

Bodemchemisch onderzoek Aaltense Goor

Eindrapport

Opdrachtgever: Unie van Bosgroepen • Projectnummer: PR-11.067 • Rapportnummer: 2011.56

Auteurs: Roos Loeb & Roland Bobbink • Datum: 1 februari 2012

Niets uit dit rapport mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek Aaltense Goor

Opdrachtgever: Unie van Bosgroepen

Auteurs:
Roos Loeb & Roland Bobbink

Rapportnummer: 2011.56

Informatie:
B-WARE Research Centre
Radboud Universiteit Nijmegen
Postbus 9010
6500 GL Nijmegen
Tel: 024-3652812
r.loeb@b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen, 2012.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
Inleiding	5
Aanleiding	5
Gebiedsbeschrijving	5
Belangrijke bodemchemische processen	6
Herintroductie doelsoorten	9
Algemene referentiewaarden	10
Materiaal& Methode	11
Monsternamen	11
Bodemextracties	12
Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid	12
Chemische analyses	13
Resultaten	14
Profielbeschrijvingen	14
Bodemchemie	14
Conclusies	22
Bodemopbouw en chemie	22
Afgraven en/of maaien en afvoeren	22
Hydrologie	24
Vers maaisel aanbrengen en grasmatten verwijderen	25
Literatuur	26
BIJLAGE 1. Boorprofielen door Grontmij	29
BIJLAGE 2. Bodemchemie	33

Samenvatting

De Unie van Bosgroepen stelt in opdracht van Waterschap Rijn en IJssel een inrichtingsplan voor het Aaltense Goor en omgeving op ten behoeve van natuurherstel en waterberging. Onderzoekcentrum B-ware is door de Unie van Bosgroepen gevraagd om een bodemchemisch onderzoek uit te voeren in het oostelijk deel van het gebied: de percelen van Luijten.

Het Aaltense Goor ligt in een kom in het landschap, waardoor zich vroeger veen heeft kunnen ontwikkelen. Dit veen is ontwaterd en afgegraven, waarbij het deelgebied Dalesche Veld, waar de percelen van Luijten liggen, het eerst is ontgonnen. Turfwinning in het westelijk deelgebied heeft tot in het begin van de 20^e eeuw plaatsgevonden. Het onderzoeksgebied heeft een zandige bodem met een bouwvoor van 20-40 cm dikte. Op enkele plekken is binnen 1 m diepte een veen- of kleilaag aangetroffen.

De bouwvoor van het onderzoeksgebied is rijk aan fosfor en heeft een hoge fosfaatbeschikbaarheid. In de bodem daaronder is de totaalconcentratie van fosfor laag, maar de plantbeschikbaarheid van fosfaat nog steeds hoog. Dit betekent dat het plan om de bouwvoor af te graven volstaat voor de verwijdering van fosfor ten behoeve van de ontwikkeling van soortenrijke hooilanden. Daarna zal nog enige tijd door maaien en afvoeren verschaald moeten worden om de fosfaatbeschikbaarheid te verlagen.

De geplande vernatting van het terrein zal na afgraven van de bouwvoor in eerste instantie niet leiden tot een grote toename van de fosfaatbeschikbaarheid. Het grondwater is zeer rijk aan sulfaat. Ook in de toekomstige situatie wordt echter voorspeld dat de grondwaterstand 's zomers diep wegzakt. In die situatie zijn er geen ernstige problemen met het vrijkomen van fosfaat of sulfide te verwachten. Het terrein waar waterberging is gepland, is niet in dit onderzoek betrokken. Er kan daarom geen inschatting van het vrijkomen van fosfaat door de geplande waterberging worden gemaakt.

Inleiding

Aanleiding

De Unie van Bosgroepen stelt in opdracht van Waterschap Rijn en IJssel een inrichtingsplan op voor het Aaltense Goor. Het Aaltense Goor ligt in de Achterhoek tussen Aalten en Lichtenvoorde. Het inrichtingsgebied bestaat uit het natuurreservaat Aaltense Goor (TOP-gebied), dat eigendom is van Staatsbosbeheer, gronden ten noordwesten van het huidige natuurreservaat (het Zwarte Veen) en gronden ten zuidoosten van het natuurreservaat (een deel van het Dalesche Veld, ook wel percelen van Luijten genoemd). Voor kaarten met de ligging van het perceel, historische kaarten, bodemkaarten, etc. wordt verwezen naar het hoofdrapport van de Unie van Bosgroepen (Jansen et al., 2011). Het doel van de herinrichting van het plangebied is het verhogen van de natuurkwaliteit en het verbeteren van de hydrologie ten bate van de verdrogingsbestrijding van het TOP-gebied Aaltense Goor. De gronden ten zuidoosten van het Aaltense Goor zijn inmiddels verworven en Onderzoekcentrum B-ware is door de Unie van Bosgroepen gevraagd om een beoordeling te geven van de bodemchemie van deze voormalige agrarische gronden (Dalesche Veld). Deze beoordeling spitst zich voornamelijk toe op de fosfaatrijksdom van de gronden en op het risico voor interne eutrofiëring bij vernatting.

