

Bodemkundige aspecten van bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde
beekdalgraslanden in De Plateaux en Zijdebrug

Als opdrachtgever heeft het Expertise Centrum LNV financiële middelen verstrekt voor de uitvoering van dit onderzoek.

Bodemkundige aspecten van bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden in De Plateaux en Zijdebrug

**R.H. Kemmers
S.P.J. van Delft**

Alterra-rapport 585

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003

REFERAAT

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, 2003. *Bodemkundige aspecten van bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden in De Plateaux en Zijdebrug*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 585. 60 blz. 20 fig.; 3 tab.; 17 ref.

In de natuurgebieden Zijdebrug en de Plateaux zijn vloeivelden al langere tijd operationeel ter bestrijding van verzuring van schraalgraslanden. De bodemkundige toestand van bevoeide en onbevoeide percelen is vergeleken door beschrijvingen van het humusprofiel en chemische analyses van de vaste en vloeibare fase van de bodem. Met het chemische evenwichtsmodel ECOSAT konden geen effecten van bevoeiing op de basen en fosfaattoestand worden vastgesteld. In bevoeide en onbevoeide percelen bevatten bodems voldoende ijzeroxiden om onder natte omstandigheden via reductie een hoge Ca-verzadiging te realiseren. In vrijwel alle gevallen wordt ook pyriet aangetroffen in de bodem, waardoor extra alkaliniteit aanwezig is. Bevoeide en onbevoeide percelen vertonen geen verschil in de fosfaatbeschikbaarheid in de bodem. Bij overmaat van ijzer ten opzichte van sulfaat is de kans op eutrofiering door bevoeiing gering.

Trefwoorden: Verzuring, bevoeiing, natte schraalgraslanden, humusprofielen, landevaluatie, ijzer, pyriet, fosfaat, reductie.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 585. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Uitgangssituatie	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Materiaal en methode	15
2.2.1 Locaties	15
2.2.1.1 De Plateaux	15
2.2.1.2 Zijdebrug	18
2.2.2 Humusprofielbeschrijvingen	21
2.2.3 Bemonstering	23
2.2.3.1 Chemisch	23
2.2.3.2 Bodemvochtgehalte	24
2.3 Resultaten en discussie	25
2.3.1 Humusprofielen	25
2.3.1.1 De Plateaux	25
2.3.1.2 Zijdebrug	27
2.3.2 Analyseresultaten	29
2.3.2.1 Vloeibare fase bodem	30
2.3.2.2 Vaste fase bodem	30
3 Bodemchemische evaluatie met ECOSAT	33
3.1 Inleiding	33
3.2 Definitie van de systemen	33
3.3 Calibratie en verificatie	35
3.4 Resultaten en discussie	35
3.4.1 Calibratie	35
3.4.2 Zijdebrug	36
3.4.3 De Plateaux	39
4 Conclusies	41
Literatuur	43
<i>Aanhangsels</i>	
1 Verklaring coderingen in profielbeschrijvingen	45
2 Profielbeschrijvingen	51
3 Chemische analyses	59
4 ECOSAT berekening standplaats Zb12-OmM	61

Woord vooraf

Effectgerichte maatregelen ter bestrijding van verzuring en verdroging van schraalgraslanden blijken niet altijd even effectief te zijn. Een van de oorzaken is dat vooral hydrologische maatregelen vaak moeilijk zijn te realiseren. Deze maatregelen beogen juist de aanvoer van baserijk grondwater naar de wortelzone te stimuleren. Uit onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur komen aanwijzingen naar voren dat de aanwezigheid van voldoende ijzer in het bodemprofiel een belangrijke randvoorwaarde vormt voor herstel van de basentoestand. Vermoed wordt dat op veel plaatsen gedurende de afgelopen halve eeuw de bodem van kwelgebieden ontijzerd is geraakt waar kwel is omgeslagen naar infiltratie door verlaging van regionale drainage basis.

In 2000 is onder auspiciën van OBN-deskundigenteam Natte Schraallanden onderzoek gestart waarin zal worden onderzocht in hoeverre de oude praktijk van bevloeiing met oppervlaktewater als herstelmaatregel perspectief biedt. Oppervlakte water zou zeker als het slibhoudend is niet alleen calcium kunnen aanvoeren maar ook ijzer. Om dit te onderzoeken zijn door de Universiteit Groningen een aantal natuurterreinen geselecteerd waar de oude bevloeiingspraktijk in ere is of zal worden hersteld. Het onderzoek kent verschillende facetten: hydrologische, vegetatiekundige, plantenfysiologische (bemesting) en bodemkundige.

Het bodemkundige deel wordt door Alterra uitgevoerd. Dit project bestudeert de waterkwaliteitsaspecten in relatie tot de basensamenstelling van de bodem als abiotische randvoorwaarde voor de vegetatie. In Alterra rapport 196 is in 2001 reeds gerapporteerd over de bodemkundige aspecten van vloeivelden in het Reestdal en de Westbroekse zodge. Naar analogie van het eerste rapport wordt in het huidige rapport de bodemkundige toestand beschreven van de vloeivelden in de natuurgebieden 'De Plateaux' (Natuurmonumenten) en 'Zijdebrug' (Staatsbosbeheer). In een afzonderlijke rapportage worden de resultaten beschreven van monitoringonderzoek in de vier genoemde terreinen in combinatie met meer procesmatig gericht onderzoek naar effecten van inundatie op de mobilisatie van nutriënten.

Tijdens het onderzoek waar dit rapport verslag van doet werd samengewerkt met het Lab. voor Plantenoecologie van de RUG, het KIWA en het adviesbureau Giesen & Geurts, dat zorg heeft gedragen voor de chemische analyses. Voor deze samenwerking zijn wij hen allen zeer erkentelijk. Wij danken de beide terreinbeherende instanties voor de toestemming hun terreinen te betreden en een aantal metingen te verrichten.

Samenvatting

Achtergrond

Ondanks hydrologische maatregelen gericht op herstel van basenrijke kwel, blijft zowel in de pleistocene beekdalen als in de veenweidegebieden herstel van de oorspronkelijke vegetatie in verzuurde schraalgraslanden soms achterwege. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het ijzergehalte in de bodem te laag is. Uit onderzoek van Kemmers et al. (2000) is gebleken dat ijzer en zwavel via reductieprocessen een belangrijke rol spelen bij de realisering van een hoge basenverzadiging van verzuurde gronden. Een oplossing zou kunnen zijn de verzuring te bestrijden middels bevloeiing door basen- en ijzerrijk oppervlaktewater over de verzuurde en verdroogde vegetatie te laten stromen. Het succes van deze maatregel is waarschijnlijk afhankelijk van de kwaliteit van het oppervlaktewater en de lokale standplaatscondities. Ongewenste neveneffecten zoals interne eutrofiering moeten worden voorkomen.

Doelstelling en aanpak

In het kader van OBN is door het deskundigenteam natte schraalgraslanden een project opgestart (Grootjans et al., 2001) waarbij in een viertal reservaatgebieden de ecologische effecten onderzocht worden van bevloeiing om verzuring en verdroging te bestrijden: Plateaux (N.Br), Reestdal (Dr/Ov), Westbroekse zodden (Ut) en Zijdebrug (ZH). In dit rapport wordt een beschrijving gegeven van de bodemkundige toestand van bevoeide en onbevoeide percelen in 'De Plateaux' in Noord-Brabant en in 'Zijdebrug' in Zuid-Holland. Het humusprofiel van de bodem is beschreven en bemonsterd op een aantal chemische componenten. De chemische analyseresultaten zijn gebruikt om een chemisch evenwichtsmodel te calibreren waarmee effecten van bevloeiing op de basentoestand zijn geëvalueerd.

Bodemkundige toestand

De Plateaux is een natuurgebied op de overgang van de droge zandgronden van het Kempisch plateau naar het vochtige beekdal van de Dommel. De ondergrond bestaat uit een pakket van enkele meters dekzand. Hierin zijn veldpodzolgronden tot ontwikkeling gekomen. De vloeivelden maken deel uit van een complex vloeivelden die na 1850 zijn aangelegd. Hiervoor werd maaswater aangevoerd. Na de tweede Wereldoorlog is dit systeem in verval geraakt. Sinds 1984 heeft Natuurmonumenten een deel van de vloeivelden hersteld.

Het bodemkundig onderzoek werd uitgevoerd in een onbevoeid en een bevoeid perceel. Op beide percelen zijn laarpodzolen (cHn) met een ca. 35 cm dikke anthropogene eerdlaag aangetroffen. De eerdlaag vertoont sporen van ontijzering door uitspoeling. In beide profielen komt bovenin de eerdlaag een 4 tot 7 cm dikke laag voor waarin dode wortels zijn geaccumuleerd. In het niet bevoeide profiel is de pH bovenin het profiel lager dan bij het bevoeide. Bij het bevoeide profiel is de pH in de bovengrond ongeveer 5,5 en in de diepere lagen ca 5. Dit is erg hoog voor een podzolprofiel. Hieruit blijkt dat door bevloeiing en infiltratie met het kalkrijk maaswater de zuurbuffer vergroot is ten opzichte van de natuurlijke waarden. Beide

humusprofielen worden gerekend tot de *wormhydromullmoders*, wijzend op vochtig tot natte omstandigheden met een betrekkelijk snelle omzetting van organische stof door een gunstige pH.

In Zijdebrug zijn alle profielen ontwikkeld in bosveen. In de bovenste 40 cm is dit grotendeels veraard (Oh-horizont). Over het algemeen komen koopveengronden voor met een afdekkende laag van ongeveer 20 cm venige klei. Plaatselijk is deze kleilaag afgegraven en is er sprake van vlierveengronden met een bovengrond van kleiig veen. Bij alle profielen komt enige vorm van accumulatie van organische stof in de vorm van wortelmatten voor. Bij de blanco profielen is de dikte van de wortelmatten groter dan bij de bevloaide profielen. De pH aan maaiveld is overal ongeveer 4 en neemt dan toe tot 5,8 op ongeveer 50 cm – mv. Een effect van bevloeiing op de pH is niet duidelijk waar te nemen. Alle profielen behoren tot de *bekeerdmoders*. Op basis van de wortelmatten die overal voorkomen worden ze tot de *schralse fase* van deze subgroep gerekend.

Bodemchemische eigenschappen

In vrijwel alle beschreven profielen zijn 2 lagen bemonsterd. Deze monsters zijn door middel van vacuümfiltratie gescheiden in een vaste en een vloeibare fase. Van beide fasen zijn bodemchemische variabelen geanalyseerd die informatie verstrekken over de basentoestand, de fosfaattoestand, het 'actief' ijzergehalte en het voorkomen van pyriet. Het blijkt dat in de vloeibare fase van alle monsters een vrij hoog aandeel Rijnwater (RHLOB) aanwezig is. Dit geeft aan dat de waterkwaliteit sterk door het oppervlaktewater wordt beïnvloed. Er is geen wezenlijk verschil aanwezig in het bodemvocht van de bevloaide en onbevloaide bodemhorizonten.

In de vaste fase is een tendens aanwezig dat de bevloaide percelen in de Plateaux en in Zijdebrug een iets hogere calciumverzadiging (ca 50%) en pH hebben dan de onbevloaide percelen. Van de onbevloaide percelen wordt de hoogste basentoestand aangetroffen in de Plateaux, gevolgd door Zijdebrug. In de Plateaux zijn de fosfaatgehalten ($P_{ox} < 10$ mmol/kg) en de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem laag (5-10%). In Zijdebrug komen matig hoge fosfaatgehalten ($10 < P_{ox} < 15$ mmol/kg) voor, maar is de fosfaatverzadigingsgraad (<5%) zeer laag, omdat de fosfaatadsorptiecapaciteit zeer groot is.

In alle bemonsterde horizonten wordt pyriet aangetroffen. In de Plateaux zijn de pyrietgehalten zeer laag. Er is slechts een zeer geringe fractie van het ijzer als pyriet vastgelegd. In Zijdebrug komen zeer hoge gehalten actief ijzer voor, terwijl de fractie ijzer die als pyriet is vastgelegd varieert. Op plaatsen met een kleidek is de fractie zeer laag, maar neemt met de diepte in sterk veraarde horizonten toe tot 40%. De absolute pyrietgehalten zijn in deze veraarde horizonten hoog.

Modellering van processen

Met het model ECOSAT kunnen evenwichtsreacties, redoxreacties en ionenwisseling tussen verschillende chemische componenten in een bodem-water-systeem worden berekend. Daarmee is inzicht verkregen welke chemische componenten en processen de basen- en nutriëntentoestand van de bodem controleren. De nutriëntentoestand is daarbij slechts in beschouwing genomen voorzover het evenwichtsreacties betreft voor de oplosbaarheid van ijzer-, calcium- of aluminiumfosfaten.

We zijn ervan uitgegaan dat de pH onder aërobe omstandigheden uitsluitend wordt gebufferd door ionenwisseling en door aluminium- en ijzeroxiden in de bodem. Onder anaërobe omstandigheden treden reductieprocessen op waardoor ijzeroxiden worden gereduceerd. Dit is een zuurconsumerend proces, waarbij H^+ ionen uit de oplossing kunnen verdwijnen, de pH stijgt en pH-afhankelijke evenwichten gaan verschuiven. Afhankelijk van de voorraad ijzer in de bodem zal dit proces doorgaan totdat alle ijzeroxiden zijn gereduceerd. Aansluitend kan sulfaat worden gereduceerd, hetgeen ook een zuurconsumerend proces is. Daarbij wordt pyriet gevormd (FeS_2). Een van de belangrijkste consequenties van de pH stijging door reductie is dat zuurionen van het adsorptiecomplex in oplossing komen en worden vervangen door Ca^{2+} . De basenverzadiging stijgt hierdoor. Redoxprocessen zullen niet alleen de basentoestand beïnvloeden maar ook de fosfaatbeschikbaarheid controleren.

De volgende componenten zijn bij de modellering in beschouwing genomen: H^+ , Ca^{2+} , CO_3^{2-} , Fe^{3+} , OH^- , SO_4^{2-} , Al^{3+} , PO_4^{3-} en e^- . Door combinatie van componenten ontstaan ionspecies zoals, HCO_3^- uit H^+ en CO_3^{2-} of Fe^{2+} uit Fe^{3+} en e^- etc. Als mineralen die in het systeem kunnen voorkomen hebben wij die mineralen geselecteerd die een belangrijke rol spelen bij de zuurbuffering: gibbsiet ($Al(OH)_3$), goethiet ($Fe(OH)_3$), sideriet ($FeCO_3$), pyriet (FeS_2). Ook zijn de fosfaat-zouten strengiet, vivianiet en varisciet in beschouwing genomen. Wij hebben verder verondersteld dat alleen de componenten H^+ en Ca^{2+} door het adsorptiecomplex kunnen worden gebonden en elkaar via ionenwisseling kunnen verdringen.

Het model is gecalibreerd door de berekende Ca-bezetting en pH te vergelijken met de gemeten waarden. Daarbij is het Al-totaalgehalte als calibratieparameter gebruikt, door dit gehalte net zolang aan te passen totdat de berekende pH en de Ca-bezetting overeenstemden met de meetwaarden. Bij de berekening werd de redoxpotentiaal (pe) gevarieerd. De gebruikte procedure leidt tot een goede voorspelling van de pH en de Ca-verzadiging. Het model is niet betrouwbaar gebleken voor reacties waarbij aluminium is betrokken.

Evaluatie van effecten

Uit de modevaluatie blijkt dat zowel in de bevoeide als de onbevoeide percelen van Zijdebrug ruim voldoende ijzeroxide aanwezig is om via reductie een hoge calciumverzadiging (60-80%) te kunnen bereiken. Dit geldt zowel voor de veengronden zonder als voor de gronden met kleidek. Plaatselijk is er tevens veel sulfaat in het systeem aanwezig en dan wordt slechts een gedeelte van het goethiet gereduceerd en levert sulfaatreductie aanvullende alkaliniteit. In dat geval wordt het beschikbaar gekomen Fe^{2+} vastgelegd als pyriet, waarvan hoge gehalten kunnen ontstaan. Onder aerobe omstandigheden wordt het gevormde pyriet weer geoxideerd waarbij zuurionen beschikbaar komen en Ca^{2+} -ionen weer van het adsorptiecomplex verdringen. Afhankelijk van de zuurbuffer kan de pH hierdoor 's zomers dalen. Het gevolg is dat op de standplaats sterke fluctuaties in zuurgraad gedurende het jaar kunnen voorkomen. Uit de modevaluatie bleek tevens dat de fosfaatconcentraties in het bodemvocht niet gecontroleerd worden door de oplosbaarheid van Fe(III)-P-zouten (strengiet). Bij lage sulfaatgehalten wordt al het goethiet gereduceerd en wordt slechts een gedeelte van het Fe^{2+} als pyriet vastgelegd. De Fe^{2+} concentraties stijgen daardoor tot een waarde waarbij in aanwezigheid van fosfaat vivianiet (Fe(II)-P-zout)

kan neerslaan. In dat geval dalen de fosfaatconcentraties onder sterk reducerende omstandigheden. Op basis van de bodemchemische evaluatie kan worden geconcludeerd dat bevoeiing in Zijdebrug geen invloed lijkt te hebben op de basen- en fosfaattoestand van de bodem en dat bij overmaat van ijzer ten opzichte van sulfaat de kans op eutrofiering klein is door vorming van Fe(II)-P-zouten.

