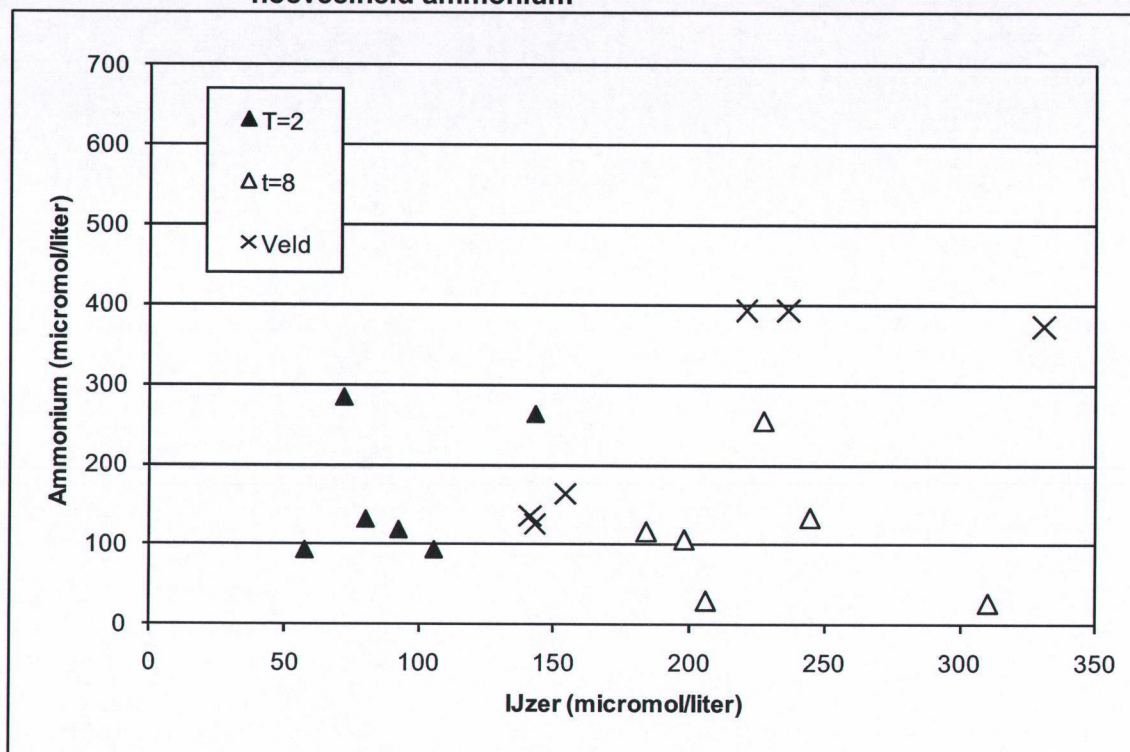
Weergegeven zijn data uit het experiment (na 2 en 8 weken en het bovenstaande oppervlaktewater), bodemvocht-data van bodems uit het veld (veld pw) en het watermonster in februari (water veld).

afbeelding 3.2.2. Correlatie tussen de hoeveelheid ijzer die in het bodemvocht is opgelost en de hoeveelheid zwavel, voornamelijk als sulfaat



In de grafiek zijn de lijnen weergegeven van een gelijke verhouding tussen beiden (FeS) en van 2x zo veel zwavel als ijzer (FeS₂, p riet).

afbeelding 3.2.3. Correlatie tussen de hoeveelheid ijzer die in het bodemvocht is opgelost en de hoeveelheid ammonium



De hoeveelheid opgelost ammonium vertoont geen duidelijke correlatie met de hoeveelheid opgelost ijzer (figuur 3.2.3). Bij een daling van de redoxpotentiaal gaat wel ijzer in oplossing, maar neemt de hoeveelheid opgelost ammonium niet toe. In het experiment blijven de concentraties vrij constant. Uit de gegevens is niet af te leiden in hoeverre er nu aanvoer van ammonium (uit mineralisatie) en afvoer (door nitrificatie) plaatsvindt.

In bijlage II staat een tabel met ruwe meetwaarden van analyses van het bodemvocht.