Gebiedsbeschrijving

Tot halverwege de 19^e eeuw vormden het Zwarte Veen, het Aaltens Goor en het Dalesche Veld één aaneengesloten, nat, nog niet ontgonnen terrein in een laagte tussen de stuwwallen. In de tweede helft van de 19^e eeuw is het Dalesche Veld ontgonnen en is er begonnen met veenwinning in het huidige Zwarte Veen en Aaltense Goor. Deze verving is tot eind jaren '20/begin jaren '30 van de 20^e eeuw doorgegaan. Het Dalesche Veld bestond sinds de tweede helft van de 19^e eeuw uit een coulissenlandschap met kleine percelen die omsloten werden door houtwallen en die via kleine sloten werden gedraineerd. De toenmalige verkaveling leek sterk op de verkaveling die nu nog in het Aaltense Goor is terug te vinden. Langs de Boterdijk lag een aantal percelen dat dwars verkaveld was ten opzichte van de percelen in het Aaltense Goor. De ontgonnen percelen in het Dalesche Veld en het Aaltense Goor werden voornamelijk als grasland (hooiland) gebruikt. De kleinschalige verkaveling in het Dalesche Veld ten westen van de Boterdijk heeft lang stand gehouden: pas in het begin van de jaren '90 kreeg het Dalesche Veld zijn huidige verkaveling. (www.watwaswaar.nl; www.ahn.nl).

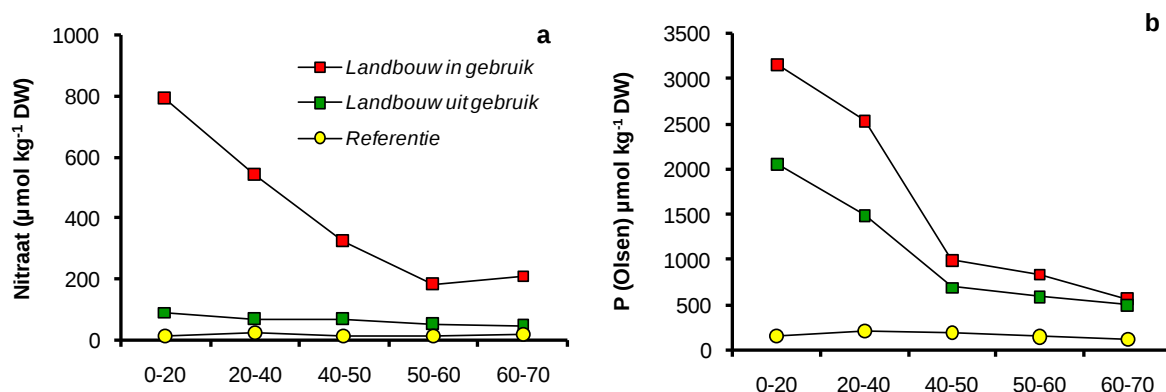
De bodem van de percelen Luijten bestaat voornamelijk uit veldpodzolgronden (www.bodemdata.nl). In het noordwesten, net in het Aaltense Goor ligt een moerige podzol. Ten zuidoosten van het gebied, waarschijnlijk net ten oosten van de Boterdijk, komen beekerdgronden voor, en ten noordoosten van deze dijk gooreerdgronden. Dat de bodem van het in dit rapport onderzochte gebied voornamelijk bestaat uit veldpodzolen, betekent dat er eeuwenlang wegzijging heeft plaatsgevonden, waarbij het kenmerkende uitspoelingsprofiel van podzolen kon ontstaan, onder tamelijk natte omstandigheden.