In de Plateaux worden ijzeroxiden zowel in de bevoeide als in de onbevoeide percelen slechts gedeeltelijk gereduceerd vanwege de hoge pH-waarden onder aerobe omstandigheden. De Ca-verzadiging loopt onder reducerende omstandigheden op tot een waarde van 70 à 80%. Er vindt enige pyrietvorming plaats, maar geen vorming van fosfaatzouten. De ijzergehalten van beide typen percelen zijn niet verschillend. Er vindt in geen van de percelen vorming van fosfaatzouten plaats. De conclusie is dat bevoeiing in de Plateaux geen invloed heeft gehad op de basen- en fosfaattoestand van de bodem. Waarschijnlijk heeft het onbevoeide perceel door bevoeiing in het verleden reeds eerder een hoge basenstatus verkregen.

1 Inleiding

Probleemstelling

Sinds 1990 wordt in het kader van OBN in bloemrijke hooilanden en natte schraalgraslanden onderzocht hoe effecten van verzuring en verdroging kunnen worden hersteld. Zowel in de pleistocene beekdalen als in de veenweidegebieden blijft herstel van de oorspronkelijke vegetatie vaak achterwege omdat hydrologische maatregelen gericht op herstel van basenrijke kwel niet mogelijk zijn (Jansen et al., 1997; Van Delft en Kemmers, 1998). Er blijft veelal een gesloten vegetatie van grassoorten bestaan met een wortelmat waarin veel dood organisch (wortel)materiaal is geaccumuleerd. Het is onduidelijk welke mechanismen hiervoor verantwoordelijk zijn: 1) ontijzering van de bovenste humushorizonten, waardoor ijzerreductie als belangrijk zuurconsumerend proces een hoge basenstatus onmogelijk maakt (Kemmers et al., 2000); 2) kaliumgebrek door uitspoeling (Duren & van Andel, 1997), 3) sulfidetoxiciteit en indirecte eutrofiëring als gevolg van sulfaatreductie in aangevoerd oppervlaktewater (Lamers et al., 1998).

Uit onderzoek van Kemmers et al. (2000) is gebleken dat ijzer en zwavel via reductieprocessen een belangrijke rol spelen bij de realisering van een hoge basenverzadiging van verzuurde gronden. Een oplossing zou kunnen zijn de verzuring te bestrijden middels bevloeiing door basen- en ijzerrijk oppervlaktewater over de verzuurde en verdroogde vegetatie te laten stromen. Het succes van deze maatregel is waarschijnlijk afhankelijk van de kwaliteit van het oppervlaktewater (nutrienten, sulfaat, ijzer) en de locale standplaatscondities. Denkbaar is dat door directe of indirecte werking overstroming met oppervlakte water leidt tot ongewenste eutrofiëring (Boxman & Stortelder, 2000). Bestrijding van verzuring en verdroging door overstroming met oppervlaktewater is dus geen autonome maatregel; bij een verkeerde combinatie van maatregelen kan aan de bestaande vegetatie extra schade worden aangericht.

Bij dergelijke herstelmaatregelen tegen verzuring en verdroging zal dus kritisch gekeken moeten worden naar de samenstelling van het overstromingswater in relatie tot de bodemkundige condities en de mogelijke ongewenste neveneffecten van directe of indirecte eutrofiëring.

Achtergrond

In het verleden werd veelvuldig het systeem van bevloeiing toegepast waarmee een verhoging van de bodemvruchtbaarheid van madelanden werd beoogd door aanvoer van slib (Burny, 1999; Baayens et al., 2001). Daarbij werd niet alleen slib maar ook basenrijk water, ijzermineralen en kalium aangevoerd.

Recent staat overstroming van (boezem- en made)graslanden hernieuwd in de maatschappelijke belangstelling met als doel water tijdelijk te kunnen bergen tijdens piekafvoeren in neerslagrijke perioden en daarmee tevens een buffer op te bouwen voor drogere perioden. Interessant is de vraag of een dergelijk beleid tevens kan

worden benut om verdroging en verzuring van natuurgebieden te bestrijden. Bestrijding van verzuring zou aldus meegekoppeld kunnen worden via de maatschappelijke wens natuurgebieden te gebruiken voor tijdelijke berging van water. De kwaliteit van het hedendaagse oppervlaktewater wijkt echter sterk af van de oorspronkelijke kwaliteit. Het is daarom onduidelijk of deze win-win-strategie niet tot ongewenste neveneffecten in schraalgraslanden leidt in de vorm van eutrofiëring en aanvoer van toxische stoffen.

In het kader van OBN is door het deskundigenteam natte schraalgraslanden een project opgestart (Grootjans et al., 2001) waarin de ecologische effecten onderzocht worden van een viertal reservaatgebieden waar gebruik gemaakt wordt van bevoeiing om verzuring en verdroging te bestrijden: Plateaux (N.Br), Reestdal (Dr/Ov), Westbroekse zodden (Ut) en Zijdebrug (ZH).

Projectdoelstelling

In dit rapport wordt een beschrijving gegeven van de bodemkundige uitgangstoestand in 'De Plateaux' in Noord-Brabant en 'Zijdebrug' in Zuid-Holland. Daartoe is een nauwkeurige beschrijving gemaakt van het humusprofiel van de bodem om gericht per horizont de bodem te kunnen bemonsteren op een aantal chemische componenten. De chemische analyseresultaten worden gebruikt om een chemisch evenwichtsmodel te calibreren waarmee vervolgens effecten van bevoeiing op de basentoestand worden geëvalueerd. Uit veldkenmerken van het humusprofiel kan daarbij informatie worden herleid over de verzuringstoestand in de uitgangssituatie.

2 Uitgangssituatie

2.1 Inleiding

Om de uitgangssituatie vast te leggen zijn in de beide terreinen beschrijvingen gemaakt van het bodem- en humusprofiel en zijn bodem- en watermonsters genomen. Tevens zijn metingen verricht om de redoxpotentiaal en het vochtgehalte van de grond te bepalen. Deze gegevens worden gebruikt om door middel van een modelstudie een voorspelling te kunnen doen van de te verwachten veranderingen in de basenverzadiging als gevolg van de bevoeiing (zie Hoofdstuk 3). Tevens kunnen deze gegevens gebruikt worden om veranderingen in bodemchemie en humusprofielontwikkeling te monitoren.

In dit hoofdstuk geven we een beschrijving van de uitgangssituatie. De terreinen worden kort beschreven in paragraaf 2.2.1. In paragraaf 2.2.2 beschrijven we de methoden die gebruikt zijn om de profielbeschrijvingen te maken en de uitgevoerde bemonstering. De resultaten komen aan de orde in paragraaf 2.3, waarbij eerst de humusprofielen beschreven worden (2.3.1) en vervolgens de analyseresultaten van de bemonstering (2.3.2).

2.2 Materiaal en methode

2.2.1 Locaties

2.2.1.1 De Plateaux

Beschrijving

De Plateaux is een natuurgebied op de overgang van de droge zandgronden van het Kempisch plateau naar het vochtige beekdal van de Dommel. Het ligt aan de grens met België aan de weg van Valkenswaard naar Lommel en vormt één geheel met het Belgische natuurgebied Hageven (zie figuur 1). Het gebied bestaat uit bos, heide, vloeivelden en landbouwgrond. De ondergrond bestaat uit grove zanden van de Formatie van Sterksel, waar overheen een pakket van enkele meters dekzand is afgezet (Stiboka 1968). Hierin zijn veldpodzolgronden tot ontwikkeling gekomen. De vloeivelden liggen op ca 36 meter boven NAP en ca 5 meter hoger dan het Dommeldal dat zo'n 1200 meter zuidoostelijk van de vloeivelden ligt.



Figuur 1 Ligging van het vloeiveldencomplex in De Plateaux.

De vloeivelden maken deel uit van een complex vloeivelden van enkele honderden hectaren die vanuit het Belgische dorp De Kolonie zijn aangelegd (Van Esch 2001, mondelinge mededeling W. Anthonis). Ze zijn na 1850 aangelegd om hooi te telen voor paarden. Hiervoor werd maaswater aangevoerd via het Schelde-Maaskanaal, waardoor het mogelijk was op deze droge gronden hooi te verbouwen. Via een ingewikkeld stelsel van stuwtes, sluzen en sleuven in het land (zoefjes) wordt het water verdeeld over het land. Na de tweede Wereldoorlog is dit systeem in verval geraakt. Sinds 1984 heeft Natuurmonumenten een deel van de vloeivelden hersteld, waardoor de soortenrijke vegetatie met onder andere duizenden exemplaren van de

Herfsttijloos behouden is gebleven. De bevoeiingsmethode is gebaseerd op de methode zoals die vroeger werd gebruikt, en aangepast aan de huidige doelstelling. Vroeger was het doel een hoge productie hooi van een goede kwaliteit. Nu gaat het vooral om het bevorderen van een soortenrijke vegetatie, met veel zeldzame soorten. De bevoeiing draagt daar op verschillende manieren aan bij, door de aanvoer van kalkrijk water, de aanvoer van zaden en periodieke inundatie waardoor met name Zegge-soorten bevoordeeld worden ten opzichte van grassen. Aan het eind van de winter wordt gedurende 4 weken aaneengesloten het kalkrijke maaswater over het land geleid. Omdat de percelen van nature niet geheel vlak liggen, is dit een precies werk. Door een subtiel spel, met de stand van stuwtjes en het graven en dempen van zoefjes draagt de beheerder zorg voor een gelijkmatige verdeling van het water. Het water uit het kanaal wordt via een aanvoersloot ingelaten in greppels van waaruit het via zoefjes over het perceel wordt geleid. Aan de andere kant van het perceel wordt het dan weer opgevangen in een afvoergreppel en weggeleid naar een afvoersloot, om elders in het gebied verder te worden gebruikt. In figuur 2 is een overzicht van een bevoeid perceel te zien, waarbij het stelsel van greppels en zoefjes is geaccentueerd.



Figuur 2 Overzicht over vloeivelden met aan- en afvoergreppels en zoefjes. De foto is genomen vanaf PLT06 naar het zuidwesten.

Ligging van de boorpunten

De profielbeschrijvingen en de bodemmonsters zijn genomen op 20 maart 2001. De ligging van de boorpunten is weergegeven in figuur 1. De boorpunten liggen bij pq's van KIWA en hebben dezelfde code als deze pq's. Het punt PLT06 ligt in een perceel (12) dat sinds 1984 jaarlijks wordt bevoeid. PLT12 ligt in een perceel (13) dat sinds decennia niet meer bevoeid wordt. Het geldt als blanco voor perceel 12

(PLT06). Tussen de percelen lopen aanvoergreppels, van waaruit mogelijk ook water infiltreert in de bodem.

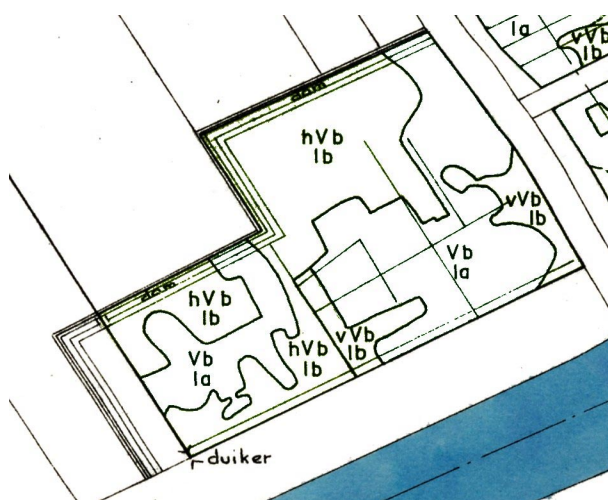
2.2.1.2 Zijdebrug

Beschrijving

Het schraallandreservaat Zijdebrug ligt binnendijs aan de boezemwatergang de Achterwaterschap in de Alblasserwaard, ca 2 km te zuiden van Streefkerk (Brongers en Van Leerdam 1997; zie figuur 3). De bevoeiing vindt plaats in het westelijke perceel (1a). Het terrein ligt in het Hollandse veengebied (Bannink en Pape 1968). De pleistocene ondergrond begint op ongeveer 12 m – mv. Hierboven komen kleiige en venige afzettingen voor die behoren tot het Holland-veen. Op dit bosveen is een laag van ca. 30 cm klei afgezet, die plaatselijk is afgegraven voor de aanleg en het onderhoud van dijken langs de Achterwaterschap. Door Bannink en Pape (1968) is een zeer gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkartering uitgevoerd (zie figuur 4). Door hen zijn drie bodemeenheden onderscheiden op grond van de dikte van het restant van de kleilaag. Binnen het perceel bestaat ongeveer de helft van de oppervlakte uit koopveengronden (hVb). Hierbij is de kleilaag nog grotendeels aanwezig. De rest van perceel bestaat voornamelijk uit vlierveengronden (Vb) die helemaal uit slibhoudend bosveen bestaan. Bij een klein deel van de vlierveengronden komt in de bovengrond kleiig veen voor (vVb). Het reliëf binnen het perceel volgt ongeveer de verdeling van deze bodemeenheden. Dit komt ook tot uiting in de grondwatertrappen.



Figuur 3 Ligging van schraallandreservaat Zijdebrug.

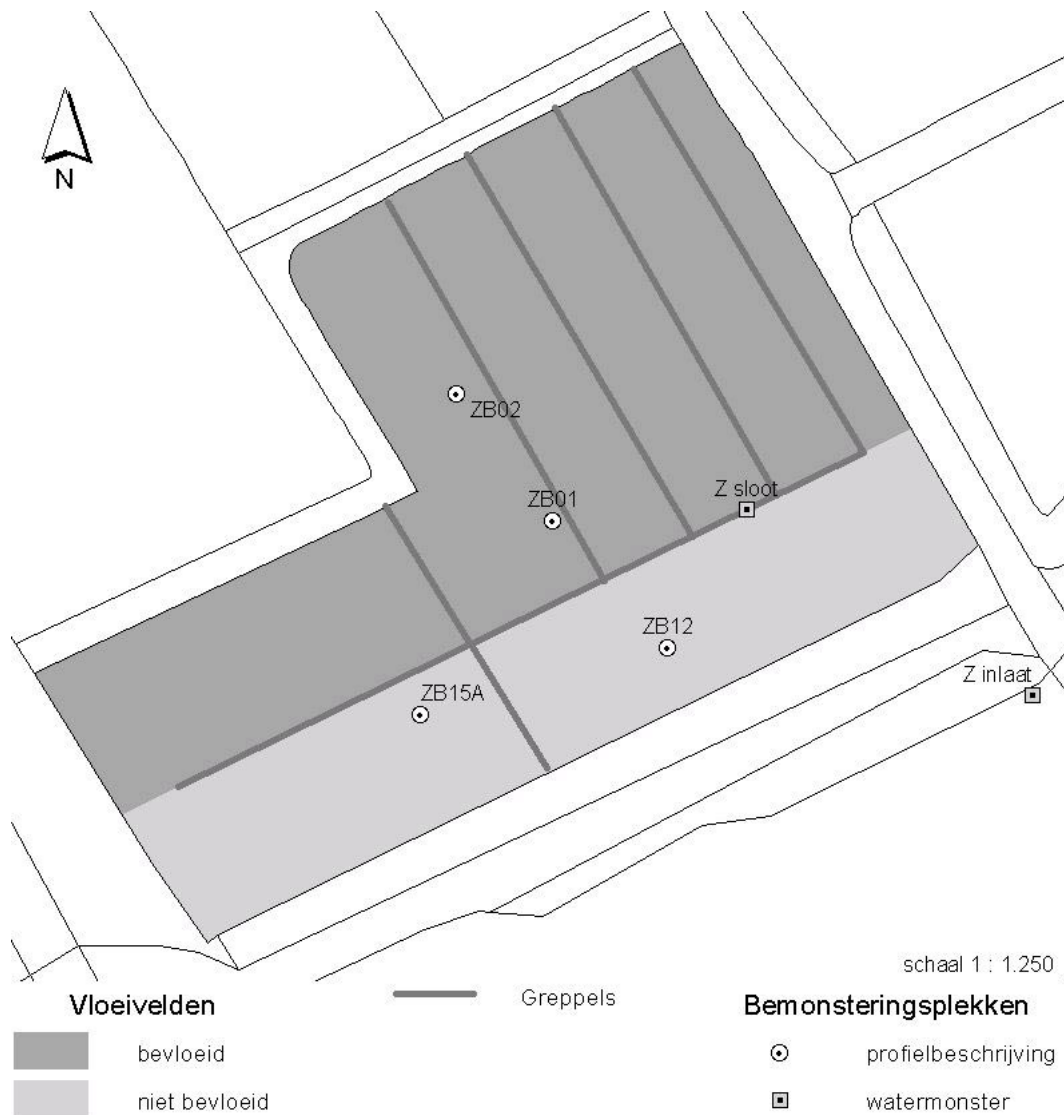


Figuur 4 Bodemkaart van Zijdebrug, perceel 1a (naar Bannink en Pape 1968).

Legenda

- bodem**
- hVb koopveengrond: 15-40 cm venige klei op bosveen
 - wb vierveengrond: bovengrond van kleilig veen op bosveen
 - Vb vierveengrond: bosveen
- grondwatertrap**
- la GHG = 0-25 cm - mv. GLG < 35 cm - mv.
 - lb GHG = 0-25 cm - mv. GLG = 35 - 50 cm - mv.

schaal 1 : 2500



Figuur 5 Ligging van het vloeiveld en bemonsteringsplekken in Zijdebrug.