Samenvattend kan worden gesteld dat de samenstelling van het bodemvocht op het moment van meten niet ongunstig is. Er zit duidelijk meer ijzer in dan fosfaat, waardoor de nalevering van fosfaat aan de waterlaag beperkt zal zijn. Het lijkt er op dat tijdens het vermalen en transporteren van het veen pyriet is omgezet in sulfaat, maar dat dit sulfaat vrij snel weer wordt gereduceerd tot zwavel. Aangezien het om niet al te hoge hoeveelheden gaat, is de kans dat deze eenmalige sulfaatpiek tot interne eutrofiering leidt waarschijnlijk vrij beperkt. De hoeveelheid stikstof die vrijkomt is aanzienlijk, maar de concentraties blijven binnen de perken; maximaal 400 micromol ammonium, terwijl in slibbodems van eutrofe plassen vaak waarden van 1000 tot 3000 micromol worden gemeten.

3.3. Water in de plas

De buffercapaciteit van het water dat is bemonsterd in de plas bedraagt slechts 0,6 milli-equivalent per liter, waarmee er sprake is van zwak gebufferd water. Het sulfaatgehalte is 325 micromol per liter. Problemen met interne eutrofiering door sulfaatrijk water ontstaan meestal pas bij sulfaatconcentraties van meer dan 500 micromol per liter. Het water is dus ook niet erg sulfaatrijk. Bovendien is een deel van het gemeten sulfaat waarschijnlijk vrijgekomen uit het ingebrachte veen. De concentratie fosfor is 3,6 micromol per liter, waarvan de helft gemeten is als orthofosfaat. De waterlaag is dus nog vrij fosfaatarm. Bovendien bevat de waterlaag vrij veel ijzer, de verwachting is dat een deel van dit ijzer nog met fosfaat zal neerslaan. De ammoniumconcentratie is met 115 micromol per liter wel aan de hoge kant.

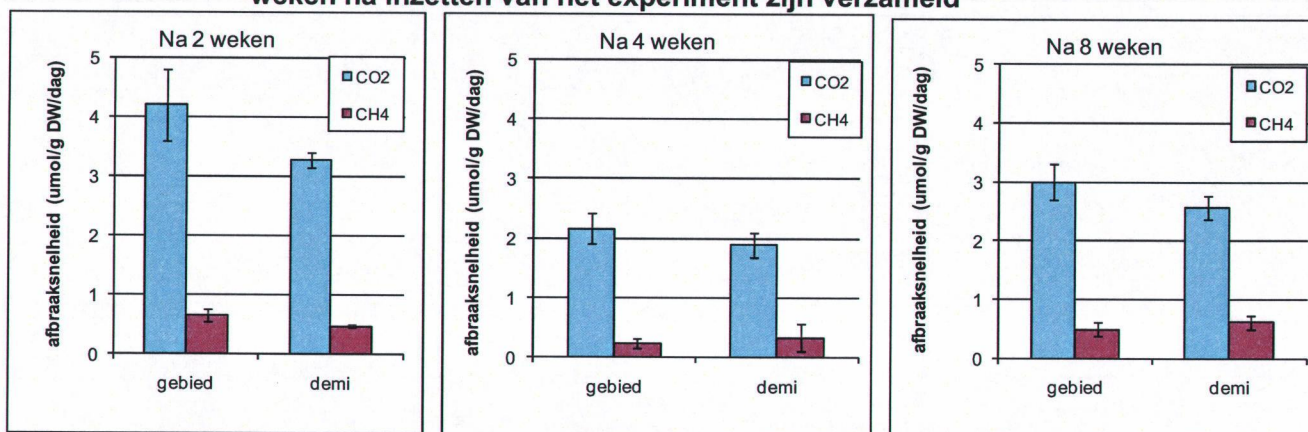
In bijlage II staat een tabel met ruwe meetwaarden van analyses van het water uit de plas.

Samenvattend: de samenstelling van het water ten tijde van bemonstering duidt op relatief gunstige omstandigheden. P en SO_4 zijn waarschijnlijk wat verhoogd door het inbrengen van het veen en zullen naar verwachting dalen. Het zwakgebufferde karakter is gunstig vanuit het oogpunt van afbraakrisico.