Uit de ecohydrologische systeemanalyse die is opgesteld door de Unie van Bosgroepen (Jansen et al., 2011) blijkt dat aan oostrand van het plangebied basenrijke regionale kwel uittreedt uit het Oost-Nederlands Plateau, terwijl meer naar het westen sprake is van basenarme lokale kwel. De regionale kwel treedt momenteel alleen uit de diepe sloten, die het gebied draineren. Volgens een typering van Giesen&Geurts betreft het hier water van het CaSO_4 -type (Jansen et al., 2011). De concentratie van sulfaat in het grondwater loopt op tot circa 4400 $\mu\text{mol/l}$ (420 mg/l) (mededeling Waterschap Rijn en IJssel uit onderzoek Witteveen en Bos), wat extreem hoog is. Momenteel is de GLG in de percelen Luijten echter 50-80 cm onder maaiveld (Berekening AGOR 3, Jansen et al., 2011). Bij inrichtingsvariant 2, waarin er geen peilverhoging in de watergang langs de Boterdijk optreedt, maar piekafvoeren via een nieuwe watergang langs de Goorstegendijk worden afgevoerd, is er volgens de berekeningen geen effect op de GLG. De grondwaterstand blijft dus laag in de zomer en negatieve effecten van sulfaat in het maaiveld (sulfidevorming en het vrijkomen van fosfaat dat aan ijzer gebonden was) zijn daarom niet te verwachten.

Belangrijke bodemchemische processen

Fosfaatbeschikbaarheid op voormalige landbouwgronden

De kansen op ontwikkeling van soortenrijke natuur op voormalige landbouwgronden, wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) in de bodem. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid op minerale bodems vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie. Voor de fosfaatbeschikbaarheid gaat dit niet op (figuur 1) omdat dit in de bodem sterk wordt gebonden aan ijzer en calcium waardoor het wordt vastgelegd.



Figuur 1. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) in de bodem op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem (Lamers et al., (2005)).

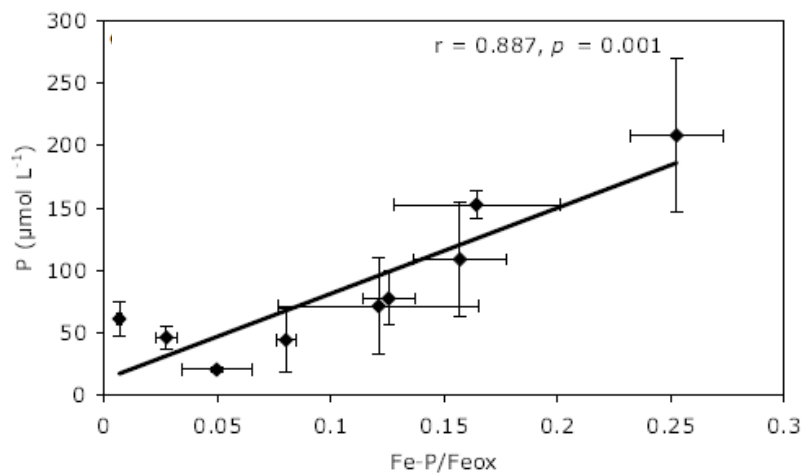
In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders et al., 2006). Met name ijzer(hydr)oxiden zorgen voor de vastlegging van fosfaat in de bodem. Onder anaërobe

condities wordt het ijzer gereduceerd waardoor veel extra fosfaat beschikbaar komt. Indien de bodemlaag sterk verrijkt is met fosfaat zullen snelgroeende, (ongewenste) plantensoorten gaan domineren waardoor laagopgroeende planten overschaduwd worden ("lichtcompetitie") en uiteindelijk een soortenarme plantengemeenschap ontwikkelt. In nattere delen zal Pitrus (*Juncus effusus*) sterk gaan domineren. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden vaak onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde Ausgangssituatie te krijgen (sommige zeer kalkrijke bodems vormen hierop een uitzondering).

Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties van voorheen voedselarme condities mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag daarom meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme Ausgangssituatie te creëren voor de gewenste vegetatietypen. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten.

Peilbeheer en vernatting

Onder permanent natte (reductieve) omstandigheden kan extra P-mobilisatie optreden (interne eutrofiëring). Ijzerreducerende bacteriën gebruiken onder anaërobe omstandigheden de in de bodem aanwezige ijzer(hydr)oxides om organische stof af te breken. Hierbij wordt ijzer gereduceerd tot Fe^{2+} , waaraan fosfaat minder sterk bindt dan aan de geoxideerde vorm. Hoeveel fosfaat er hierbij vrijkomt, hangt af van de tijdsduur van de inundatie en van de verhouding tussen het aan ijzergebonden fosfaat en het ijzer in het systeem (de fosfaatverzadiging) (Loeb et al., 2008a; figuur 2).