Het grondwaterstandsverloop wordt beïnvloed door het peil van de boezem ten zuiden van het perceel (Achterwaterschap), dat ongeveer een meter hoger ligt dan in perceel 1a en door het oppervlaktewaterpeil in het omliggende landbouwgebied, dat afhankelijk van het seizoen 10 tot 25 cm lager ligt (Brongers en Van Leerdam 1997). Regionale kwel is nauwelijks van invloed op het grondwater in Zijdebrug. Er is wel sprake van kwelinvloed vanuit de boezem, die afneemt met de afstand tot de boezem. Aan de rand van het perceel worden de grondwaterstanden beïnvloed door de randsloten. Deze invloed neemt op korte afstand al sterk af. Op enige afstand van de randsloten neemt de fluctuatie van de grondwaterstand onder invloed van neerslag en verdamping dan ook sterk toe. Omdat de kwelinvloed niet overal tot in het maaiveld reikt vindt infiltratie van regenwater plaats, waardoor een regenwaterlens is ontstaan. Dit komt ook tot uiting in het voorkomen van Veenmos met hoge bedekkingen. Deze regenwaterlens komt niet tot uiting in pH-metingen van het ondiepe grondwater (filterdiepte 20-30 cm), maar wel uit metingen van de

pH in de bovengrond. In de vegetatie komen zowel basenminnende soorten als zuurindicatoren door elkaar voor. In de lage terreingedeelten komen kleine zeggenvegetaties voor met veel Moerasstruisgras en Waternavel. Hier is de neerslaginvloed het grootst. Op de wat hogere terreindelen komen schraallandvegetaties voor met veel Blauwe zegge en Spaanse ruiter met Gewone dotterbloem. Ook hier heeft oppervlakkige verzuring plaatsgevonden, waardoor veel Veenmos voor komt. In de droogste terreindelen neemt het aandeel van Pijpestrootje toe ten kostte van Blauwe zegge en Spaanse ruiter. Gewone dotterbloem ontbreekt hier vrijwel geheel.

De verzuring in het reservaat wordt bestreden in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN). Het noordelijk deel van het perceel wordt vanuit de randsloot bevoeid, terwijl het andere deel als blanco geldt (zie figuur 5). Een randsloot langs de zuidrand is gedempt.

Ligging van de boorpunten

In Zijdebrug hebben we 4 profielen beschreven, 2 in het bevoeide deel en 2 in het niet bevoeide deel. Binnen elk deel van het perceel is een profiel in een koopveengrond (hVb) en een profiel in een vlierveengrond (Vb) beschreven. De ligging van de boorpunten is weergegeven in figuur 5. De boorpunten liggen bij pq's van KIWA. In het bevoeide deel ligt ZB01 op een vlierveengrond en ZB02 op een koopveengrond (zie figuur 4). In het niet bevoeide deel ligt ZB12 op een vlierveengrond en ZB15A op een koopveengrond. De profielbeschrijvingen en de bodemonsters zijn genomen op 29 mei 2001.

2.2.2 Humusprofielbeschrijvingen

De humusprofielen zijn beschreven door met een humushapper een deel van het profiel uit te steken en de kenmerken hiervan te beschrijven. Voor een humusprofielbeschrijving wordt het profiel beschreven tot 40 cm – mv. Om de rest van het profiel te kunnen beoordelen hebben we het profiel verder uitgeboord. De maximale boringsdiepte was 100 cm – mv. in Zijdebrug en 150 cm – mv. in De Plateaux.

Voor meer achtergrondinformatie bij de beschrijving van humusprofielen en de classificatie van humusvormen verwijzen we naar de betreffende literatuur: (Green et al. 1993, Van Delft 2001, Kemmers en De Waal, 1999, Kemmers et al. 2001).

De profielbeschrijvingen bestaan uit een algemeen gedeelte en de informatie per laag. In het algemene gedeelte staat informatie over de locatie. Tevens worden hier gegevens over het profiel samengevat. De meeste van deze gegevens spreken voor zich. In aanhangsel 1 worden ze kort toegelicht.

Bij de profielbeschrijvingen hebben we de volgende kenmerken van de horizonten gemeten of geschat:

- typering van de horizont, op grond van moedermateriaal en bodemvorming. Dit komt tot uiting in de Horizontcode (zie tabel 1)
- begin- en einddiepte van de horizont
- vorm en afmeting van de grens
- organische stof gehalte
- aard van de organische stof of de veensoort
- textuur (% lutum, % leem en zandgrofheid)
- pH van een aantal horizonten, bepaald met indicatorstrookjes
- kalkklasse
- geologische formatie
- structuurtype
- dichtheid, dikte en oriëntatie van aanwezige horizonten

Voor een efficiënte en consequente opname van deze kenmerken is gebruik gemaakt van coderingen die verklaard worden in aanhangsel 1. De profielbeschrijvingen zijn opgenomen in aanhangsel 2 en worden besproken in paragraaf 2.3.1.

Op basis van de diktes van verschillende horizonten hebben we bepaald bij welke humusvorm het profiel gerekend moet worden. In het rapport “Ecologische typering van bodems; Deel 2 Humusvormtypologie korte vegetaties” (Van Delft 2001) wordt een humusvormclassificatie voor korte vegetaties besproken. De benaming voor de hier besproken humusprofielen is gebaseerd op deze humusvormclassificatie.

Tabel 1 Codering van de horizonen in het Reestdal en de Westbroekse Zodden.

Code	Toevoeging	Omschrijving
S	-	jonge veenmoslaag, zowel op veenprofielen, als bij minerale profielen
M	-	wortelmateriaal
	f	matten van onverteerde dode wortelresten
	m	gedeeltelijk verteerde wortelresten
	h	sterk verteerde wortelresten
OM	-	overgangshorizont tussen O- en M-horizont (> 30 % humus)
	f, m, h	zie onder M
O	-	veen (moerige laag)
	f	onverweerd veen
	m	verweerd veen
	h	eutroof veraard veen
	g	anaëroob veraard mesotroof veen (gyttja)
	d	anaëroob oligotroof veraard veen (gliede)
OA		moerige horizont (15 – 30% organische stof) die ontstaan is door oxidatie van veen waarbij het residu niet meer dan 30 % organische stof bevat
AMh	-	overgangshorizont tussen een A- en een M-horizont, ontstaan door accumulatie van wortels in een minerale A-horizont (< 30 % humus)
Ah	-	gehumificeerd organisch materiaal dat door dierlijke activiteit (bioturbatie) vermengd is met de minerale ondergrond
	e	idem met uitlogingskenmerken (micropodzol)
	g	idem met gleyverschijnselen
E	-	Ontijzerde en uitgelogde horizont
B	-	Horizont met ijzer- en humusinspoeling
BC		minerale C horizont met inspoeling van humus (overgang van een B naar een C horizont)
C		minerale horizont zonder kenmerken van bodemvorming
	gc	ijzerrijke horizont (geoxideerd)
	r	gereduceerde horizont

2.2.3 Bemonstering

2.2.3.1 Chemisch

In alle beschreven profielen zijn 2 lagen bemonsterd, behalve in ZB02 en ZB15A, waar maar één laag is bemonsterd. Deze monsters zijn door middel van vacuümfiltratie gescheiden in een vaste en een vloeibare fase. Aan de monsters van de Plateaux kon onvoldoende bodemvocht worden onttrokken voor analyses van de vochtfase. De volgende analyses zijn uitgevoerd:

Vaste fase

- pH-KCl (potentiometrisch)
- organische stof gehalte (Gloeiverlies)
- actief Al (oxalaat extraheerbaar Al)
- Fe-totaal (met Koningswater extraheerbaar Fe)
- Pyriet (HNO₃ extractie na verwijdering van Na₃-EDTA-oplosbare sulfaten en jarosiet)
- Uitwisselbaar Ca, Mg, K, Na, Fe, H (Bascomb, pH 8.1)
- P-oxalaat (oxalaat extraheerbaar P)

Vloeibare fase

- pH, EGV
- Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+}
- SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-

De analyses zijn uitgevoerd door het bureau 'Giesen & Geurts Biologische projecten' te Ulft. De gebruikte analysemethoden zijn beschreven in een rapport (Giesen & Geurts, 2001). De resultaten worden besproken in paragraaf 2.3.2.1.

Ionenwisseling

Uit de analysegegevens van de vaste en vloeibare fase zijn omwisselconstanten voor ionenwisseling berekend. Daarbij is de omwisseling van H^+ en Ca^{2+} in beschouwing genomen. De omwisseling van een- en tweewaardige ionen wordt uitgedrukt in de zgn Gaponcoefficient (K_G):

$$K_G = (H_s) * ([\text{Mn}^{2+}]^{0.5} / (\text{Mn}_s) * [\text{H}^+])$$

Waarbij: $\text{Mn}^{2+} = \text{Ca}^{2+}$ (mol.l⁻¹)
 $\text{Mn}_s = \text{Ca}_s$ (cmol⁺.kg⁻¹)

Omdat het effect van ijzer op het omwisselingsgedrag verwaarloosbaar bleek, (Kemmers en Van Delft, 2001) is in tegenstelling tot het onderzoek in het Reestdal en de Westbroekse zode geen nader onderscheid gemaakt tussen ijzer- en calciumionen.

Afgeleide variabelen

Uit de analysegegevens zijn een aantal bodemvariabelen afgeleid:

- Potentiële $\text{CEC}_{\text{pH}=8.1}$: Som uitwisselbare basen en waterstof bij $\text{pH}=8.1$
- Ca-verzadiging: $\text{Ca-uitw.} / \text{Potentiële CEC}$
- Fe-oxalaat (amorfe i.e. actieve ijzeroxiden): $0.7272 * \text{Fe-totaal}$ (Kemmers, 1999)

Voor berekeningen met het model ECOSAT is de 'bodemconcentratie' (soil/solution ratio) nodig. Hiertoe is gebruik gemaakt van het volumepercentage vocht (dm^3 vocht/ dm^3 grond) dat bij bemonstering met TDR-metingen is bepaald in combinatie met de bulkdichtheid (kg droge grond/ dm^3 grond). De bulkdichtheid (Bd) is daarbij herleid uit de relatie (Kemmers et al., 2001) met het organisch stofgehalte (Os): $\text{Bd} = 0.364 \text{LnOs} + 1.52$ ($r^2=0.84$).

De analysesresultaten van bodemvocht zijn bewerkt met het model MAION (Van Wirdum, 1991), waarmee als afgeleide variabelen de ionenratio (IR) en het percentage verwantschap met enkele referentiewatertypen is berekend.

2.2.3.2 Bodemvochtgehalte

Tijdens de bemonstering is het bodemvochtgehalte bepaald met behulp van TDR-metingen (Time Domain Refractometry, Topp et al., 1980).

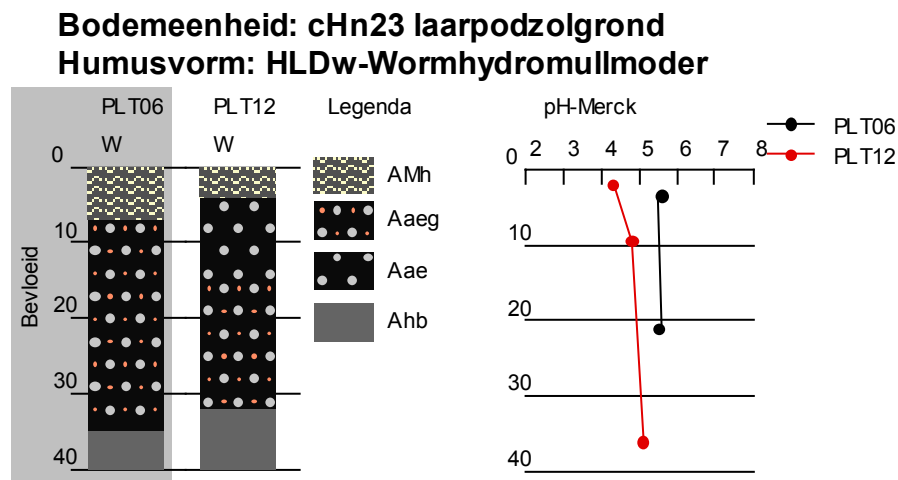
2.3 Resultaten en discussie

2.3.1 Humusprofielen

De profielbeschrijvingen zijn opgenomen in aanhangsel 2. In de volgende paragrafen bespreken we deze profielen per terrein. Een schematische weergave van de humusprofielen in beide terreinen is opgenomen in figuur 6 en 8.

2.3.1.1 De Plateaux

De profielen in De Plateaux zijn ontwikkeld in het bovenste dekzandpakket (zie 2.2.1.1). Omdat het terrein relatief hoog ligt zijn hierin veldpodzolgronden (Hn) tot ontwikkeling gekomen. In de bovenste 30 à 35 cm is door bemesting en grondbewerking in het verleden een antropogeen beïnvloede minerale eerdlaag (Aa-horizont) ontstaan (zie figuur 6). Volgens de bodemclassificatie van Nederland (De Bakker en Schelling 1989) is dit een laarpodzolgrond (cHn). Hieronder bevindt zich nog het oorspronkelijke podzolprofiel. De eerdlaag bestaat uit sterk lemig zeer- en matig fijn zand (M50 ca 150 μ). Het onderliggende dekzand is zwak tot sterk lemig. De eerdlaag vertoont sporen van ontijzering door uitspoeling. Dit blijkt uit het voorkomen van loodzand. Bij het bevoeide profiel (PLT06) komen door de hele eerdlaag ook wat roestvlekjes voor, als gevolg van periodieke inundatie. Bij het niet bevoeide profiel (PLT12) is dat pas het geval vanaf 15 cm – mv.

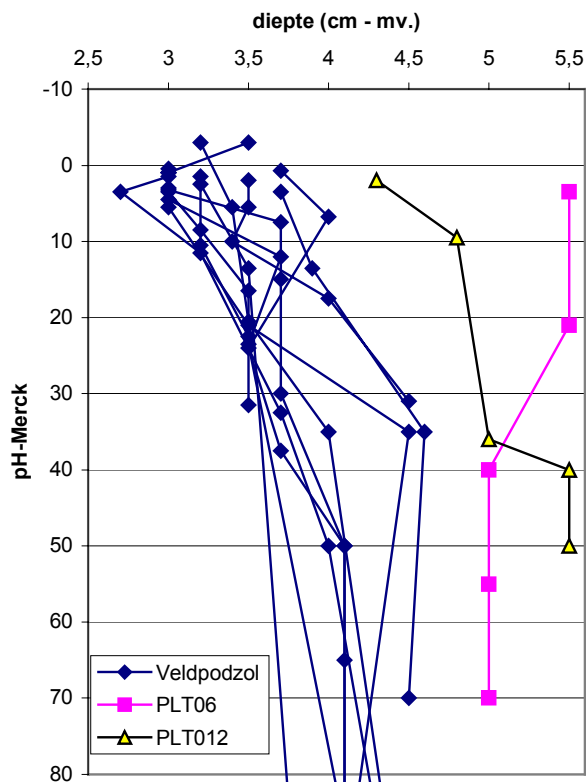


Figuur 6 Schematische weergave en pH-profielen van de humusprofielen in De Plateaux.

In beide profielen komt bovenin de eerdlaag een 4 tot 7 cm dikke AMh-horizont voor. Dit is een overgang tussen een A- en een M-horizont en is het gevolg van enige accumulatie van dode wortels bovenin het profiel. Homogenisatie door bodemfauna vindt wel plaats. We hebben in beide profielen regenwormen aangetroffen. Hoewel deze laag in beide profielen als AMh-horizont beoordeeld is, heeft de wortelmat bij de blanco (PLT12) een dichtere pakking dan in het bevoeide profiel (PLT06). Dit

wijst op een sterkere accumulatie van organische stof die bij verdere verzuring tot de vorming van een M-horizont kan leiden.

In het pH-profiel is een duidelijk verschil te zien tussen het bevoeide profiel (PLT06) en de blanco (PLT12). Bij het bevoeide profiel is de pH (bepaald met indicatorstaafjes, deze komen ongeveer overeen met pH-KCl) in de bovengrond ongeveer 5,5 en in de diepere lagen ca 5. Dit is erg hoog voor een podzolprofiel in een natuurterrein en moet toegeschreven worden aan de bevoeiing. In het niet bevoeide profiel is de pH bovenin het profiel lager dan bij het bevoeide. Hier zal na het stopzetten van de bevoeiing de zuurbuffer door uitspoeling zijn afgenomen. Vanaf 40 cm – mv. worden hier juist weer hogere waarden gemeten. Dit is waarschijnlijk een gevolg van zijdelingse infiltratie van kalkrijk water vanuit de aan- en afvoergreppels. De pH-profielen voor beide boorpunten hebben we in figuur 7 vergeleken met 11 andere profielen in veld- en laarpodzolgronden in natuurterreinen. Deze waarden liggen allemaal lager dan in De Plateaux. Hieruit blijkt dat door bevoeiing en infiltratie met het kalkrijk maaswater de zuurbuffer vergroot is ten opzichte van de natuurlijke waarden. Bij het achterwege laten van de bevoeiing in PLT12 daalt de zuurgraad bovenin het profiel weer.