3.4. Veenafbraak

Er zijn op drie tijdstippen bodems verzameld uit het experiment, namelijk 2, 4 en 8 weken na inzetten. In deze bodems is vervolgens minstens 30 uur de productie van kooldioxide en methaan gemeten; de belangrijkste afbraakproducten van organisch materiaal. De hoogste afbraaksnelheden worden gemeten in het begin van het experiment (figuur 3.4.1.). In totaal wordt dan ongeveer 5 micromol koolstof per gram droge bodem per dag geproduceerd, voornamelijk in de vorm van kooldioxide. In de drie kolommen met schoon (gedemineraliseerd) water ligt de afbraaksnelheid gemiddeld iets lager.

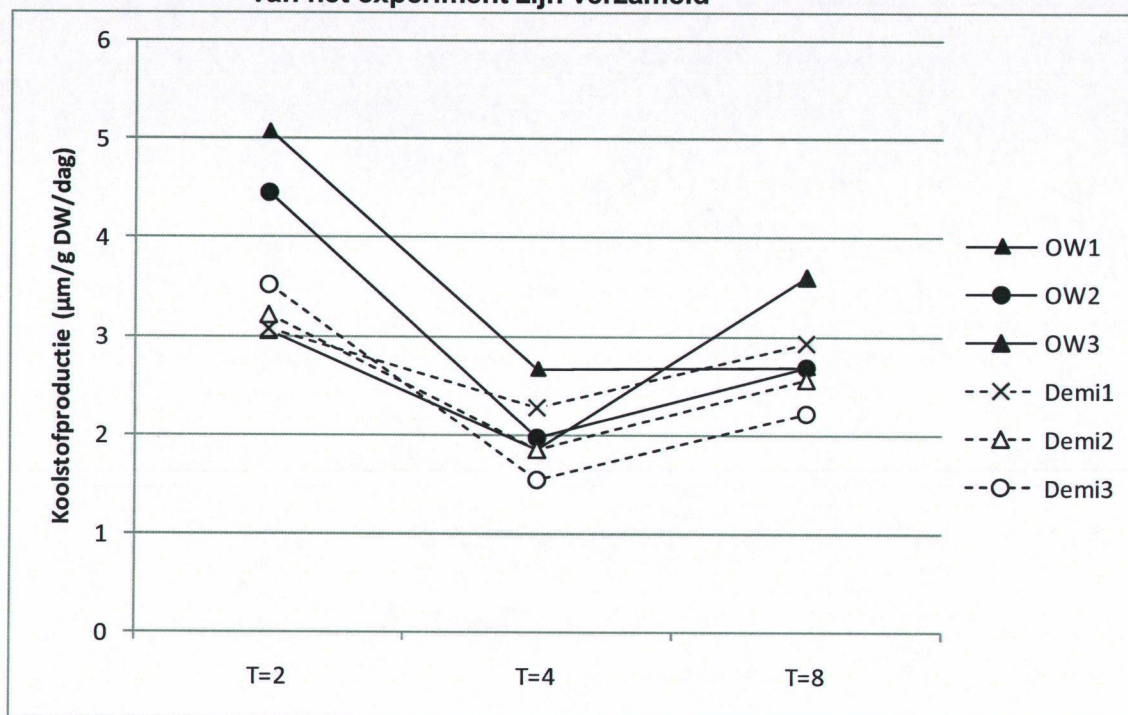
afbeelding 3.4.1. Productie van kooldioxide (CO_2) en methaan (CH_4) uit bodems die 2, 4 en 8 weken na inzetten van het experiment zijn verzameld



Weergegeven zijn de gemiddelden per tijdstip en de standaardafwijking van het gemiddelde. Gebied = met gebiedseigen water. Demi = met gedemineraliseerd water.

Na 4 weken is de productie van zowel kooldioxide als methaan ongeveer gehalveerd, en ook bij beide waterkwaliteiten. Na 8 weken is de productie van gasvormig koolstof weer licht opgelopen, ook dan weer voor zowel methaan als kooldioxide. Deze trend van een aanvankelijke daling en daarna weer een lichte stijging treedt in alle bodems op (afbeelding 3.4.2.). Wel moet worden opgemerkt dat net voor T=4 (rond Kerstmis) de waterstand in de kolommen heel laag is geweest, waardoor ondanks het doorborrelen met stikstof toch enig zuurstof in de bodem kan zijn doorgedrongen en door oxidatieprocessen de buffercapaciteit tijdelijk is teruggelopen. Hierdoor kan de afbraak tijdelijk zijn geremd.

afbeelding 3.4.2. Productie van kooldioxide (CO₂) uit bodems die 2, 4 en 8 weken na inzetten van het experiment zijn verzameld



Weergegeven zijn de waarden van alle replica's van beide behandelingen.