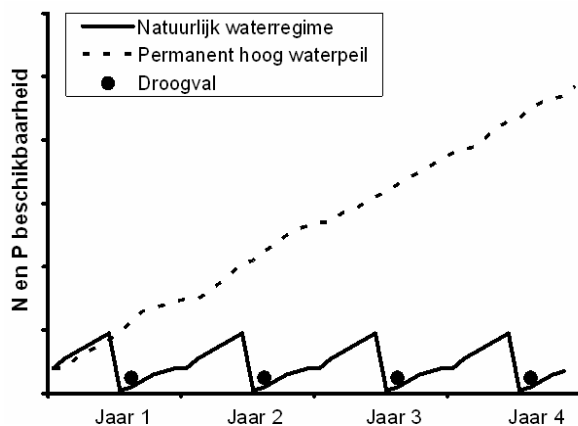


Figuur 2. De fosfaatverzadiging (x-as) bepaalt het vrijkomen van fosfor naar het bodemvocht (y-as) bij overgang van aerobe naar anaërobe omstandigheden.

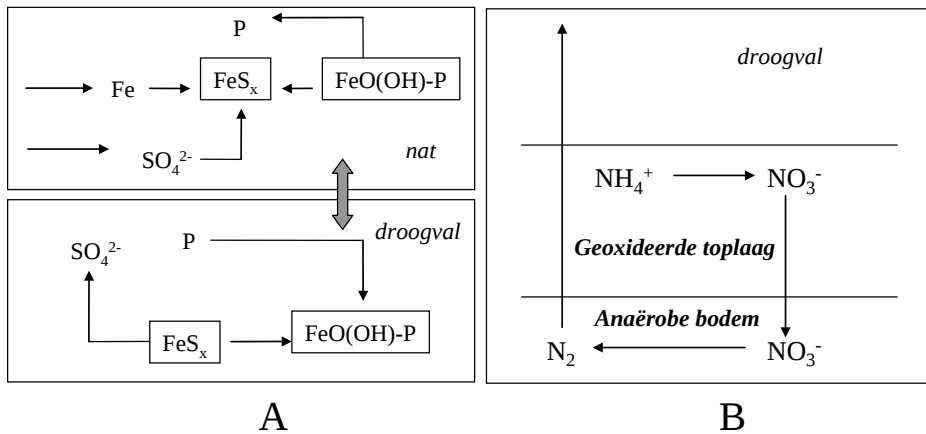
Onder anaërobe omstandigheden wordt sulfaat omgezet in sulfide (rotte-eierenreuk). Sulfide is toxisch, maar wordt onder ijzerrijke omstandigheden gebonden aan ijzer (pyrietvorming). Het sulfide is dan niet meer giftig. Dit proces kan echter wel leiden tot het vrijkomen van extra fosfaat (interne eutrofiëring), omdat sulfide fosfaat van het ijzer kan verdringen, als er geen overmaat van ijzer in de bodem aanwezig is (Smolders & Roelofs, 1995; Smolders & Roelofs, 1996; Lamers et al., 2002). Daarnaast kan ammonium zich in stagnante situaties in de bodem

ophopen, omdat het onder anaërobe omstandigheden niet omgezet kan worden in nitraat. Dit kan nadelige effecten op de vegetatie hebben (Lucassen et al., 2006). Als het grondwater niet wordt opgestuwd maar vrijelijk kan doorstromen, kan een teveel aan ammonium worden afgevoerd, doordat basen (Ca en Mg) ammonium van het bindingscomplex verdringen (Lucassen, 2004a). Ook kan er met het grondwater ijzer aangevoerd worden, wat een positief effect heeft op de binding van fosfaat. Als er veel nitraat wordt meegevoerd met het grondwater, uit bijvoorbeeld landbouwpercelen in het gebied, kan dit ervoor zorgen dat ijzer- en sulfaatreductie niet meer op kunnen treden, omdat nitraat als een redoxbuffer werkt. Nitraat oxideert pyrietlagen, waarbij verzuring optreedt en sulfaat vrijkomt (Lucassen et al., 2004b). Dit sulfaat kan elders weer opkwellen en voor interne eutrofiëring zorgen.

Periodieke droogval in de zomermaanden kan zorgen voor een lagere beschikbaarheid van nutriënten (figuur 3) (Smolders et al., 2003). Figuur 4 toont het schematische overzicht van de biogeochemische processen waarbij sprake is van tijdelijke droogval. Droogval in de zomer is tevens belangrijk omdat het vrijkomen van fosfaat tijdens onder natte omstandigheden sneller gaat bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen (Loeb et al., 2008b). Afhankelijk van de ijzer- en fosfaatconcentratie in de bodem kan enkele weken droogval per jaar al genoeg zijn om ervoor te zorgen dat er niet te veel fosfaat vrijkomt. Als het ijzer echter voor een groot deel verzadigd is met fosfaat (weinig ijzer ten opzichte van fosfaat aanwezig), kan enkele weken tot maanden inundatie al voor problemen zorgen.