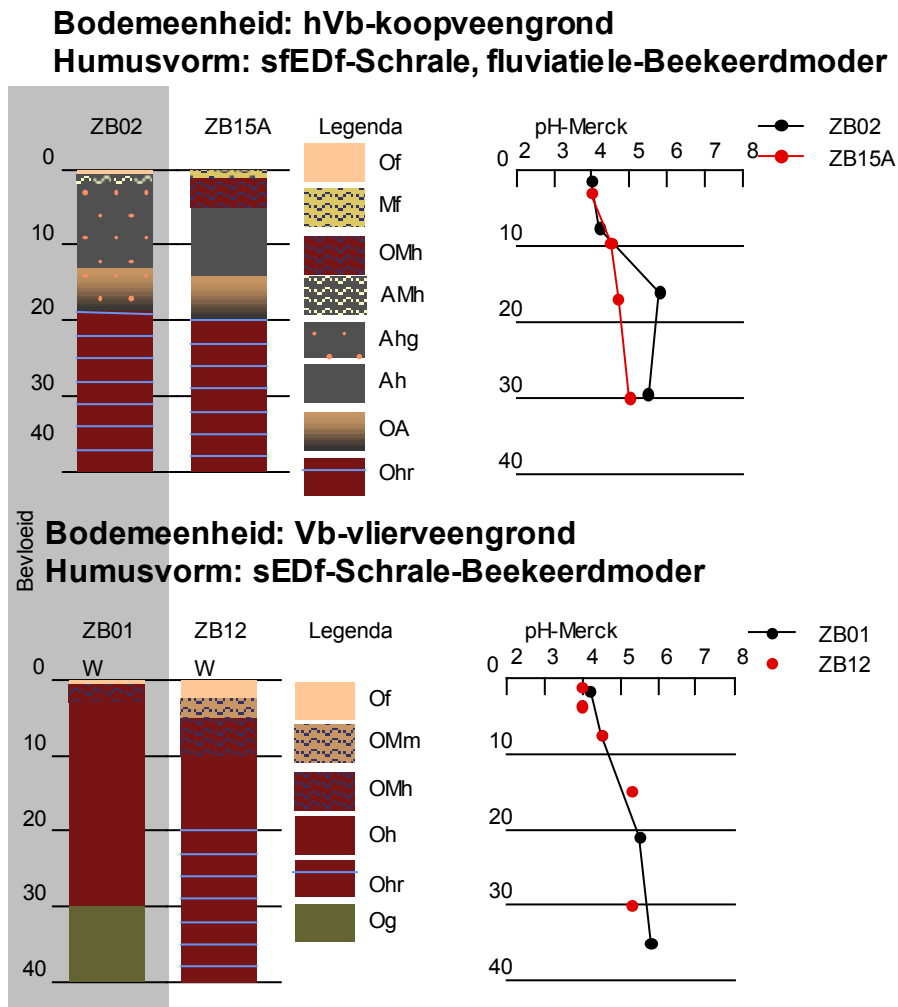
Figuur 7 pH-profielen voor De Plateaux vergeleken met 11 veld- en laarpodzolgronden in andere terreinen.

Humusvormen

Beide profielen worden gerekend tot de *wormhydromullmoders* (HLD_w). Het zijn semiterrestrische profielen met een AMh-horizont die dikker is dan 2 cm, maar dunner dan de A-horizont (Van Delft 2001).

2.3.1.2 Zijdebrug

Alle profielen in Zijdebrug zijn ontwikkeld in bosveen (zie 2.2.1.2). In de bovenste 40 cm is dit grotendeels veraard (Oh-horizont). Binnen de koopveengronden (hVb; ZB02 en ZB15A) komt hierop een laag van ongeveer 20 cm venige klei voor. Bij de vlieveengronden (Vb; ZB01 en ZB12) is deze kleilaag afgegraven en bestaat de bovengrond uit kleiig veen. Bij alle profielen komt enige vorm van accumulatie van organische stof in de vorm van wortelmatten voor, als OM-horizonten in de vlieveengronden, en als Mf-horizont in de koopveengronden (zie figuur 8). Bij vergelijking van de bevoeide profielen (ZB02 en ZB01) met de blancs (ZB15A en ZB12) blijkt dat bij de blancs de dikte van de wortelmatten groter is (5 en 7,5 cm) dan bij de bevoeide profielen (2 en 2,5 cm). Bij ZB12 komt tevens een 2,5 cm dikke laag veenmosveen voor (ze figuur 9). Dit punt ligt, net als alle vlieveengronden laag en wordt ook niet bevoeid. Hier is de regenwaterinvloed waarschijnlijk het grootst. Bij ZB01, dat ook laag ligt, maar wel bevoeid wordt, is de veenmoslaag maar 0,5 cm dik. Dit geldt ook voor ZB02. Bij ZB15A komt helemaal geen veenmos voor. Dit punt ligt relatief hoog, op een smalle strook koopveengronden, dicht bij de centrale sloot, waardoor hier waarschijnlijk weinig stagnatie van regenwater op treedt.



Figuur 8 Schematische weergave en pH-profielen van de humusprofielen in Zijdebrug.

Vergelijking van de pH-profielen laat zien dat bovenin in alle profielen de pH afneemt, als gevolg van regenwaterinvloed. Dit geldt ook voor de bevoeide profielen. De pH aan maaiveld is overal ongeveer 4 en neemt dan toe tot 5,8 op ongeveer 50 cm – mv., behalve bij ZB12, waar de pH niet hoger wordt dan 5,3. Een effect van bevoeiing op de pH is niet duidelijk waar te nemen in de bovengrond. Wel is de pH in ZB02 vanaf 13 cm – mv. duidelijk hoger dan in alle andere profielen. Dit punt ligt binnen het bevoeide deel van het perceel vrij hoog. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat bevoeiingswater via het maaiveld in het profiel doordringt. mogelijk is hier sprake van zijdelingse infiltratie vanuit de aanvoergreppels.



Figuur 9 Vegetatie en humusprofiel bij boorpunt ZB12 in Zijdebrug. In de vegetatie ondermeer Veenmos, Moeraskartelblad, Zegge en Waterdrieblad. Bovenin het humusprofiel is duidelijk een Of-horizont te zien.

Humusvormen

In alle profielen is een Oh-horizont dominant binnen 40 cm – mv. Daarom behoren ze tot de *beekeerdmoders* (EDf; zie Van Delft 2001). Op basis van de wortelmatten die overal voorkomen en die dikker zijn dan 2 cm worden ze tot de *schrake fase* van deze subgroep gerekend (*sEDf*). Omdat bij de koopveengronden ook een kleilaag op het veen is afgezet wordt hier de *fluviaal fase* onderscheiden (*sfEDf*).

2.3.2 Analyseresultaten

In aanhangsel 3 zijn de analyseresultaten en de afgeleide gegevens weergegeven. Daarbij zijn tevens de gegevens van het Reestdal en de Westbroekse zode nogmaals vermeld.

2.3.2.1 Vloeibare fase bodem

In tabel 2 zijn enkele afgeleide variabelen van de waterkwaliteit van de verschillende horizonten weergegeven. Het blijkt dat in elk van de monsters een vrij hoog aandeel Rijnwater (RHLOB) aanwezig is. Dit geeft aan dat de waterkwaliteit sterk door het oppervlaktewater wordt beïnvloed. Er is geen wezenlijk verschil aanwezig tussen de bevoelde en onbevoelde bodemhorizonten. De waterkwaliteit wijst erop dat naarmate de monsters van grotere diepte afkomstig zijn de regenwater invloed terugloopt. In het bodemvocht van het monster uit de Plateaux is relatief het grootste aandeel grondwater en rijwater aanwezig.

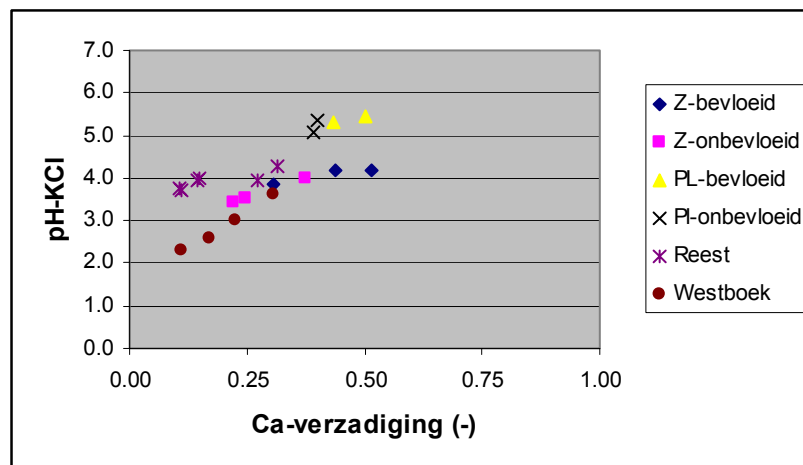
Tabel 2 Enkele waterkwaliteitsparameters met afgeleide variabelen voor het percentage verwantschap met regenwater (ATW80), grondwater (LLANG), zeeewater (TH70) en Rijnwater (RHLOB).

Terrein	Behandeling	Code	horizont	diepte cm-mv	pH	ECm25 mS/m	IR %	ATW80 %	LIANG %	THN70 %	RHLOB %
Plateaux	bevoeid	PL-pq6	Ahm	0-7	6.9	26.3	40.8	6.7	33.4	8.2	59.8
	bevoeid	PL-pq6	Aae	7-15							
	blanco	PL-pq12	Aae	5-15							
	blanco	PL-pq12	Aaeg	20-30							
Zijdebrug	bevoeid	ZB 01	2Oh	3-12	6.3	23.20	37.40	16.0	23.8	-1	53.5
	bevoeid	ZB 01	3Oh	12-20	5.2	42.10	61.50	48.6	20.1	27.5	51.6
	bevoeid	ZB 02	Ahg	2-13	4.9	13.10	35.30	27.8	.8	-7.2	41.6
	blanco	ZB 12	Omm+Omh	2,5-10	4.9	14.00	39.10	38.2	3.9	-7.9	45.1
	blanco	ZB 12	Oh	10-20	4.5	36.60	70.90	53.0	13.9	18.3	34.0
	blanco	ZB 15A	Ah	5-14	4.7	22.30	47.70	49.0	6.2	5.9	51.9

2.3.2.2 Vaste fase bodem

Basentoestand

Omdat van alle horizonten slechts een monster is verzameld kunnen verschillen tussen bevoelde en onbevoelde percelen statistisch niet worden getoetst. Wel blijkt een tendens zichtbaar dat de bevoelde percelen in de Plateaux en in Zijdebrug een iets hogere calciumverzadiging en pH hebben dan de onbevoelde percelen (figuur 10). Ter vergelijking zijn tevens de gegevens van Westboek en Reest gepresenteerd.

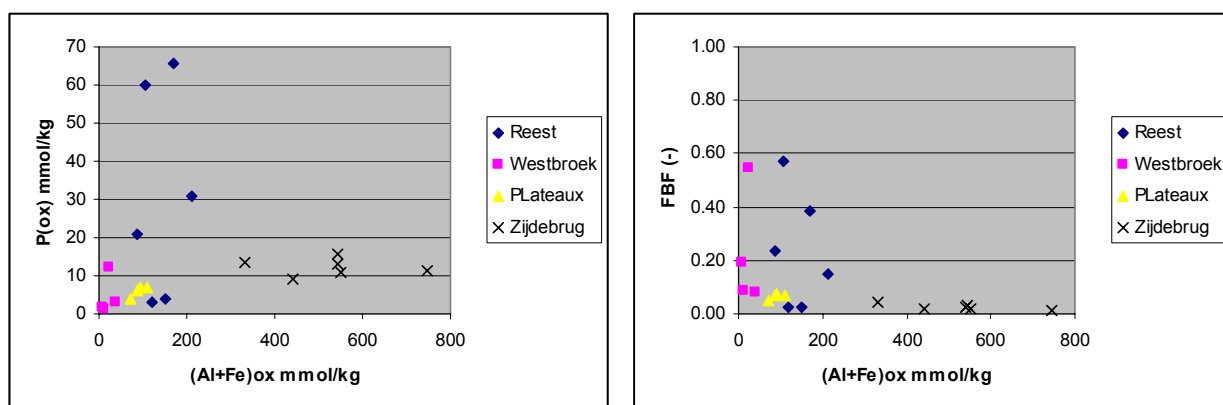


Figuur 10 Ca-verzadiging en pH-KCl waarden van de onderzochte percelen in Zijdebrug (Z), de Plateaux (Pl), Reestdal en Westbroek

Uit figuur 10 blijkt tevens dat in de onbevloeide percelen van de onderzochte terreinen de hoogste basentoestand wordt aangetroffen in de Plateaux, gevolgd door Zijdebrug. Gegeven de aanwezigheid van podzolen in de Plateaux is deze hoge basentoestand merkwaardig en lijkt daarom samen te hangen met het in het verleden langdurig toegepaste bevoeiingsbeheer.

IJzer- en fosfaattoestand

In figuur 11a is het fosfaatgehalte (P-oxalaat) in de bodem gerelateerd aan het gehalte aluminium en ijzer dat met oxalaat extraheerbaar ((Al+Fe)_{ox}) is. In figuur 11 b is voor dezelfde monsters de fosfaatbezettingsfractie (FBF) aangegeven. De FBF is het quotient van P_{ox} en (Al+Fe)_{ox} en wordt algemeen beschouwd als maat voor de fosfaatverzadigingsgraad van bodems (Schoumans, 1995).



Figuur 11 a) Gehalten oxalaat extraheerbaar fosfaat en de fosfaatbezettingsfractie (b) in relatie tot gehalten 'actief' aluminium en ijzer (Al+Fe)_{ox}

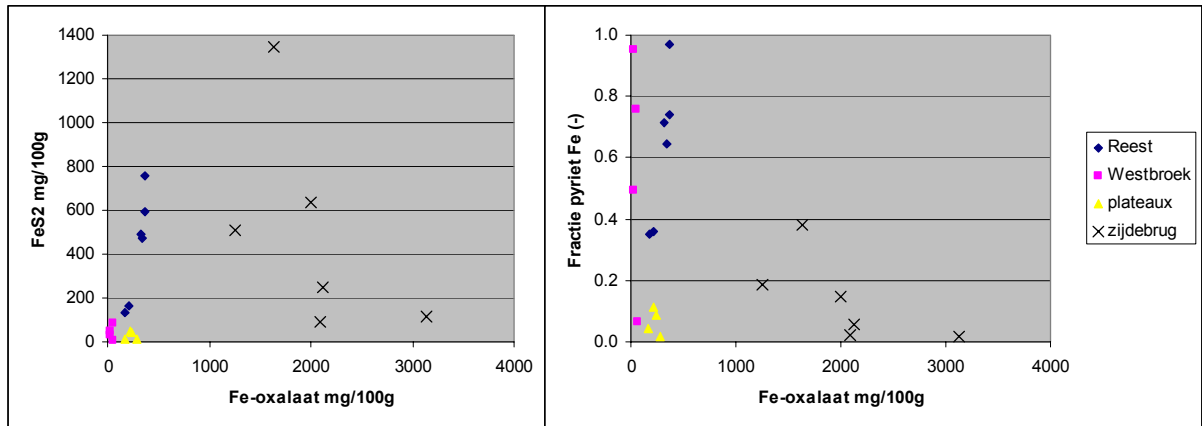
In het Reestdal komen in het blanco perceel hoge fosfaatgehalten voor in de bodemlagen van 4 tot 20 cm-mv. Omdat de (Al+Fe)_{ox} gehalten niet zeer hoog zijn is de FBF van deze bodemlagen hoog (Figuur 11b). Bij een FBF > 0.5 wordt de bodem als volledig fosfaatverzadigd beschouwd (o.a van Riemsdijk, 1979). Tot een diepte van 20 cm komen in het bevoeide perceel ook vrij hoge fosfaatgehalten met een FBF van rond de 0.20. In beide percelen is sprake van een bovengrond die uit kleiig veen bestaat. Alleen in de niet veraarde ondergrond zonder klei is de FBF laag. In de Westbroekse zode komt ondanks lage fosfaatgehalten ook een vrij hoge FBF voor. Dit is vooral toe te schrijven aan lage gehalten (Al+Fe)_{ox}.

In de Plateaux zijn de fosfaatgehalten en de FBF laag. In Zijdebrug komen matig hoge fosfaatgehalten voor, maar is de FBF zeer laag, omdat er zeer hoge waarden voor (Al+Fe)_{ox} voorkomen.

IJzer en pyrietgehalten

In alle bemonsterde horizonten wordt pyriet aangetroffen. Hoewel in Westbroek de absolute pyrietgehalten laag zijn (figuur 12a), blijkt meer dan de helft tot bijna 100% van het actieve ijzer (Fe_{ox}) als pyriet te zijn vastgelegd (figuur 12b). Dit wijst erop dat

reductieprocessen waarbij pyrietvorming plaatsvindt een belangrijke rol spelen. In de Plateaux zijn de pyrietgehalten eveneens zeer laag, maar zijn de ijzergehalten iets hoger. Er is slechts een zeer geringe fractie van het ijzer als pyriet vastgelegd. Ook in het Reestdal is een grote fractie van het actieve ijzer als pyriet vastgelegd. In de kleiige veraarde horizonten is deze fractie groter dan in de niet veraarde venige horizonten. In Zijdebrug komen zeer hoge gehalten actief ijzer voor, terwijl de fractie ijzer die als pyriet is vastgelegd varieert. Op plaatsen met een kleidek is de fractie zeer laag, maar neemt met de diepte in sterk veraarde horizonten toe tot 40%. De absolute pyrietgehalten zijn in deze veraarde horizonten hoog.



Figuur 12 Gehalten actief ijzer (Fe-oxalaat) in relatie tot het pyrietgehalte (a) en de fractie van het ijzer (b) dat als pyriet is vastgelegd

3 Bodemchemische evaluatie met ECOSAT

3.1 Inleiding

Met het speciatiemodel ECOSAT (Keizer & van Riemsdijk, 1996) kunnen concentraties van ionspecies in het bodemvocht worden berekend op basis van evenwichtsreacties, redoxreacties en ionenwisseling tussen verschillende chemische componenten in een bodem-water-systeem. Het model berekent evenwichtsconcentraties voor alleen die ionenspecies die zijn te herleiden uit de componenten die voor het systeem zijn gedefinieerd. Daarbij vraagt het model tevens gegevens over gassen, mineralen, geadsorbeerde ionen en ionwisselingsconstanten. Met dit model kan inzicht worden verkregen welke chemische componenten en processen de basen- en nutriëntentoestand van de bodem controleren. De nutriëntentoestand kan daarbij slechts in beschouwing worden genomen voorzover het evenwichtsreacties betreft voor de oplosbaarheid van ijzer-, calcium- of aluminiumfosfaten. Als omgevingsvariabelen vraagt het model gegevens van de ionsterkte, temperatuur en het gasvolume.