In een eerder experiment met veenbodem uit de Limmer Polder (Noord-Holland) werden in een natte veenbodem koolstofproducties gemeten van ongeveer 1 micromol per gram verse bodem per dag (Witteveen & Bos, 2006). Dat kwam ongeveer overeen met 5 micromol per gram droge bodem, een waarde die nagenoeg gelijk is als die in het begin van het experiment.

Recent zijn door B-ware 40 terrestrische veenbodems uit west Nederland getest op de afbraaksnelheid door deze nat en anaeroob te incuberen. Dit levert gemiddeld wat lagere waarden op; vrijwel altijd tussen 1 en 5 micromol per gram droge bodem per dag (B-ware, nog ongepubliceerde data). De afbraaksnelheden van de veenbodem in de plas zijn aanvankelijk dus aan de hoge kant, maar zakken daarna terug naar waarden zoals die ook gevonden worden in terrestrische veenbodems die goed nat zijn. Het vermalen van het veen heeft dus niet geleid tot een dramatisch hogere afbraaksnelheid. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de afbraaksnelheid in de toekomst nog op kan lopen, omdat bij anaerobe afbraak ook buffercapaciteit wordt gegenereerd. Bij een hogere buffercapaciteit kan de veenafbraak aanzienlijk sneller verlopen.

Samenvattend: De afbraaksnelheid van het veen lijkt op korte termijn mee te vallen (dus relatief gunstig), mede als gevolg van de gunstige watersamenstelling. Risico's op de langere termijn zijn gelegen in:

1. het genereren van buffercapaciteit bij anaerobe afbraak, hetgeen als katalysator voor verdere afbraak werkt (dit heft de zure omstandigheden op die de afbraak van nature remt);
2. in of externe aanvoer/mobilisatie van bicarbonaat of sulfaat.

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Naar aanleiding van de resultaten kan heel in het kort worden geconcludeerd dat het eutrofiëringrisico van de plas door het aangebrachte veen niet direct groot is. Op lange termijn kan het risico op fosfaataflevering wel groter worden door bijvoorbeeld aanvoer van sulfaatrijk water. In dit hoofdstuk zullen de korte termijnrisico's en lange termijnrisico's worden beschreven en de mogelijkheden om de lange termijnrisico's te beperken.

eutrofiëringrisico op korte termijn

Op korte termijn wordt de aflevering vooral bepaald door de hoeveelheid mobiel ijzer, zwavel, fosfor en stikstof dat in het veen aanwezig is. De hoeveelheid mobiliseerbaar stikstof is in 1 van de 2 gemeten bodems erg hoog. In de waterlaag wordt in februari ook een vrij hoog ammoniumgehalte gemeten. De verwachting is dat deze piek in ammoniumaflevering in de loop van het jaar af zal nemen. Ammonium wordt immers vrij snel omgezet in nitraat, wat vervolgens via denitrificatie uit het systeem kan verdwijnen. Na verloop van tijd zal de ammoniumaflevering uit het ingebrachte veen wegvallen in de ruis van overige ammoniumbronnen. Zo is de plas omgeven door bomen met stikstofrijke bladeren (wilgen, elzen) en zal bladval na verloop van tijd weer de dominante stikstofbron worden indien er geen verdere veenafbraak plaatsvindt. Vermoedelijk zal dit binnen een jaar al het geval zijn. In de vele aquariumproeven die door B-ware en de afdeling Aquatische Oecologie zijn uitgevoerd, is meer dan 80% van het beschikbare stikstof doorgaans na enkele maanden uit het bodemvocht en de waterlaag verdwenen.