Figuur 3. Globale weergave van de nutriëntenbeschikbaarheid bij het hanteren van een natuurlijk peilbeheer (Smolders et al., 2003).



Figuur 4. Schematisch overzicht van de biogeochemische processen die optreden wanneer sprake is van doorstroming gevolgd door tijdelijke droogval (Smolders et al., 2009).

Herintroductie doelsoorten

Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd, is er meestal nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Zeldzame en bijzondere soorten (doorgaans tevens de doelsoorten) vestigen zich meestal niet of slechts na lange tijd als er in de directe omgeving geen doelsoorten aanwezig zijn. Op landbouwgronden is na decennialang intensief agrarisch gebruik van de oorspronkelijke zaadbank vrijwel niets meer over. Door het jarenlange intensieve gebruik met bemesting, spuiten of ploegen is er ook geen toevoer meer van zaden naar de zaadvoorraad. Veelal wordt de nog resterende zaadbank gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, waaronder Pitrus. Er is de afgelopen jaren in Europa veel ervaring opgedaan met het herintroduceren van plantensoorten met vers maaisel, zaden en ander plantmateriaal (Hedberg & Kotowski, 2010; Kiehl et al., 2010; Klimkowska et al., 2007). Als de abiotische uitgangssituatie op orde is gebracht, zijn de resultaten hiervan vaak veelbelovend. In Nederland is er inmiddels ervaring opgedaan met het aanbrengen van vers maaisel in onder andere herstelde kalkgraslanden (Smits et al., 2009), zinkvegetaties (Bobbink et al., 2011), droge graslanden (Van Noordwijk et al., 2011) en vochtige, beekbegeleidende schraallanden (Van Mullekom, 2009). Uit de hiervoor genoemde onderzoeken blijkt telkens dat de vegetatieontwikkeling zowel sneller als vollediger verloopt dan als er na afplaggen geen hooi uit (bij voorkeur lokaal) referentiegebied is aangebracht.

Algemene referentiewaarden

Welke natte natuurdoeltypen zich kunnen ontwikkelen is, naast van voedselrijkdom, pH en mate van buffering van de bodem, onder andere afhankelijk van het verloop van de grondwaterstanden stijghoogte van het grondwater en de chemische kwaliteit van het grondwater. In tabel 1 staan voor een groot aantal natuurdoeltypen de randvoorwaarden aangegeven betreffende grondwaterstanden, bodem-pH en fosfaatbeschikbaarheid.

Tabel 1. Gemiddelde pH en fosfaatconcentraties in de bodem van enkel natte natuurdoeltypen (optimumranges) en een weergave van de gemiddelde hoogste (GHG) en gemiddeld laagste (GLG) grondwaterstand. Bronnen: Ertsen et al. (2005); Bobbink et al. (2007), B-WARE BV (niet gepubliceerde data) & De Becker et al. (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes). In bossen gelden de genoemde waarden niet voor de humus-/strooisellaag en dient de uitgangssituatie veelal lager te zijn.

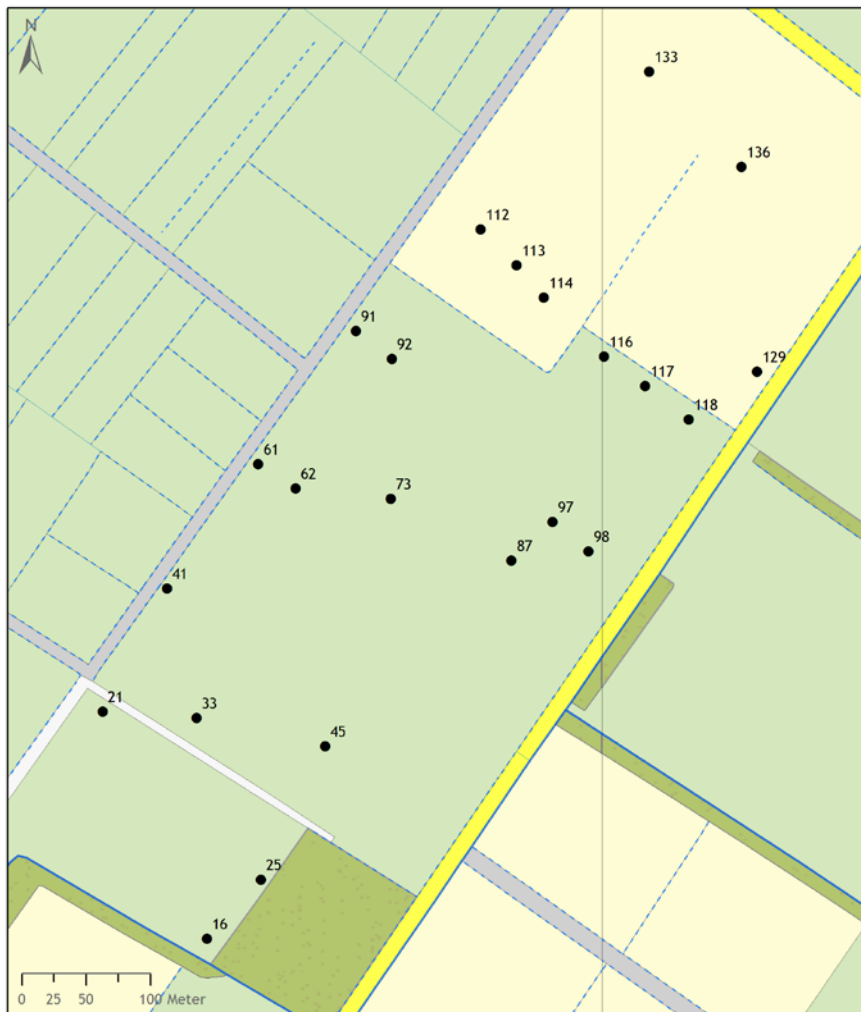
Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H ₂ O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldrusschraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