Hypothese

De systemen zijn door ons gedefinieerd met die elementen die een belangrijke rol spelen bij de zuurbuffering en de oplosbaarheid van fosfaatzouten. Daarbij zijn we ervan uitgegaan dat de pH onder aërobe omstandigheden uitsluitend wordt gebufferd door ionenwisseling en door de mineralen (amorf) gibbsiet en goethiet. Onder anaërobe omstandigheden treden reductieprocessen op waardoor goethiet wordt gereduceerd. Dit is een zuurconsumerend proces, waarbij H^+ ionen uit de oplossing kunnen verdwijnen, de pH stijgt en pH-afhankelijke evenwichten gaan verschuiven. Afhankelijk van de voorraad ijzer in de bodem zal dit proces doorgaan totdat alle goethiet is gereduceerd. Aansluitend kan echter sulfaat worden gereduceerd, hetgeen ook een zuurconsumerend proces is. Daarbij wordt pyriet gevormd (FeS_2). Als tevens al het sulfaat is gedefinieerd dan stagneert de verdere reductie en zal de pH niet verder stijgen. Een van de belangrijkste consequenties van de pH stijging door reductie is dat het uitw-H van het adsorptiecomplex in oplossing komt en op het adsorptiecomplex zal worden vervangen door Ca^{2+} (en Fe^{2+}). De basenverzadiging stijgt hierdoor.

Redoxprocessen zullen niet alleen de basentoestand beïnvloeden maar door hun invloed op de concentraties ijzer en aluminium zullen zij tevens de fosfaatbeschikbaarheid controleren.

3.2 Definitie van de systemen

Componenten

Componenten zijn als chemische bouwstenen op te vatten. De volgende componenten zijn door ons voor de systemen in beschouwing genomen: H^+ , Ca^{2+} , CO_3^{2-} , Fe^{3+} , OH^- , SO_4^{2-} , Al^{3+} , PO_4^{3-} en e^- . Met uitzondering van e^- en Ca^{2+} is gerekend

met een vaste massabalans, waarbij de concentratie van de verschillende ionenspecies wordt berekend (Kemmers et al., 2000). Voor beide andere componenten is met een vaste concentratie gerekend, waarbij de massabalans wordt berekend.

De Ca^{2+} concentratie is gebaseerd op de meetgegevens van de vloeibare fase (aanhangel 3). Voor de componenten zijn de totaalgehalten (Al_{ox} , Fe_{ox} , P_{ox}) aangehouden die voor de vaste fase zijn bepaald. Voor sulfaat is het componentgehalte herleid uit het gemeten pyrietgehalte. De elektronenconcentratie (pe) is bij de berekeningen gevarieerd om het effect van de verandering van de redoxpotentiaal op de basenverzadiging en de fosfaattoestand te kunnen berekenen.

Ionspecies

Door combinatie van componenten ontstaan ionspecies zoals, HCO_3^- uit H^+ en CO_3^{2-} of Fe^{2+} uit Fe^{3+} en e^- etc. Het model selecteert automatisch alle voorkomende ionsoorten. In totaal worden voor onze systemen 75 ionspecies onderscheiden. Voor ons doel zijn deze echter lang niet allemaal relevant.

Gassen

Gassen worden als een bijzondere vorm van ionspecies opgevat. CO_2 , H_2 en O_2 worden door het model automatisch geselecteerd. Door ons is gerekend met een variabele gasdruk voor CO_2 , wat impliceert dat de systemen zijn afgesloten van de atmosfeer (waterverzadigd).

Mineralen

Als mineralen die in het systeem voorkomen of gevormd kunnen worden hebben wij gekozen voor die mineralen die een belangrijke rol spelen bij de zuurbuffering. Onder aerobe omstandigheden is dit gibbsiet ($\text{Al}(\text{OH})_3$) en goethiet ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), onder anaerobe omstandigheden wordt goethiet gereduceerd, waarbij sideriet (FeCO_3), of pyriet (FeS_2) kan worden gevormd. De reductie van goethiet en de vorming van pyriet is een zuurconsumerend proces. Van goethiet en gibbsiet is verondersteld dat ze in de amorf vorm voorkomen die iets beter oplosbaar zijn dan de minerale vorm. Ook zijn de fosfaat-zouten strengiet, vivianiet en varisciet in beschouwing genomen. ECOSAT voegt automatisch de relevante oplosbaarheidsconstanten van de mineralen (of ioncomplexen) toe.

Adsorptie en ionwisseling

Door ons zijn alleen H en Ca als componenten beschouwd die tevens door het adsorptiecomplex kunnen worden gebonden. De benodigde gegevens van de Gaponcoefficient zijn afgeleid uit de meetresultaten (zie 2.2.3.1 en aanhangsel 3).

Omgevingsfactoren

De ionsterkte is berekend uit de concentratie van de gemeten ionen. Als temperatuur is 283 K aangehouden (10 °C). Als gasvolume is steeds 0,01 l.l⁻¹ aangehouden.

3.3 Calibratie en verificatie

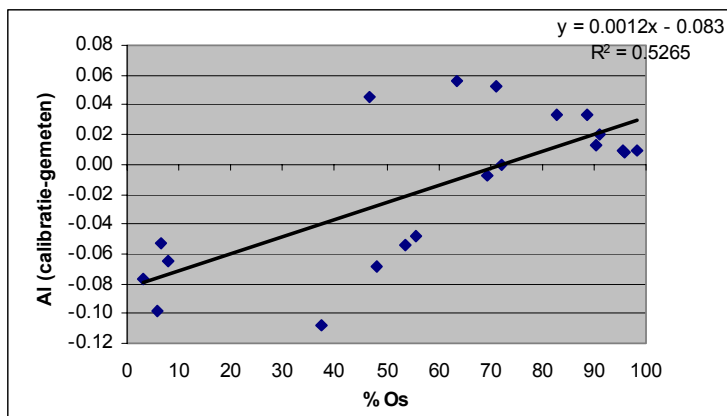
Om te rekenen met ECOSAT moeten alle variabelen worden uitgedrukt in de dimensie Mol.l⁻¹. Hiertoe zijn de gehalten van de vaste fase omgerekend met behulp van de 'soil/solutio ratio'.

Het model is gecalibreerd door de berekende Ca-bezetting, pH en Al-totaalgehalte te vergelijken met de gemeten waarden. Bij de berekening werd de redoxpotentiaal (pe) gevarieerd. In principe waren de overige variabelen van het systeem bekend. Gecalibreerd werd bij een pe-waarde die overeenstemde met de waarde tijdens de bodembemonstering (zie o.a. Boerwinkel & Verbeek, 2001). In eerste instantie bleken berekende en gemeten waarden sterk te verschillen. Vervolgens is besloten om het Al-totaalgehalte als calibratieparameter te gebruiken, door dit net zolang aan te passen totdat de berekende pH en de Ca-bezetting overeenstemden met de meetwaarden.

3.4 Resultaten en discussie

3.4.1 Calibratie

De gecalibreerde Al-totaalgehalten bleken sterk af te wijken van de gemeten waarden (tabel 3). Het bleek dat bij lage organische stofgehalten (<50%) de gecalibreerde Al-totaalgehalten veel lager zijn dan de gemeten gehalten (figuur 13). Bij hoge organische stofgehalten is dat juist tegenovergesteld. Dit betekent dat bij veel organische stof te veel aluminium is verondersteld. Dit is een indicatie dat de invloed van organische zuren op de pH in het model moet worden gecompenseerd door aluminiumoxiden. In ECOSAT is de invloed van organische zuren niet in beschouwing genomen.



Figuur 13 Verschil tussen gecalibreerde en gemeten Al-totaalgehalten in relatie tot het organische stofgehalte

Tabel 3 geeft de resultaten van de calibratie voor de pH en de Ca-verzadiging. De gebruikte procedure leidt tot een goede voorspelling van de pH en de Ca-verzadiging. Het model is niet betrouwbaar voor reacties waarbij aluminium is betrokken

Tabel 3 Veldwaarden van de redoxpotentiaal (pe) gemeten en gecalibreerde Al-totaalgehalten, gemeten en berekende waarden van de Ca-verzadiging en pH na calibratie

Monster	pe	Al-tot Mol/l		Ca-verz (-)		pH (-)	
	veldwaarde	gem.	calibratie	gem.	ber.	gem.	ber.
RDV11	0.0	0.0045	0.0575	0.11	0.07	5.03	4.68
RDV12	0.0	0.0495	0.0950	0.15	0.14	6.53	6.40
RDV13	0.0	0.0068	0.0270	0.32	0.34	6.31	6.26
RDB11	0.0	0.0068	0.0400	0.26	0.26	5.36	5.31
RDB12	0.0	0.0042	0.0380	0.11	0.12	5.83	5.79
RDB13	0.0	0.0259	0.0825	0.14	0.15	6.40	6.30
WB 11	0.0	0.0016	0.0150	0.30	0.31	4.90	4.80
WB 12	0.0	0.0004	0.0099	0.23	0.22	4.59	4.47
WB 61	0.0	0.0001	0.0095	0.11	0.13	4.15	4.28
WB 62	0.0	0.0003	0.0088	0.17	0.17	4.20	4.26
PL6AhM	3.0	0.0655	0.0010	0.50	0.49	6.92	6.79
PL6Aae	3.0	0.0990	0.0010	0.43	0.42	6.68	6.36
PL12Aae	3.0	0.0928	0.0400	0.39	0.39	6.62	6.59
PL12Aaeg	3.0	0.0914	0.0150	0.40	0.40	6.65	6.58
ZB1-2Oh	5.0	0.0164	0.0164	0.44	0.45	6.28	6.21
ZB1-3Oh	5.0	0.0253	0.0175	0.52	0.52	5.18	5.13
ZB2Ahg	5.0	0.1096	0.0019	0.31	0.29	4.94	4.81
ZB12-OmM	5.0	0.0544	0.0001	0.25	0.25	4.89	4.80
ZB12-Oh	5.0	0.0692	0.0001	0.37	0.34	4.48	4.35
ZB15-Ah	5.0	0.0542	0.0060	0.22	0.23	4.65	4.59

In aanhangsel 4 is een voorbeeld gegeven van een resultaat van een ECOSAT berekening voor een groot aantal variabelen. In de paragrafen 3.4.2 en 3.4.3 wordt specifiek ingegaan op de basentoestand van de verschillende bodemhorizonten uit Zijdebrug en de Plateaux.

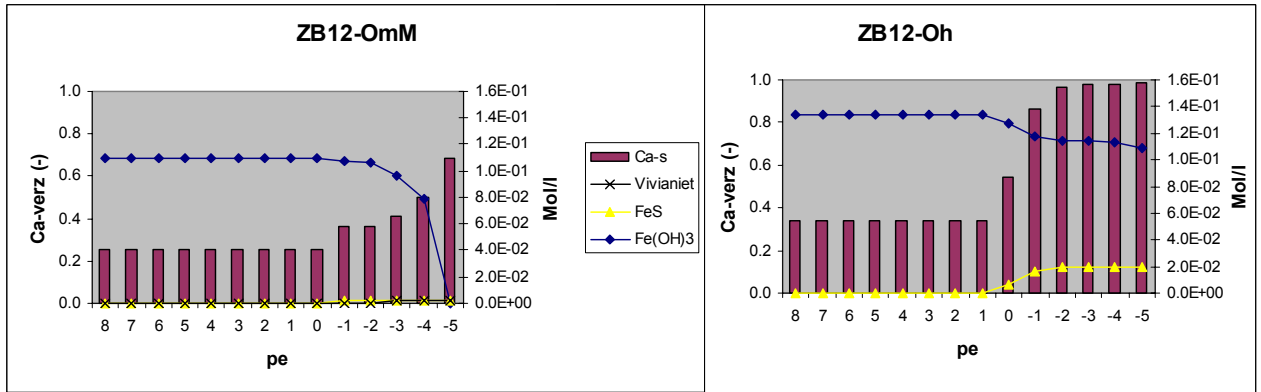
3.4.2 Zijdebrug

In de figuren 14 t/m 18 zijn de rekenresultaten van ECOSAT voor de bodemhorizonten van Zijdebrug weergegeven.

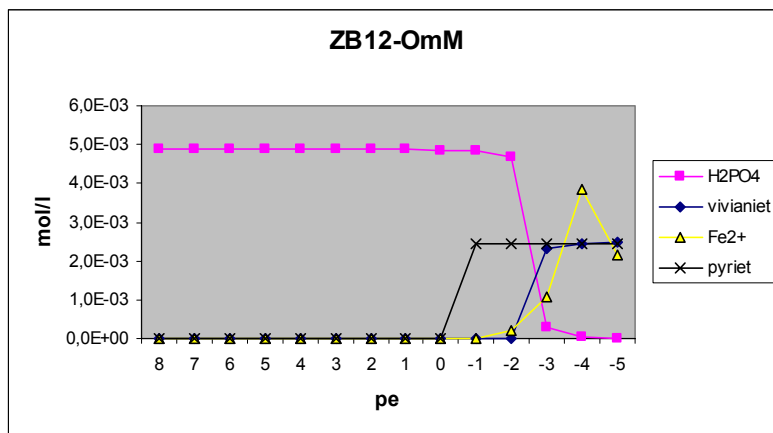
Onbevloeid

In de dagzomende OmM-horizont is het ijzeroxidegehalte iets lager dan in de onderliggende Oh-horizont. Onder sterk reducerende omstandigheden is er voldoende ijzer om de Ca-verzadiging tot ca. 60% te laten oplopen (Figuur 14). De seizoensschommelingen van de Ca-verzadiging zijn groot. In de OmM-horizont worden alle ijzeroxiden opgelost door reductie. Omdat het totaalsulfaatgehalte in de OmM-horizont laag is kan er slechts weinig pyriet worden gevormd. De Ca-verzadiging blijft dus relatief laag omdat er door geringe beschikbaarheid van sulfaat slechts een beperkte zuurconsumptie optreedt. Uit de modevaluatie bleek tevens dat de fosfaatconcentraties in het bodemvocht niet gecontroleerd worden door de oplosbaarheid van Fe(III)-P-zouten (strengit). Het door reductie beschikbaar komende Fe²⁺ wordt in combinatie met fosfaat vastgelegd als vivianiet (Fe(II)-P-zout) en zal voor een deel worden vastgelegd op het adsorptiecomplex (zie aanhangsel 3). Bij de vorming van vivianiet dalen de fosfaatconcentraties in het bodemvocht (Figuur 15). In de onderliggende veraarde Oh-horizont is ruim

voldoende ijzeroxide en sulfaat beschikbaar om een Ca-verzadiging van vrijwel 100% te kunnen verkrijgen. Door de ruimere beschikbaarheid van sulfaat is slechts een deel van het ijzeroxide nodig om de hoge Ca-verzadiging te realiseren. Fosfaat-zouten worden niet gevormd in deze horizont. De totale concentratie opgelost fosfaat blijft constant.

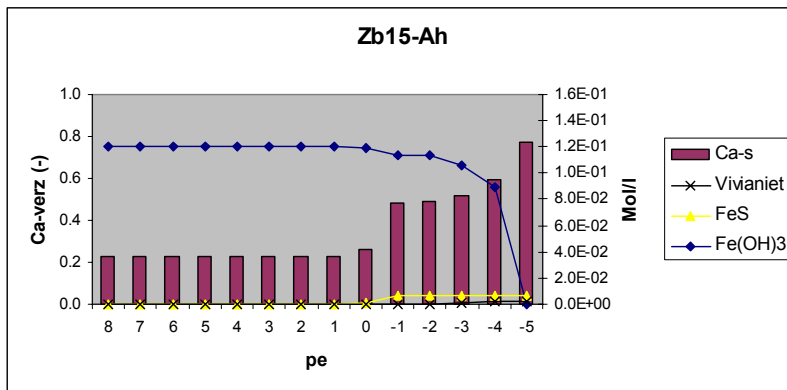


Figuur 14 De verandering in de basenverzadiging (Cas), het vivianiet-, pyriet- en goethietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) van de bodemhorizonten van standplaats 12 in Zijdebrug



Figuur 15 Daling van de fosfaatconcentratie en stijging van de Fe^{2+} concentratie door de vorming van vivianiet en pyriet bij dalende redoxpotentiaal (pe)

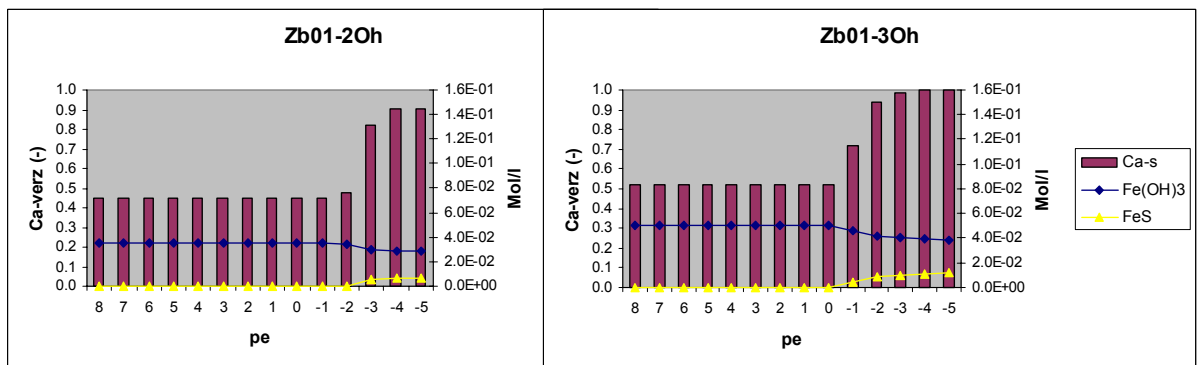
In de kleiige Ah-horizont van standplaats 15 komt een hoog gehalte ijzeroxiden en een laag totaalsulfaatgehalte voor (Figuur 16). Onder sterk reducerende omstandigheden wordt al het ijzer verbruikt door reductie, waarbij de Ca-verzadiging tot max. 80% kan oplopen. Door de geringe hoeveelheid sulfaat wordt slechts een beperkte hoeveelheid pyriet gevormd. Het door reductie beschikbaar komende Fe^{2+} wordt voor een deel vastgelegd als vivianiet en zal voor een deel worden vastgelegd op het adsorptiecomplex (zie aanhangsel 3).