De aflevering van fosfaat valt op de korte termijn erg mee. Dit blijkt al uit de niet al te hoge fosfaatconcentraties die in februari gemeten zijn. De ijzer:fosfaat ratio in de bodem is op korte termijn gunstig, waardoor het fosfaat in het bodemvocht niet naar de waterlaag kan ontsnappen. Wel kan in de diepe delen van de plas vooral in de zomer zuurstofloosheid optreden, waardoor zowel ijzer als fosfaat in dit anaerobe deel van de waterlaag zullen oplossen. Maar ook dan zal door de ijzerrijkdom van deze anaerobe laag weinig fosfaat naar het bovenstaande, zuurstofrijke water diffunderen.

eutrofiëringrisico op lange termijn

Op de lange termijn vindt ook veenafbraak plaats. Uitgaande van een afbraaksnelheid van koolstof van 2 micromol per gram per dag en een C:N verhouding van 15:1, wat ruwweg overeenkomt met 20 millimol per vierkante meter bodem per dag, wordt er ook 1,3 millimol N per vierkante meter per dag geproduceerd. Dit komt vrij in de vorm van ammonium. Er komt dan ongeveer 500 millimol ammonium vrij per jaar per vierkante meter. Stel dat de waterdiepte gemiddeld 3 meter is, dan betekent dat een concentratie van 170 micromol (= 3 milligram) ammonium per liter. Het grootste deel hiervan zal echter worden omgezet in gasvormig stikstof. De stikstofbelasting als gevolg van veenafbraak lijkt op de lange termijn dus mee te vallen. Bovendien zal de plas naar verwachting fosfaat- in plaats van stikstofgelimiteerd zijn.

Op de lange termijn bestaat er wel een risico op fosfaataflevering. De Fe:S ratio in het veen is 0,63 en dat is heel dicht bij de ratio van 0,5. Indien alle zwavel uit het organisch materiaal wordt gemobiliseerd (door afbraak), zal bij deze ratio alle ijzer in de vorm van pyriet aanwezig zijn en is er geen vrij ijzer meer over om fosfaat aan de bodem te binden. De aflevering van fosfaat aan de waterlaag kan dan exponentieel toenemen. Voorwaarde is wel dat vrijwel alle organisch materiaal wordt afgebroken. Gezien de niet sterk verhoogde afbraaksnelheid van het veen is dat op de kortere termijn nog niet het geval. Ook is de huidige watersamenstelling relatief gunstig te noemen. Deze afbraaksnelheid zal vooral toenemen indien de bovenstaande waterlaag rijk aan sulfaat en/of bicarbonaat wordt. Ook kan er bicarbonaat worden geproduceerd bij de anaerobe afbraak van het veen. Wanneer de afbraak van het veen eenmaal start kan dit een zelfversterkend proces zijn.

aanbevelingen

Het lange termijn risico bestaat dus vooral uit de mogelijkheid dat het veen af gaat breken, waarbij door de interne vorming van sulfaat en bicarbonaat een zichzelf versnellend proces zal ontstaan. Tot op ze-

kere hoogte is hier niets aan te doen; het is niet uit te sluiten dat dit proces zal gaan plaatsvinden nu er vermalen veen in een plas is aangebracht. Een factor die de kans op versnelde veenaafbraak kan beïnvloeden is de waterkwaliteit en deze is afhankelijk van de waterhuishouding van de plas. Om het risico van versnelde veenaafbraak op de langere termijn te verkleinen, verdient het aanbeveling om de concentraties sulfaat en bicarbonaat in de plas zo klein mogelijk te houden. De plas is momenteel losgekoppeld van de boezem, maar zal op een zeker moment weer worden aangesloten (mededeling Bart de Haan). Dit boezemwater bevat veel meer sulfaat en bicarbonaat dan regenwater en de hoeveelheid in te laten boezemwater moet daarom zo veel mogelijk worden beperkt. Zo kan er bijvoorbeeld voor worden gekozen om alleen tijdens lage waterpeilen in de zomer water in te laten. Op een gemiddelde waterkolom van enkele meters wordt de ingelaten waterlaag van enkele decimeters dan voldoende verdund om de kans op veenaafbraak klein te houden.