Gezien de ligging van het Dalesche Veld en de aanwezig veldpodzolgrond zou nat schraalland hier een logische halfnatuurlijke plantengemeenschap zijn. In het inrichtingsplan wordt Dotterbloemhooiland ook als mogelijk doeltype gezien, omdat er aan de oostzijde van de Boterdijk nog Dotterbloemen groeien en er kwelindicatoren zoals Bosbies in de sloten voorkomen (waarneming Unie van Bosgroepen). Voor de ontwikkeling van Dotterbloemhooilanden is basenrijke kwel tot in het maaiveld nodig, met wintergrondwaterstanden die niet dieper uitzakken dan circa 20 cm onder maaiveld; omstandigheden die vooral op beekeerdgronden te vinden zijn. Bij de evaluatie van de fosfaatrijkdom is in dit rapport daarom gekozen om nat schraalland als uitgangspunt te nemen. Voor Dotterbloemhooilanden kunnen iets hogere grenswaarden aangehouden worden (zie tabel 1).

Materiaal& Methode

Monstername

Op 29 september 2011 zijn er door Grontmij bodemonsters genomen in het gebied op door de Unie van Bosgroepen geselecteerde monsterpunten. In eerste instantie was gepland om de monstername eerder te verrichten, maar omdat er eind augustus 2011 nog drijfmest is uitgereden, is er gekozen om de monstername een maand uit te stellen, omdat de mest anders de fosfaatconcentraties sterk zou beïnvloeden. In figuur 5 staat de ligging van de monsterpunten aangegeven. Van elk van de 23 boringen is daarbij een profielbeschrijving tot 100 cm diepte gemaakt (Bijlage 1). Van elk boorpunt is de bodem op 0-20, 20-30, 30-40 en 40-50 cm als apart monster verzameld.



Figuur 5. Ligging van de monsterpunten in het Dalesche Veld (percelen Luijten).

Bodemextracties

Per bodemonmonster werden vervolgens de volgende variabelen bepaald:

- Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid
- Olsen-P (plantenbeschikbare P fractie)
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na destructie met salpeterzuur en waterstofperoxide)

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 24 uur bij 70°C. Uit het vaste volume van deze bakjes werd de bodemdichtheid berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt goed overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen *et al.*, 1954) bepaald. De fosfaatconcentratie bepaald met een Olsen-extractie is sterk gecorreleerd met de opname van P door de vegetatie en geeft een goede voorspelling van de soortenrijkdom van halfnatuurlijke graslanden (Gilbert *et al.*, 2009). Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat (NaHCO_3) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat (CaCO_3). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 100 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milliQ water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

Concentraties in de bodem zijn uitgedrukt per liter bodem omdat dit een beter beeld geeft van de daadwerkelijk voor planten beschikbare concentratie dan uitgedrukt per massa-eenheid.

Chemische analyses

De analyses van calcium, magnesium, kalium, ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel en Olsen-P werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; Techno Electron Cooperation).