Figuur 16 De verandering in de basenverzadiging (Cas), het vivianiet-, pyriet- en goethietgehalte bij variatie van de redoxpotentiala (pe) van de bodemhorizonten van standplaats 15 in Zijdebrug

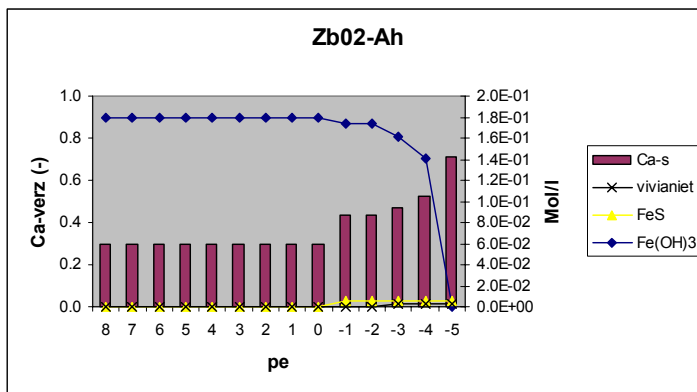
Bevloeid

In de dagzomende veraarde 2Oh-horizont van standplaats 1 is voldoende ijzeroxide aanwezig om een zuurconsumptie te genereren waarbij een Ca-verzadiging van 90% wordt gerealiseerd (Figuur 17). Ditzelfde geldt voor de onderliggende 3Oh-horizont, die iets rijker aan ijzeroxiden is. Er is in beide horizonten voldoende sulfaat aanwezig om alle Fe^{2+} dat door reductie in oplossing is gekomen in de vorm van pyriet vast te leggen. Er vindt geen vorming van vivianiet plaats.



Figuur 17 De verandering in de basenverzadiging (Cas), het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiala (pe) van de bodemhorizonten van standplaats 1 in Zijdebrug

In de dagzomende kleiige Ah-horizont van standplaats 2 komt een hoog gehalte ijzeroxiden en een laag totaalsulfaatgehalte voor (Figuur 18). Onder sterk reducerende omstandigheden wordt al het ijzer verbruikt door reductie, waarbij de Ca-verzadiging tot max. 70% kan oplopen. Door de geringe hoeveelheid sulfaat wordt slechts een beperkte hoeveelheid pyriet gevormd. Het door reductie beschikbaar komende Fe^{2+} wordt voor een deel vastgelegd als vivianiet en zal voor een deel worden vastgelegd op het adsorptiecomplex (zie aanhangsel 3).



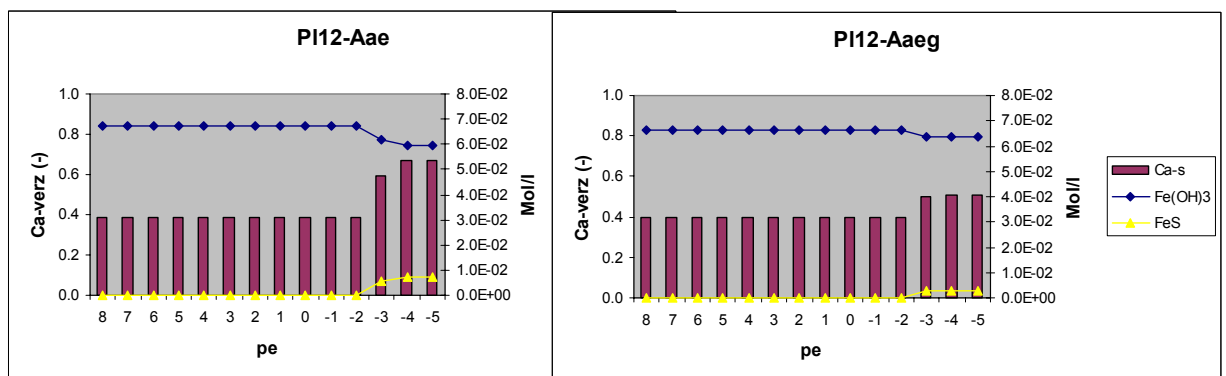
Figuur 18 De verandering in de basenverzadiging (Cas), het vivianiet-, pyriet- en goethietgehalte bij variatie van de redoxpotentiala (pe) van de bodemhorizonten van standplaats 2 in Zijdebrug

3.4.3 De Plateaux

In de figuren 19 en 20 zijn de rekenresultaten van ECOSAT voor de bodemhorizonten van de Plateaux weergegeven.

Onbevloed

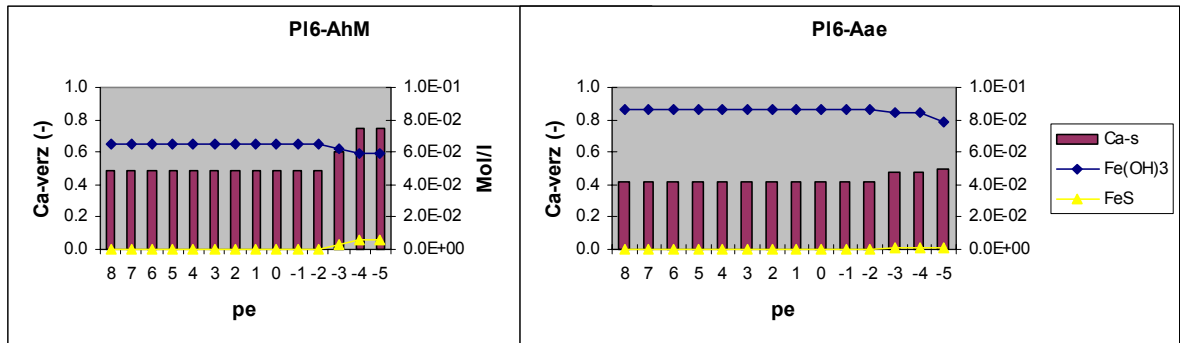
In de Aae-horizont van standplaats 12 zijn voldoende ijzeroxiden beschikbaar om bij reductie de calciumverzadiging te laten oplopen tot ruim 60% (Figuur 19). De ijzeroxiden worden niet verder gereduceerd, omdat de pH waarden vrij hoog zijn. Het beschikbaar gekomen Fe^{2+} wordt vastgelegd als pyriet. Doordat pyrietgehalten in de bovenliggende horizonten hoger zijn dan in de diepere horizonten loopt de Ca-verzadiging aan het maaiveld hoger op dan in diepere horizonten. Er vindt geen vivianietvorming plaats omdat ijzerconcentraties zeer laag blijven. De Ca-verzadiging in de onderliggende Aaeg-horizont loopt onder reducerende omstandigheden iets minder hoog op, omdat het gehalte ijzeroxiden iets lager is dan in de bovenliggende horizont.



Figuur 19 De verandering in de basenverzadiging (Cas), het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiala (pe) van de bodemhorizonten van standplaats 12 in de Plateaux

Bevloed

In de dagzomende AhM-horizont wordt onder reducerende omstandigheden een iets hogere Ca-verzadiging bereikt dan in de onderliggende Aae-horizont (Figuur 20). Ook voor deze standplaats geldt dat de ijzeroxiden niet verder reduceren, omdat de pH waarden vrij hoog zijn. Ook hier vindt geen vivianietvorming plaats onder reducerende omstandigheden.



Figuur 20 De verandering in de baserverzadiging (Cas), het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiala (pe) van de bodemhorizonten van standplaats 6 in de Plateaux.

4 Conclusies

In de Plateaux zijn op het onderzochte bevoeide en onbevoeide perceel laarpodzolen (cHn) met een ca. 35 cm dikke antropogene eerdlaag aangetroffen. De humusprofielen van de Plateaux worden gerekend tot de *wormhydromullmoders*, wijzend op vochtig tot natte omstandigheden met een betrekkelijk snelle omzetting van organische stof door een gunstige pH. De eerdlaag vertoont veldkenmerken die wijzen op ontijzering door uitspoeling. Chemische analyses geven aan dat in het niet bevoeide profiel de pH en de Ca-verzadiging bovenin het profiel iets lager zijn dan in het bevoeide perceel. Bij het bevoeide profiel is de pH in de bovengrond ongeveer 5,5 en de Ca-verzadiging ca 50%. In de Plateaux zijn de fosfaatgehalten ($P_{ox} < 10$ mmol/kg) en de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem laag (5-10%).

Uit de modevaluatie blijkt dat in de Plateaux ijzeroxiden zowel in de bevoeide als in de onbevoeide percelen slechts gedeeltelijk worden gereduceerd vanwege de hoge pH-waarden onder aerobe omstandigheden. De Ca-verzadiging van de dagzomende horizonten kan desondanks onder reducerende omstandigheden vrij hoog (70-80%) oplopen. Er vindt in geen van de percelen vorming van fosfaat-zouten plaats. Wel is sprake van enige pyrietvorming. Waarschijnlijk heeft het onbevoeide perceel door bevoeiing in het verleden reeds eerder een hoge basenstatus verkregen, waardoor verschillen tussen het bevoeide en onbevoeide perceel niet duidelijk zijn.

In Zijdebrug zijn alle profielen ontwikkeld in bosveen. In de bovenste 40 cm is dit grotendeels veraard (Oh-horizont). Over het algemeen komen koopveengronden voor met een laag van ongeveer 20 cm venige klei. Plaatselijk is deze kleilaag afgegraven en is er sprake van vlieveengronden met een bovengrond van kleilig veen. Alle profielen behoren tot de *beekeerdmoders*. Er is geen wezenlijk verschil aanwezig tussen de bevoeide en onbevoeide bodemhorizonten. Bij de blanco profielen komen wortelmatten voor die iets dikker zijn dan bij de bevoeide profielen. De pH aan maaiveld is overal ongeveer 4 en neemt dan toe tot 5,8 op ongeveer 50 cm – mv. Een effect van bevoeiing op de pH is aan veldgegevens niet duidelijk waar te nemen. Chemische analyses geven aan dat in Zijdebrug matig hoge fosfaatgehalten ($10 < P_{ox} < 15$ mmol/kg) voorkomen, maar dat de fosfaatverzadigingsgraad (<5%) zeer laag is, omdat de fosfaatadsorptiecapaciteit zeer groot is. In alle bemonsterde horizonten wordt pyriet aangetroffen.

Uit de modevaluatie blijkt dat in de bodem van Zijdebrug ruim voldoende ijzeroxide aanwezig is om via reductie een hoge calciumverzadiging te kunnen bereiken. Zowel in bevoeide als onbevoeide percelen wordt een hoge calciumverzadiging (60-80%) bereikt onder reducerende omstandigheden. Plaatselijk is veel sulfaat in het systeem aanwezig en dan wordt slechts een gedeelte van het goethiet gereduceerd en levert sulfaatreductie aanvullende alkaliniteit. In dat geval wordt het beschikbaar gekomen Fe^{2+} vastgelegd als pyriet, waarvan hoge gehalten kunnen ontstaan. Onder aerobe omstandigheden wordt het gevormde pyriet weer geoxideerd waarbij zuurionen beschikbaar komen en Ca^{2+} -ionen weer van het adsorptiecomplex verdringen. Afhankelijk van de zuurbuffer kan de pH hierdoor 's zomers dalen. Het gevolg is dat op de standplaats sterke fluctuaties in zuurgraad

gedurende het jaar kunnen voorkomen. Bij lage sulfaatgehalten wordt al het goethiet gereduceerd en wordt slechts een gedeelte van het Fe^{2+} als pyriet vastgelegd. De Fe^{2+} concentraties bereiken daardoor een waarde waarbij in aanwezigheid van fosfaat vivianiet kan neerslaan. Daardoor dalen de fosfaatconcentraties bij lage redoxpotentialen. Anders geformuleerd kan worden gesteld dat bij lage pyrietgehalten (i.e. overmaat aan ijzer ten opzichte van sulfaat) de kans op vivianietvorming groot en eutrofiering klein is. Het is onduidelijk waardoor de pyrietgehalten in de bodem ruimtelijk variëren.

In de vloeibare fase van alle monsters uit de Plateaux en Zijdebrug is een vrij hoog aandeel Rijnwater (RHLOB) aanwezig. Dit geeft aan dat de waterkwaliteit sterk door het oppervlaktewater wordt beïnvloed. Op basis van de bodemchemische evaluatie moet worden geconcludeerd dat bevoeiing met oppervlaktewater in Zijdebrug noch in de Plateaux de basen- en fosfaattoestand van de bodem lijkt te beïnvloeden.

Literatuur

- Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus*. Wageningen, Pudoc. Tweede gewijzigde druk
- Bannink, J.F. en J.C. Pape, 1968. *De bodemgesteldheid van het natuurreservaat "Blauwgraslanden bij de Zijdebrug"*. Wageningen, STIBOKA rapport nr. 736.
- Brongers, M., en A. van Leerdam, 1997. *Boezemlanden in Zuid-Holland; Ecohydrologie, knelpunten, potenties en herstelmaatregelen; Hoofdrapport*. Veenwouden/Rotterdam Altenburg & Wymenga/IWACO B.V. A&W-rapport 141.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel A: Bodem*. Wageningen, SC-DLO, Technisch Document, 19A.
- Delft, S.P.J. van, 2001. *Ecologische typering van bodems; Deel 2 Humusvormtypologie voor korte vegetaties*. Wageningen, ALTEERRA Rapport nr. 268.
- Esch, Jasione van, 2001. "Grenzeloos mooi; Nederlands-Belgische samenwerking maakt Plateaux-Hageven aantrekkelijk". In *Natuurbehoud februari 2001*.
- Green, R.N., R.L.Trowbridge and K.Klinka, 1993. "Towards a Taxonomic Classification of Humus Forms." *Forest Science. Monograph 29*. Washington DC (USA), The Society of American Foresters.
- Keizer & van Riemsdijk, 1996. *Ecosat; user manual*. Department of Soil Science and Plant Nutrition. Wageningen Agricultural University.
- Kemmers, R.H. & R.W. de Waal, 1999. *Ecologische typering van bodems; Deel 1 Raamwerk en humusvormtypologie*. Wageningen, ALTEERRA Rapport nr. 667-1.
- Kemmers, R.H. en S.P.J. van Delft, 2001. Bodemkundige aspecten van de uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse zode bij bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden. Wageningen. ALTEERRA. Rapport 196.
- Kemmers, R.H., 1999. Fosfor- en kaliumhuishouding in kwelafhankelijke schraalgraslanden. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 699
- Kemmers, R.H., R.W. de Waal en S.P.J. van Delft, 2001. *Ecologische typering van bodems; Deel 3 Van typering naar kartering*. Wageningen, ALTEERRA Rapport nr. 352.

Schoumans, O.F., 1995. Beschrijving en validatie van de procesformulering van de abiotische fosfaatfracties in klakloze zandgronden. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 381.

Stiboka, 1968. *Bodemkaart van Nederland; Schaal 1 : 50 000; Blad 56 Turnhout, Blad 57 West Valkenswaard*. Wageningen, STIBOKA.

Topp, C.G., Davis, J.J. and Annan, A.P. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water resources Res.* Vol. 16: 579-582.

Van Riemsdijk, W.H., 1979. Reaction mechanisms of phosphate with $Al(OH)_3$ and a sandy soil. Ph.D Thesis. Wageningen. Agricultural University.

Van Wirdum, G., 1991. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Maastricht. Datawyse.

Aanhangsel 1 Verklaring coderingen in profielbeschrijvingen

De coderingen die gebruikt zijn voor de profielbeschrijvingen zijn grotendeels gebaseerd op bestaande coderingen zoals deze gebruikelijk zijn in bodemprofielbeschrijvingen (Ten Cate et al. 1995), en humusprofielbeschrijvingen (Van Delft 2001). In de onderstaande opsomming zijn voor de meeste kenmerken ook klassen opgenomen die in de beschreven profielen niet zijn waargenomen. De niet voorkomende klassen zijn wel opgenomen, om aan te geven hoe de waargenomen waarden zich verhouden tot de overige.

Algemene gegevens

- Administratieve gegevens

Bodemgebruik

Codering voor bodemgebruik die bij Alterra standaard wordt opgenomen bij profielbeschrijvingen. De omschrijving is erbij gezet.

Beheer

Eenvoudige beschrijving van het beheer. Dit is bij alle profielen gelijk en bestaat uit een extensief maaibeheer.

- Landschap

Fysiografische eenheid

Fysiografische eenheid waartoe het profiel, op basis van de bodemeenheid gerekend wordt (Zie Kemmers en De Waal 1999).