Een ander risico dat bestaat, is dat het ingebrachte veen, dat is gaan drijven of gaat drijven, op de oevers aanspoelt en hier uitdroogt. Tijdens de monsternamen is al waargenomen dat er veen op de oevers lag. Door uitdroging van het veen kan veel zwavel worden gemobiliseerd (het slecht oplosbare sulfide oxideert tot het zeer goed oplosbare sulfaat) dat bij hogere waterstanden weer kan oplossen in het water en vervolgens in diepere delen van de plas kan zorgen voor interne eutrofiëring. Dit probleem kan bijvoorbeeld worden opgelost door het veen terug te plaatsen van de oevers in het water.

nieuwe kansen?

Het inbrengen van het veen biedt mogelijk ook kansen voor de ontwikkeling van waardevolle (semi-) aquatische vegetaties. Allereerst leidt het aanbrengen van het veen tot een verondieping, waardoor er meer licht tot op de bodem doordringt en wortelende waterplanten dus meer kans krijgen. Op dit moment was de diepte in het midden van de plas nog groter dan 4 meter en te diep voor de ontwikkeling van wortelende waterplanten, maar tot een tiental meter uit de oeverzone bestaat de mogelijkheid al wel. Ten tweede leidt de veenaafbraak tot een verhoogde concentratie kooldioxide in de waterlaag. Bij de huidige buffercapaciteit van 0,6 milli-equivalent per liter is de groei van waterplanten, die bicarbonaat als koolstofbron gebruiken, namelijk niet mogelijk en zijn ondergedoken waterplanten aangewezen op kooldioxide. In grote, diepe plassen is deze concentratie doorgaans erg laag. Een verhoging van de CO₂ concentratie biedt dus meer mogelijkheden voor ondergedoken waterplanten en vooral voor karakteristieke soorten van zwak gebufferde wateren. Dat kunnen bijvoorbeeld blaasjeskruiden of glanswieren (Nitella soorten) zijn. Een derde mogelijkheid is dat het veen door gasproductie (CH₄ op langere termijn, de productie van dit gas werd nu ook al waargenomen tijdens de proef) deels gaat opdrijven en dat zich hieruit drijftillen gaan ontwikkelen. De kans op deze ontwikkeling is het grootst in luwe, ondiepe delen van de plas. Ook kan er drijftilontwikkeling vanaf de waterkant optreden. Deze drijftillen zijn volledig nat met uitzondering van de bovenste 5 tot 10 cm. Uitdroging van deze toplaag zal geen risico vormen voor de waterkwaliteit van de gehele plas.

ontwikkelingen volgen

In verband met de lange termijnrisico's op eutrofiëring, raden we aan om de ontwikkelingen in de plas in de eerste jaren intensief te volgen. We raden aan om eens in de twee weken of eens in de vier weken vanaf de oever en vanuit een bootje waarnemingen te doen.

- het is hierbij belangrijk om het opdrijven van veen bij te houden en of er veen op de oevers verzamelt en of dit veen gaat uitdrogen. Op basis van deze observaties kunnen de voorgestelde maatregelen uit de paragraaf 'aanbevelingen' eventueel worden genomen;
- daarnaast is het belangrijk om te kijken naar ontwikkeling van vegetatie in de plas en op de oeverzone. Ontwikkeling van vegetatie kan een goede waterkwaliteit stabiliseren. Overvloedige ontwikkeling van vegetatie zoals dikke matten van kranswieren of waterpest kan wel zorgen voor negatieve effecten wanneer deze afsterven en hierdoor nutriënten vrijkomen in de waterlaag;
- het bekijken van de veenbodem kan door middel van het nemen van een aantal boormonsters. Wanneer het veen er nog intact uitziet geeft dit aan dat het veen niet aan het afbreken is. Wanneer de veenbodem verandert in slib, is dit een teken van afbraak van de veenbodem.

Door de ontwikkelingen te volgen kunnen nieuwe kansen optimaal worden benut en bij negatieve ontwikkelingen kan mogelijk nog worden bijgestuurd. Het inbrengen van tamelijk voedselarm veen in een zandwinplas is een interessant experiment dat mogelijk navolging verdient in andere plassen.

verondiepingen op andere locaties

De methode die in dit onderzoek is gebruikt voor de analyse van het effect van het verondiepen op de waterkwaliteit van de plas, kan op andere locaties ook gebruikt worden. De uitkomsten van de analyse voor de Kooiplas kunnen niet direct vertaald worden naar andere locaties. Dit is niet mogelijk omdat de samenstelling van het veen (het in te brengen materiaal) en de samenstelling van het water verschillend zijn voor elke locatie en dit nu juist de belangrijkste gegevens zijn voor een goede analyse. De gebruikte methode kan echter wel direct worden toegepast op andere locaties waar wordt overwogen een plas te verondiepen.