Resultaten

Profielbeschrijvingen

De bodem bestond uit zand, dat over het algemeen matig tot zeer fijn en zwak tot sterk siltig was (Bijlage 1). Op boorpunt 33 en 45 (in het zuiden van het gebied) en op boorpunt 97 werd op 80-85 cm diepte een leem- of kleilaag aangetroffen die tot op meer dan 100 cm diepte doorliep. In de noordwesthoek, bij monsterpunt 133 werd op 75 cm diepte een veenlaag van ongeveer 20 cm dik aangetroffen. Alle monsters voor de chemische analyse werden tot op 50 cm diepte genomen, dus alle uit het bovenste zandpakket. De bouwvoor was op de meeste plekken 30 cm dik, maar op sommige plekken ook wat dunner (20 cm) of wat dikker (40 cm). Het percentage organische stof in de bouwvoor varieerde van circa 2 tot circa 10%. Daaronder was het organische stofgehalte tot op 50 cm diepte bijzonder laag, vaak minder dan 1%, behalve in het profiel van monsterpunt 61, waarin de bodem tot op 65 cm flink verstoord is en zich stukjes veen in het profiel bevinden. Uit de boringen bleek dat de GHG meestal 30-50 cm onder maaiveld lag en dat de gemiddeld laagste grondwaterstanden op ongeveer 1 meter of dieper onder maaiveld werden aangetroffen.