Fysiotoop

Aanduiding voor het fysiotoop waar de locatie toe gerekend kan worden. De gebruikte indeling wordt bij Alterra voor meerdere projecten gebruikt.

Geomorfologie

Korte aanduiding van de geomorfologische positie.

Vegetatietype

Voor zover vegetatiegegevens beschikbaar zijn is een vegetatietype toegekend volgens de bij Staatsbosbeheer ontwikkelde indeling.

- Hydrologie

Hydrologisch systeem

Korte kenschets van het hydrologisch systeem volgens onderstaande indeling.

Hydrologisch Systeem
Wegzijgingsgebied
Wegzijgingsgebied, randzône
Kwelgebied (zoet)
Kwelgebied, gedraineerd
Geïsoleerd gebied
Kraggesysteem
Kwelgebied (brak)

GHG (veld)

Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (in cm – mv)

GLG (veld)

Geschatte Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (in cm – mv)

GVG (veld)

Geschatte Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (in cm – mv)

Berekende GVG

GVG berekend uit GHG en GLG volgens empirische relaties die apart zijn afgeleid voor locaties in polders (Westbroek) of in stroomgebieden (Reestdal) (Ten Cate et al. 1995b). Deze relaties zijn als volgt:

- voor polders: $GVG = 12 + 0,96 * GHG + 0,17 * (GLG - GHG)$

- voor stroomgebieden $GVG = 4 + 0,97 * GHG + 0,15 * (GLG - GHG)$

GWS, pH en EGV

Grondwaterstand en veldmetingen van pH en EGV van het water in het boorgat (hier niet opgenomen)

Inundatieduur

Schatting van de gemiddelde inundatieduur in maanden. Deze schatting is zeer grof, tenzij voldoende meetgegevens van grondwaterstanden beschikbaar zijn.

Inundatietype

Indien een inundatieduur van 1 maand of meer is aangegeven kan het watertype vermeld worden. De volgende watertypen worden hierbij onderscheiden

Inundatietype
Stagnatie regenwater op slecht doorlatende laag
Oppervlaktewater
Onbekend
Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten
Kwelwater (zoet)
Kwelwater (brak)
Zeewater

- Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000

Kaarteenheid van de bodemkaart 1 : 50 000 die op grond van dit profiel toegekend zou worden (zie Steur et al. 1987 en Ten Cate et al. 1995). In deze eenheid zijn zowel de bodemeenheid als de grondwatertrap verwerkt.

Humusvorm

Codering voor de humusvorm (zie Van Delft 2001).

Ontkalkingsdiepte

Diepte in cm tot waar het profiel kalkloos is. Als het gehele profiel kalkloos is wordt hier 999 ingevuld.

Bewortelbare diepte

Theoretische bewortelbare diepte, geschat op basis van profielkenmerken. Deze is soms groter dan de diepte waarop ook werkelijk wortels worden aangetroffen. (zie Ten Cate et al. 1995).

Effectieve bewortelbare diepte

Diepte waar in de praktijk de meerderheid van de wortels worden aangetroffen Deze diepte kan geringer zijn dan de bewortelbare diepte.

Spreiding profielkenmerken

Indien de profielopbouw op meerdere plaatsen in de directe omgeving sterk afwijkt kan hier aangegeven worden wat de spreiding is.

- Grafieken

Humusprofiel

Voor de lagen tot 40 cm – mv is hier een schematische weergave gegeven van de profielopbouw.

pH profiel

Het pH verloop tot 40 cm – mv. is hier grafisch uitgezet, om een idee te krijgen van de variatie in zuurgraad bovenin het profiel. De waarden in deze grafiek zijn afkomstig van de metingen die met pH strookjes in de verschillende horizonten gedaan zijn (zie bij profielopbouw).

Kenmerken van de horizonten

Horizontcode

De horizont is gecodeerd volgens de indeling in tabel 1. Een cijfer vóór de code geeft een volgorde aan voor verschillende soorten moedermateriaal. Als twee opeenvolgende horizonten een zelfde code zoude krijgen worden ze van elkaar onderscheiden door een volgnummer achter de code.

Diepte

Begin- en einddiepte van de horizont. Voor ectorganische horizonten vullen we hier een negatieve waarde in: cm boven maaiveld, waarbij het maaiveld overeenkomt met de eerste endorganische horizont. Een S horizont beschouwen wij hier als een ectorganische horizont.

Grens/vorm en afmeting

In deze kolom worden codes voor de vorm en de afmeting van de grens tussen twee horizonten gecombineerd.

De vorm van de grens tussen twee horizonten met de volgende klassen:

GRENS_VORM	Omschrijving
IR	Irregular, welvingen dieper dan breed
SM	Smooth, vrijwel vlak
WA	Wavy, welvingen breder dan diep
BR	Broken, discontinu

De dikte van de grens tussen twee horizonten met de volgende klassen:

GRENS_AFMETING	Omschrijving
AB	Abrupt, < 5 mm
CL	Clear, 5 - 10 mm
DI	Diffuse, 11 - 20
GR	Gradual, > 20

Organische stof/%

% organische stof

Organische stof/Aard

Aard van de organische stof, bij humushoudende zandbovengronden

AARD	Omschrijving
1	bruin
2	zwart (mild)
3	zwart (wreed)

Organische stof/VS

Veensoort, alleen voor moerige lagen

Veensoort	Omschrijving
BA	Bagger
BE	Eutroof broekveen
BM	Mesotroof broekveen
C	Zeggeveen
CR	Zeggerietveen
D	Veraard of verweerd veen
DK	Veraard of verweerd veen, relatief kleirijk
DV	Veraard of verweerd veen, overige
DZ	Veraard of verweerd veen, relatief zandrijk
OV	Overige veensoorten
R	Rietveen
RC	Rietzeggeveen
S	Overig veenmosveen
SP	Spalterveen
VV	Verslagen veen, detritus
J	Bolster
B	Boveen
GL	Gliede
GY	Gyttja
L	Strooisel

Textuur/<2μ

Lutumpercentage

Textuur/50μ

Leem;percentage

Textuur/M50

Mediaan van de zandfractie (zandgrofheid)

Kalk

Kalkklasse, bepaald met zoutzuur

Code	Omschrijving
1	kalkloos; geen opbruising
2	kalkarm; hoorbare opbruising
3	kalkrijk; zichtbare opbruising

Geo

Geologische formatie

Code	Omschrijving
110	Moerig materiaal, zonder herkenbare plantenresten (bijv. veraard of sterk verweerd)
120	Boveen, eutroof broekveen
130	Zeggeveen, rietzeggeveen, mesotroof broekveen
140	Rietveen, zeggerietveen
150	Veenmosveen
152	Overig veenmosveen
160	Sedimentair veen (bijv. gliede, gyttja, bagger, meerbodem, detritus)
170	Strooisellaag
190	Overige veensoorten (bijv. Scheuchzeriaveen)
320	Holocene afzettingen van Rijn of Maas
410	Dekzand
411	Jong dekzand
692	Antropogeen homogeen (bijv. mestdek, toemaakdek)

ST

Structuurtype (met name van organische horizonten) volgens volgende klassen:

STRUKTUURT	Omschrijving
BL	Blocky; rechthoekig afgevlakte delen
CM	Compact matted; horizontaal gelaagd, ingedrukt
GR	Granular; afgeronde delen
MA	Massive
NM	Non-compact matted, horizontaal gelaagd, niet ingedrukt
RE	Recumbent
SP	Single particals, losse delen
WO	Woven, verweven, meestal door wortels, moeilijk los te trekken
ER	Erect, verticaal

Wortels/A

Aantal wortels uitgedrukt per 6,25 cm² (dat is 1 inch²) in de volgende klassen:

WORT_AANT	Omschrijving
AB	Abundant; > 30 per 6,25 cm ²
PF	Plentiful; 21 - 30 per 6,25 cm ²
CO	Common; 11 - 20 per 6,25 cm ²
FE	Few; 3 - 10 per 6,25 cm ²
VF	Very few; 0 - 3 per 6,25 cm ²
NO	None; 0 per 6,25 cm ²

Wortels/D

Dikte van de wortels in mm. Als er meerdere diktes door elkaar voorkomen geven we de dominante dikte op. We gebruiken de volgende klassen:

WORT_GROOT	Omschrijving
VF	Very fine; < 1mm
FI	Fine; 1 - 2 mm
ME	Medium; 3 - 10 mm
CO	Coarse; 11 - 25 mm
VC	Very Coarse; > 25

Wortels/R

Richting van de wortels in de volgende klassen:

WORT_RICHT	Omschrijving
RA	Random
HO	Horizontaal
VE	Vertical
OB	Oblique (scheefstaand)

Aanhangsel 2 Profielbeschrijvingen

Zie voor gebruikte indelingen en coderingen aanhangsel 1

Profielbeschrijving PLT06

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
362	De Plateaux			PLT06	20-3-2001
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
156190	364267	0	57B	57B	29
Projectnr	Project			Opnemer	
10647	OBN-vloevelden			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel	<input checked="" type="checkbox"/>
Maaien (natuur)				Bodemprofiel	<input checked="" type="checkbox"/>
Opmerkingen over de locatie					
zie toelichting					

Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
hz3b - lemige dekzandgebieden en dekzand op leem			
Geomorfologie	Microrelief	Helling	Expositie
dekzandwelling	GO		
Vegetatietype (SBB)			
Klasse	Onbepaald		
Verbond	Onbepaald		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzingsgebied			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	130		34	24	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
10			1	Oppervlaktewater	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
2q423 wVao	cHn23 - wVao	LDA - Akkermullmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	60	7	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µM50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	worm	Opmerkingen
1AMh	0 - 7	SMDI		8 3	20 145	5,6 1		692 WO	PFVFRA	worm	
1Aaeg	7 - 35	SMGR		5 3	20 145	5,5 1		692 MA	FEVFVE		loodzand + enkele roestvlekjes
2Ahb	35 - 40	SMGR		12 3	25 130	1		410 MA	VFFVFE		zwart
2Bhs	40 - 55			6 3	25 130	5,1 1		410	VFFVFE		zwartbruin
2BC	55 - 70				20 140	5 1		410	VFFVFE		roodbruin
2C	70 - 130				15 140	5 1		410	NO		geelbruin
2Cr	130 - 150				15 140	1		410	NO		

Toelichting

coördinaten +- 6 m (zw hoek pq)

Bevloed sinds 1984, ca 4 weken per jaar aaneengesloten. Bevloeiing via kanaaltjes met water uit Schelde-Maaskanaal

Perceel onlangs nog bevloed

pH waarden rel hoog voor podzol. Effect bevloeiing?

Profielbeschrijving PLT12

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum	
363	De Plateaux			PLT12	20-3-2001	
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof	
156176	364291	0	57B	57B	28	
Projectnr	Project			Opnemer		
10647	OBN-vloevelden			Bas van Delft		
Bodemgebruik						
GR - grasland, blijvend						
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel <input checked="" type="checkbox"/>		
Maaien (natuur)				Bodemprofiel <input checked="" type="checkbox"/>		
Opmerkingen over de locatie zie toelichting						

Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
hz3b - lemige dekzandgebieden en dekzand op leem			
Geomorfologie		Microrelief	Helling
dekzandwieling		GO	Expositie
Vegetatietype (SBB)			
Klasse	Onbepaald		
Verbond	Onbepaald		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzingsgebied				Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
15	130		46	36	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur		Inundatietype
37					

Profielgegevens

Standaardpuntencode		Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm		
2q423 Vao		cHn23 - Vao	LDA - Akkermullmoder		
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte		Spreiding profielkenmerken	
999	60	15			

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof	Textuur	pH	K	R	Vlekken	Geo	ST	Wortels	worm	Opmerkingen
				% A V	<2μ <50μ M50				A Hue V/C			A D R		
1AMh	0 - 4	SMCL		10 3	20 145	4,3	1			692	WO	ABVFRA	worm	dichtere wortelmat dan PLT06
1Aae	4 - 15	SMGR		6 3	20 155	4,8	1			692	MA	COVFRA	worm	
1Aaeg	15 - 32	SMAB		5 3	20 155		1			692	MA	FEVFRA		wat roest
2Ahb	32 - 40	SMGR		10 3	20 145	5,1	1			411	MA	VFVFE		
2E	40 - 50			4	11 160	5,6	1			411		NO		grijsbruin
2Bhs	50 - 60			6	11 160	5,6	1			411		VFVFE		
2BC	60 - 80				11 160		1			411		NO		
2C	80 - 130				16 145		1			410				
2Cr	130 - 150				18 140		1			410				grindjes

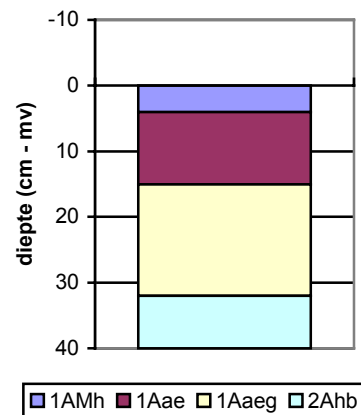
Toelichting

coördinaten +- 6 m (zw hoek pq)

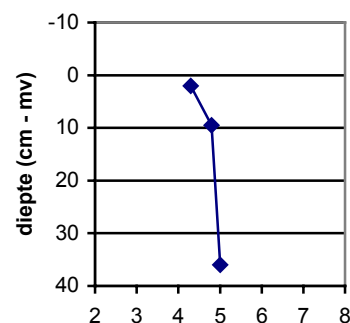
Perceel is oud vloeiveld. Sinds decennia niet meer bevoeid. Geldt als blanco voor bevoeid perceel ten zuiden (zie PLT06)

pH waarden vanaf 32 cm rel hoog voor podzol. Tussen percelen lopen aanvoerslootjes van bevoeiingssysteem. Mogelijk stroomt hieruit zijdelings water toe.

Humusprofiel



pH-profiel



Profielbeschrijving ZB02

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum	
367	Zijdebrug			ZB02	29-5-2001	
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof	
110395	432736	0	38D	38D		
Projectnr	Project			Opnemer		
10647	OBN-vloevelden			Bas van Delft		
Bodemgebruik						
GR - grasland, blijvend						
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel <input checked="" type="checkbox"/>		
Maaien (natuur)				Bodemprofiel <input checked="" type="checkbox"/>		
Opmerkingen over de locatie punt ca 5 m NNO van buis 3						

Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotop			
lv1b - zoete veenweiden			
Geomorfologie		Microrelief	Helling
veen met kleidek		VL	
Vegetatietype (SBB)		16A1	
Klasse		Molinio-Arrhenatheretea	
Verbond		Junco-Molinion	
Associatie		Cirsio-Molinietum	
Subassociatie		Onbepaald	

Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied, gedraineerd				Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	40		19	10	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur		Inundatietype
0					

Profielgegevens

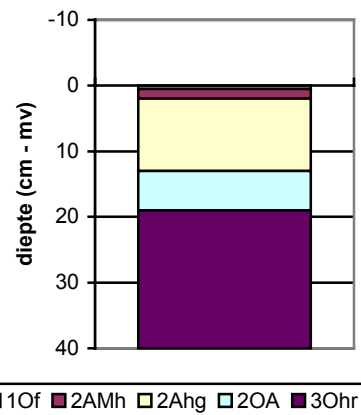
Standaardpuntencode		Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm		
1db la		hVb - la	sfEDf - Schrale, fluviaale-Beekeerdermoder		
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte		Spreading profielkenmerken	
999	50	19			

Profielopbouw

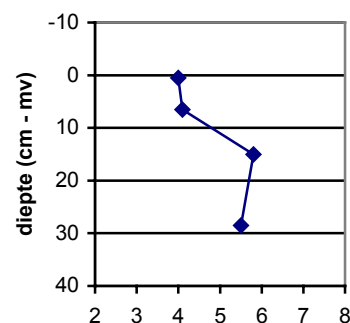
Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A	Textuur <2µ <50µM50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	worm	Opmerkingen
1Of	0 - 0,5	SMAB		100	S			150 SP	NO		
2AMh	0,5 - 2	SMDI		15	OV30	4 1 4		320 WO	PFVFRA		
2Ahg	2 - 13	SMGR		15	DK30	4,2 1 4		320 BL	COVFRA		roestig
2OAg	13 - 19	SMGR		20	DK30	5,8 1 4		320 BL	VVFVRA		zwak roestig
3Ohr	19 - 50			60	BE	5,5 1 4		120	NO		roodbruin, snel zwart
3Ogr	50 - 80			60	BE	5,8 1 4		120	NO		bruin, snel zwart

Toelichting

Humusprofiel



pH-profiel



Profielbeschrijving ZB01

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum	
368	Zijdebrug			ZB01	29-5-2001	
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof	
110411	432715	0	38D	38D		
Projectnr	Project			Opnemer		
10647	OBN-vloevelden			Bas van Delft		
Bodemgebruik						
GR - grasland, blijvend						
Beheer				Plagjaar	Humusprofiel	<input checked="" type="checkbox"/>
Maaien (natuur)					Bodemprofiel	<input checked="" type="checkbox"/>
Opmerkingen over de locatie						
bij buis 2; bevoeding waarschijnlijk alleen in slenken						

Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
lv1b - zoete veenweiden			
Geomorfologie	Microrelief	Helling	Expositie
broekveen met kleidek (afgegraven)	GO		
Vegetatietype (SBB) 16A1			
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Junco-Molinion		
Associatie	Cirsio-Molinietum		
Subassociatie	Onbepaald		

Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied, gedraineerd				Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	30		17	9	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0			2	Oppervlaktewater	