5. LITERATUUR

Witteveen & Bos, 2006. Peilexperiment Groot Limmer Polder, integraal eindrapport. Witteveen & Bos en Onderzoekcentrum B-ware. In opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

BIJLAGE I Samenstelling van het veen in de plas

Samenstelling van het veen in de plas, verzameld op 21 december (oever, uitstroom en op 5 februari (onder ijs).

Bodem	Vocht (%)	kg dw/l	fractie OS	Destructie $\mu\text{mol/kg DW}$			
				Al	Ca	Fe	Mg
Uitstroom pijp	50,55	0,59	0,18	78247	192922	116021	26271
Oever	84,62	0,15	0,66	141091	353541	163839	42217
Oever duplo	84,50	0,15	0,68	124860	330493	151137	37480
Oever triplo	85,24	0,14	0,69	130915	346543	162613	39182
Plas onder ijs 1	88,33	0,12	0,49	96531	305501	81777	37188
Plas onder ijs 2	65,89	0,37	0,19	79318	152784	88705	19022
Plas onder ijs 3	87,94	0,12	0,73	113217	379638	152304	44257
Plas onder ijs 4	92,65	0,07	0,88	86683	331935	108237	41877
Plas onder ijs 5	88,72	0,12	0,64	99834	312366	110896	44103
Destructie $\mu\text{mol/kg DW}$							
Bodem	Mn	Na	P	S	Si	Zn	K
Uitstroom pijp	2749	3557	11055	147499	10245	372	
Oever	3821	9449	15955	247262	9696	774	
Oever duplo	3345	7651	15184	232184	8246	773	
Oever triplo	3506	8607	16192	242867	10121	799	
Plas onder ijs 1	2062	8704	11255	208133	11979	439	7463
Plas onder ijs 2	1528	0	7515	78257	10859	298	5616
Plas onder ijs 3	3627	8430	16441	276690	13221	830	9509
Plas onder ijs 4	2896	13398	15342	234894	11919	760	8546
Plas onder ijs 5	3394	11560	15307	241827	15835	800	9391

BIJLAGE II

Resultaten van de metingen aan het bodemvocht en de waterlaag in het experiment, op t=2 (21-12-2009) en t=8 (5-2-2010).

	NO3	NH4	PO4	K	Na	Cl	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	P	S
t=2	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l
t	160	285	2	254	1.032	1.505	42	532	72	272	145	1.000	7	270
Kooiw21-12 02	4	264	21	220	1.006	1.551	15	646	143	236	162	991	30	257
Kooiw21-12 03	174	94	9	214	1.071	1.661	18	648	106	230	176	1.063	19	330
Kooiw21-12 04	1	119	11	121	364	541	18	162	93	119	84	323	16	95
Kooiw21-12 05	-	94	11	138	407	618	14	518	57	145	106	375	14	76
Kooiw21-12 06	-	132	14	109	357	581	17	350	80	113	78	332	17	85
Kooiweg 5-2-2010 + end														
Kooiw5-2+end 01	4	117	15	227	1.171	1.976	31	773	184	298	198	1.257	25	165
Kooiw5-2+end 02	2	255	36	224	1.120	1.925	33	909	228	293	194	1.223	38	184
Kooiw5-2+end 03	2	28	41	301	1.630	3.266	40	1.466	310	405	350	1.926	45	368
Kooiw5-2+end 04	3	134	51	172	546	948	38	933	245	216	199	592	51	191
Kooiw5-2+end 05	4	31	18	151	497	785	35	768	206	189	155	514	29	167
Kooiw5-2+end 06	3	107	26	128	470	752	40	730	198	163	159	515	38	166
waterlaag1							69	681	91	289	177	1.508	13	262
Waterlaag2							66	757	184	282	174	1.489	31	269
Waterlaag3							53	918	295	237	219	906	30	226
Waterlaag4							48	630	150	166	128	706	17	201
Waterlaag5							46	526	146	128	114	722	13	143