Profielgegevens

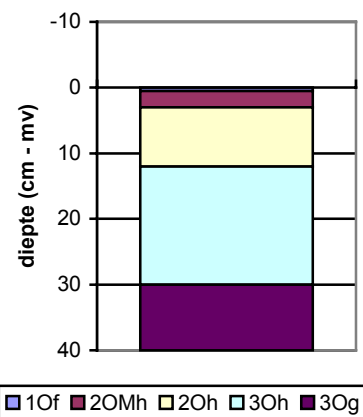
Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1vb G wla	Vb G - wla	sEDf - Schrale-Beekeerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreading profielkenmerken
999	30	12	

Profielopbouw

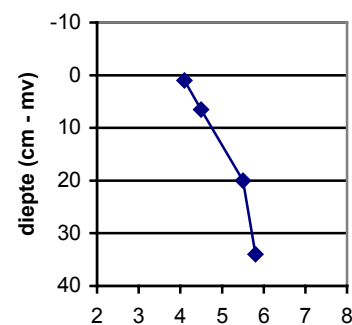
Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof	Textuur	pH	K	R	Vlekken	Geo	ST	Wortels	worm	Opmerkingen
				% A V	<2µ <50µM50				A Hue V/C			A D R		
1Of	0 - 0,5	SMAB		100	S					150	SP	NO		
2OMh	0,5 - 3	SMDI		80	DK	10	4,2	1	4	110	WO	PFVFRA		
2Oh	3 - 12	SMCL		60	DK	15	4,5	1	4	110	MA	COVFRA	worm	bruin
3Oh	12 - 30	SMGR		70	D		5,5	1	3	110	SP	VFVFE		donker bruin, snel zwart
3Og	30 - 80			70	BE		5,8	1	3	120		NO		bruin, snel zwart

Toelichting

Humusprofiel



pH-profiel



Profielbeschrijving ZB12

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum	
369	Zijdebrug			ZB12	29-5-2001	
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof	
110430	432694	0	38D	38D		
Projectnr	Project			Opnemer		
10647	OBN-vloevelden			Bas van Delft		
Bodemgebruik						
GR - grasland, blijvend						
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel <input checked="" type="checkbox"/>		
Maaien (natuur)				Bodemprofiel <input checked="" type="checkbox"/>		
Opmerkingen over de locatie bij buis 1						

Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotop			
lv1b - zoete veenweiden			
Geomorfologie		Microrelief	Helling
bosveen, kleidek afgraven		VL	
Vegetatietype (SBB)		16A1	
Klasse		Molinio-Arrhenatheretea	
Verbond		Junco-Molinion	
Associatie		Cirsio-Molinietum	
Subassociatie		Onbepaald	

Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied, gedraineerd				Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	25		16	8	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0					

Profielgegevens

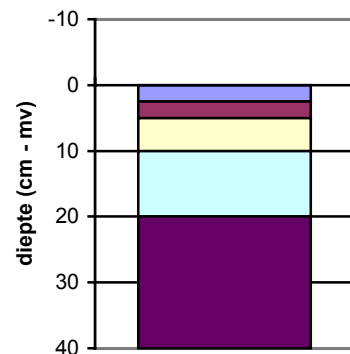
Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1vb G la	Vb G - la	sEDf - Schrale-Beekeerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreading profielkenmerken
999	50	20	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A	Textuur <2µ <50µM50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	worm	Opmerkingen
1Of	0 - 2,5	SMAB		100	S	4 1		150 SP	FEVFHO		
2OMm	2,5 - 5	SMCL		80	DK 10	4 1		10 WO	ABVFRA	worm	donker bruin
2OMh	5 - 10	SMDI		60	DK 10	4,5 1		10 WO	PFVFRA		bruin
2Oh	10 - 20	SMDI		50	DK 15	5,3 1		10 MA	COVFRA		bruin
3Ohr	20 - 50			60	BE	5,3 1		120 MA	VFFIRA		roodbruin, snel zwart
3Ogr	50 - 100			60	BE	5,3 1 3		120	NO		bruin

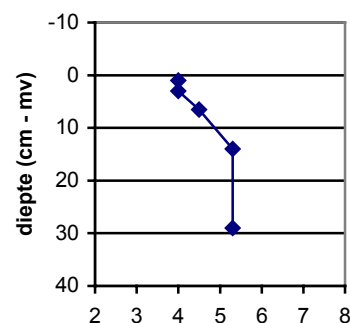
Toelichting

Humusprofiel



1Of 2OMm 2OMh 2Oh 3Ohr

pH-profiel



Profielbeschrijving ZB15A

Administratieve gegevens

Idcode		Terrein		Alfacode		Datum	
370		Zijdebrug		ZB15A		29-5-2001	
X-coördinaat		Ycoördinaat		m+NAP		Topkaart TDN	
110389		432683		0		38D	
Oud		Cent. prof					
38D							
Projectnr		Project		Opnemer			
10647		OBN-vloevelden		Bas van Delft			
Bodemgebruik							
GR - grasland, blijvend							
Beheer				Plagjaar		Humusprofiel <input checked="" type="checkbox"/>	
Maaien (natuur)						Bodemprofiel <input checked="" type="checkbox"/>	
Opmerkingen over de locatie							
extra opname hVb, niet bevoeid							

Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotop			
lv1b - zoete veenweiden			
Geomorfologie		Microrelief	Helling
veen met kleidek		VL	
Expositie			
Vegetatietype (SBB) 16A1			
Klasse Molinio-Arrhenatheretea			
Verbond Junco-Molinion			
Associatie Cirsio-Molinietum			
Subassociatie Onbepaald			

Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied, gedraineerd				Berekende GVG	
GHG (veld)		GLG (veld)		GVG (veld)	
0		30		polder 17	
				stroomgebied 9	
GWS		pH (veld)		EGV (veld; mS/m)	
0				Inundatieduur	
				Inundatietype	

Profielgegevens

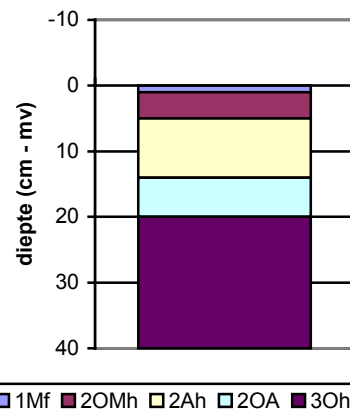
Standaardpuntencode		Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
1db la		hVb - la		sfEDf - Schrale, fluviaale-Beekeerdermoder	
Ontkalkingsdiepte		Bewortelbare diepte		Effectieve bewortelbare diepte	
999		30		14	
Spreading profielkenmerken					

Profielopbouw

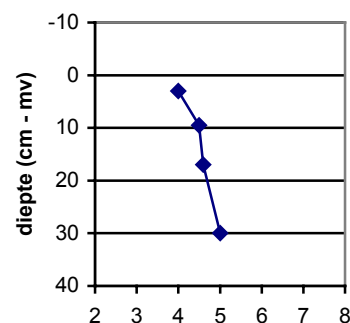
Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof	Textuur	pH	K	R	Vlekken	Geo	ST	Wortels	worm	Opmerkingen
				% A	<2µ	<50µ	M50		A	Hue	V/C	A	D	R
1Mf	0 - 1	SMCL		90	OV					190	WO	ABVFRA		
2OMh	1 - 5	SMDI		40	DK	10		4	1	5		110	WO	PFVFRA
2Ah	5 - 14	SMGR		15	DK	30		4,5	1	4		320	MA	COVFRA
2OA	14 - 20	SMGR		25	DK	20		4,7	1	4		120	MA	FEVFRA
3Ohr	20 - 50			60	BE			5	1	3		120	NO	veel houtresten
3Ogr	50 - 80			60	BE			5,8	1	3		120	NO	bruin

Toelichting

Humusprofiel



pH-profiel



Aanhangsel 3 Chemische analyses

Terrein	Behandeling	Code	horizont	diepte	pH	org. stof	Uitwisselbaar (pH=8,1)					Pot CEC	
							KCl	Ca	Mg	K	Na		H
				cm-mv	%	cmol+/kg							
Reesdal	bevoeid	RDV 1.1	Mm	0-3	3.7	71.07	13.29	1.13	1.73	1.16	93.3	0.00	110.6
	bevoeid	RDV 1.2	zOh	3-15	4.0	46.87	16.83	0.46	0.39	0.31	91.2	0.00	109.2
	bevoeid	RDV 1.3	zOfr	20-30	4.3	90.91	68.37	1.86	0.08	0.57	138.2	0.00	209.1
	blanco	RDB 1	Mm	0-4	3.9	88.74	60.00	1.85	0.10	0.56	150.2	0.00	212.7
	blanco	RDB 1	Oh	4-20	3.8	82.91	13.85	1.17	1.22	1.08	103.4	0.00	120.7
blanco	RDB 1	Om	20-40	3.9	63.46	19.06	0.62	0.79	0.41	103.7	0.00	124.6	
Westbroek	WB 1	Od	-20-40	3.6	90.25	38.21	2.24	0.16	0.86	83.0	0.00	124.5	
	WB 1	Of	2.5-20	3.0	95.39	25.76	5.43	1.12	1.95	77.4	0.00	111.7	
	WB 6	Of1	0-9	2.3	98.24	14.85	4.33	2.15	1.47	112.7	0.00	135.5	
	WB 6	Of2	9-20	2.6	95.74	17.15	3.02	0.52	0.87	77.2	0.00	98.8	
Plateaux	bevoeid	PL-pq6	Ahm	0-7	5.4	8.0	13.44	0.82	0.36	0.15	10.9	0.00	25.7
	bevoeid	PL-pq6	Aae	7-15	5.3	5.9	12.04	0.44	0.11	0.86	13.5	0.00	27.0
	blanco	PL-pq12	Aae	5-15	5.1	6.6	11.12	0.47	0.07	0.01	15.9	0.00	27.6
	blanco	PL-pq12	Aaeg	20-30	5.4	3.2	9.10	0.31	0.04	0.00	12.9	0.00	22.4
Zijdebrug	bevoeid	ZB 01	2Oh	3-12	4.2	72.2	76.00	2.33	0.80	1.39	89.3	0.00	169.8
	bevoeid	ZB 01	3Oh	12-20	4.2	69.5	125.16	2.50	0.35	1.02	109.0	0.00	238.0
	bevoeid	ZB 02	Ahg	2-13	3.9	37.5	39.01	1.52	0.58	0.38	83.3	0.00	124.8
	blanco	ZB 12	Omm+Omh	2.5-10	3.5	53.8	33.25	1.08	0.66	0.67	95.2	0.00	130.9
	blanco	ZB 12	Oh	10-20	4.0	48.0	59.21	1.58	0.47	0.56	93.9	0.00	155.7
	blanco	ZB 15A	Ah	5-14	3.4	55.8	33.27	1.24	0.54	0.63	113.0	0.00	148.7

Terrein	Code	diepte	Fe	FeS2	Fe		Al	P	Bezetting pot CEC				LogK _G	Soil/Solution ratio							
					A.R.	oxalaat			Fe-verz	Ca-verz	H-verz	Cas/Fes			kg/l						
		cm-mv	mg/100 g					(-)													
Reesdal	RDV 1.1	0-3	468.7	470.7	340.8	74.1	65.23	0.07	0.11	0.78	1.53	4.00	0.164								
	RDV 1.2	3-15	501.9	759.0	364.9	394.3	95.89	0.04	0.15	0.81	4.21	5.37	0.339								
	RDV 1.3	20-30	294.4	164.2	214.1	299.9	11.62	0.04	0.32	0.64	8.95	4.80	0.061								
	RDB 1	0-4	240.0	131.5	174.5	237.6	9.58	0.03	0.27	0.69	9.89	4.01	0.078								
	RDB 1	4-20	511.7	591.8	372.1	104.0	186.18	0.06	0.11	0.80	1.74	4.89	0.108								
RDB 1	20-40	440.9	491.4	320.7	304.9	203.23	0.06	0.14	0.78	2.52	5.31	0.229									
Westbroek	WB 1	-20-40	72.2	85.6	52.5	79.3	9.74	0.01	0.30	0.66	38.27	3.08	0.053								
	WB 1	2.5-20	79.8	8.2	58.0	31.0	37.17	0.02	0.23	0.68	10.52	2.89	0.034								
Terrein	Behandeling	Code	horizont	diepte	pH	EGV	HCO3-	Ca	Mg	K	Na	Fe	Al	SO4	Cl						
	WB 6	9-20	38.4	29.5	27.9	23.0	21.9	21.4	0.01	0.17	0.76	21.12	2.65	2.65	0.033						
Plateaux	PL-pq6	0-7	38.4	29.5	27.9	23.0	21.9	21.4	0.01	0.17	0.76	21.12	2.65	2.65	0.033						
Reesdal	bevoeid	RDV 1.1	Mm	0-3	5.02	282.1	23.0	156.9	0.50	22.16	4.23	3.80	17.26	0.49	55.64	16.62	0.560	5.09	9.2	170.2	
	bevoeid	RDV 1.2	zOh	3-15	6.52	16.9	18.1	145.0	0.40	21.14	5.0	0.56	1.63	14.13	2.68	14.76	0.000	5.09	3.0	44.6	
	bevoeid	RDV 1.3	zOfr	20-30	6.31	70.1	19.0	113.2	0.30	11.21	0.5	0.04	1.04	10.76	3.26	30.41	0.040	5.06	2.38	237.2	
Zijdebrug	blanco	ZB 01	RDB 1	0-4	5.30	58.6	55.6	284.6	0.55	41.92	4.6	0.63	3.07	16.84	5.2	201.87	21.951	840	4.58	0.684	
	blanco	ZB 01	RDB 1	4-20	5.85	39.0	21.6	398.4	0.10	28.21	3.33	0.04	1.02	15.20	2.08	27.02	0.280	3.48	1.0	0.57	
	blanco	ZB 02	RDB 31	20-40	6.40	32.1	20.2	499.5	0.25	34.20	4.7	0.12	1.00	12.45	1.49	15.830	0.000	3.20	9.0	0.450	
Westbroek	ZB 12	WB 10	Oh	10-20	4.90	91.7	8.0	458.5	0.11	47.94	1.7	0.04	0.56	8.39	0.71	0.58	10.940	0.005	3.98	7.2	0.220
	ZB 12	WB 20	Oh	10-20	4.59	94.5	8.8	497.9	0.10	40.63	7.0	0.26	0.57	7.35	0.59	0.85	20.520	0.000	2.99	5.4	0.475
	ZB 15A	WB 15	Ah	5-14	4.24	23.3	7.1	461.8	0.09	34.24	6.4	0.26	0.22	6.19	0.74	0.39	10.860	0.000	3.36	6.8	0.375
Plateaux	WB 6	Of2	9-20	4.20	9.7	0.03	3.29	0.68	0.82	7.56	0.53	0.006	0.00	22.5							
	bevoeid	PL-pq6	Ahm	0-7	6.92	26.3	0.65	23.13	2.58	3.23	18.17	0.00	0.20	3.68	59.1						
	bevoeid	PL-pq6	Aae	7-15																	
	blanco	PL-pq12	Aae	5-15																	
blanco	PL-pq12	Aaeg	20-30																		
Zijdebrug	bevoeid	ZB 01	2Oh	3-12	6.28	23.2	0.60	20.42	2.78	1.15	19.11	3.31	0.19	6.46	60.2						
	bevoeid	ZB 01	3Oh	12-20	5.18	42.1	0.10	47.41	4.27	0.68	17.95	2.41	0.18	120.08	52.3						
	bevoeid	ZB 02	Ahg	2-13	4.94	13.1	0.05	10.33	1.42	0.90	7.04	2.60	0.18	3.10	33.4						
	blanco	ZB 12	Omm+Omh	2.5-10	4.89	14.0	0.10	10.63	1.19	0.97	9.15	4.70	0.29	10.00	29.1						
	blanco	ZB 12	Oh	10-20	4.48	36.6	0.02	40.40	3.52	0.58	13.45	0.41	0.46	129.20	29.3						
	blanco	ZB 15A	Ah	5-14	4.65	22.3	0.02	19.63	2.25	1.01	13.52	2.44	0.43	30.80	38.0						

Bodemvocht:

Aanhangsel 4 ECOSAT berekening standplaats Zb12-OmM

Run	pe	pH	Ion-species							Minerals					Ads. complex	
			mol/l												Fracie	
			SO4	HCO3	Fe_2+	H2PO4	vivianiet	gibbsiet	Amrf goethiet	pyriet	Ca-verz	H-verz.				
1	8	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-14	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
2	7	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-13	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
3	6	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-12	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
4	5	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-11	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
5	4	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-10	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
6	3	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-09	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
7	2	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-08	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
8	1	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.60E-07	4.87E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
9	0	4.80	4.75E-03	4.22E-06	9.57E-06	4.86E-03	0.00E+00	9.47E-05	1.10E-01	0.00E+00	0.25	0.75				
10	-1	5.03	7.26E-07	6.94E-06	2.04E-05	4.84E-03	0.00E+00	9.44E-05	1.07E-01	2.45E-03	0.36	0.64				
11	-2	5.04	2.75E-14	7.06E-06	1.93E-04	4.69E-03	0.00E+00	9.44E-05	1.07E-01	2.45E-03	0.37	0.63				
12	-3	5.12	5.45E-21	8.48E-06	1.08E-03	2.88E-04	2.30E-03	9.42E-05	9.61E-02	2.45E-03	0.41	0.59				
13	-4	5.27	4.56E-27	1.17E-05	3.84E-03	2.16E-05	2.46E-03	9.38E-05	7.88E-02	2.45E-03	0.50	0.50				
14	-5	5.60	2.91E-31	2.32E-05	2.13E-03	1.11E-05	2.47E-03	9.22E-05	0.00E+00	2.45E-03	0.68	0.32				