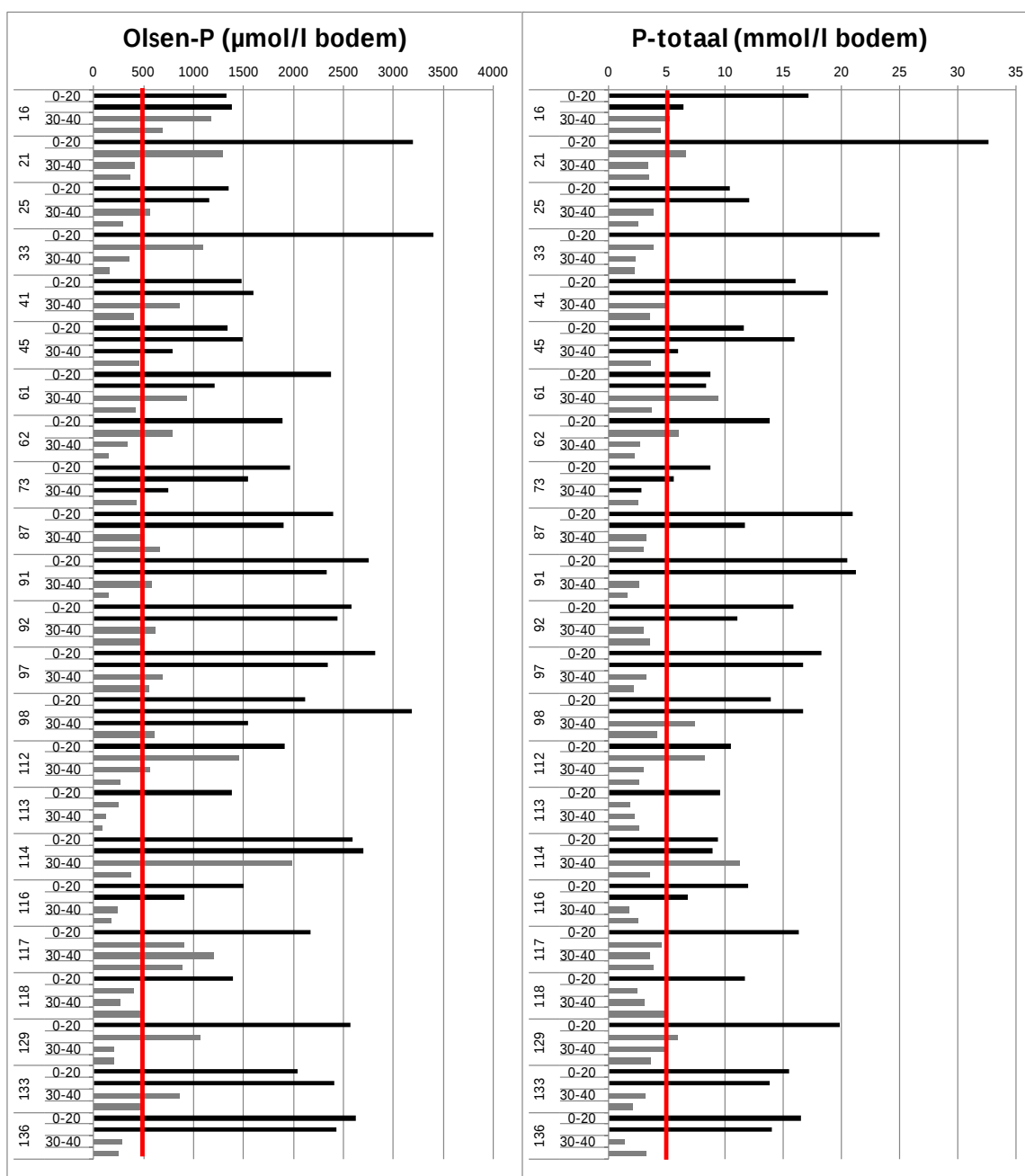
Bodemchemie

De concentratie Olsen-P (een maat voor het plantbeschikbaar fosfaat) varieerde in de bovenste 20 cm van de bodem van het gebied tussen circa 1300 – circa 3400 $\mu\text{mol P/l}$ bodem (monsterpunt 11) (figuur 6 en 7, Bijlage 2). Dit is te hoog voor het natuurdoeltype nat schraalland, waarvoor Olsen-P maximaal circa 500 $\mu\text{mol P/l}$ bodem zou mogen zijn voor een goede ontwikkeling. Voor de meeste monsterpunten was deze concentratie pas zo laag vanaf 30 of 40 cm diepte.

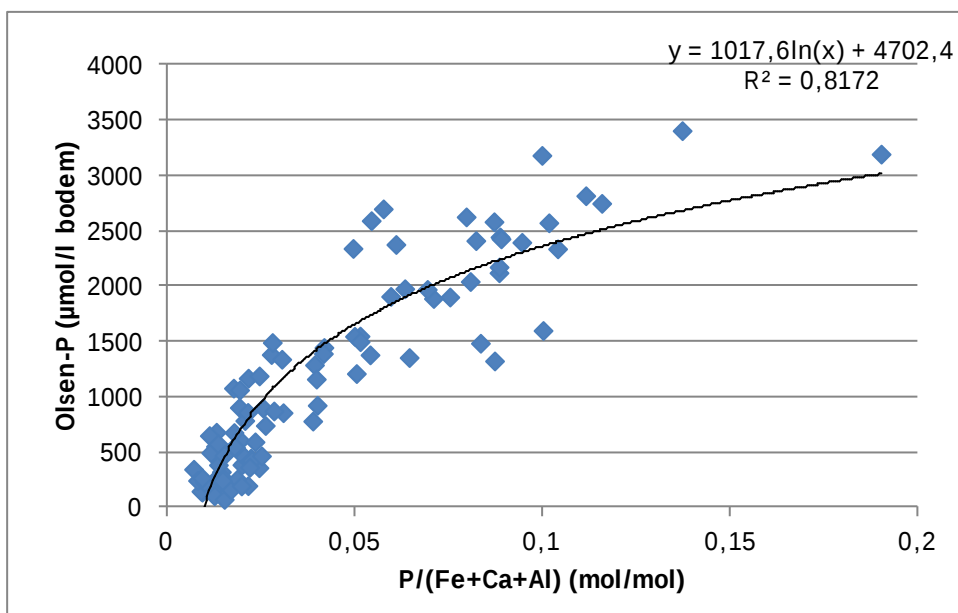
Opvallend was de concentratie totaal-P in veel van de monsterpunten. In de bovenste 20 cm van de bodem lag deze vaak rond 15 $\mu\text{mol P/l}$, wat gezien de hoge concentratie plantbeschikbaar P relatief laag is. De concentratie totaal-P nam beneden de 20 cm diepte sterk af en was op 20-30 cm diepte vaak al lager dan het maximum van 5-10 mmol/l bodem voor natte schraallanden. Te hoge totaal-fosforconcentraties werden voornamelijk in de bouwvoor gemeten, slechts op enkele plekken was de totaalconcentratie ook onder de bouwvoor te hoog, zoals op monsterpunt 61 en 114. Dit was niet het geval voor de concentratie plantbeschikbaar P: deze was vaak onder de bouwvoor ook te hoog. Op een enkele plek (boorpunt 73) was de onderkant van de bouwvoor niet te rijk aan P.

De hoge concentratie plantbeschikbaar P wordt goed verklaard door de verhouding tussen totaal-P en de som van ijzer, aluminium en calcium, de elementen die voor fosfaat in de bodem zorgen (figuur 8). Hoe meer fosfor er aanwezig is ten opzichte van de bindingsplaatsen (een hoge fosfaatverzadiging dus), hoe makkelijker het fosfor beschikbaar is voor planten. Overigens correleert plantbeschikbaar P ook goed met de concentratie totaal-P ($R^2 = 0,76$, $y=121x+221$).

Figuur 6. Ruimtelijke verdeling van de concentratie Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat) op verschillende diepten.



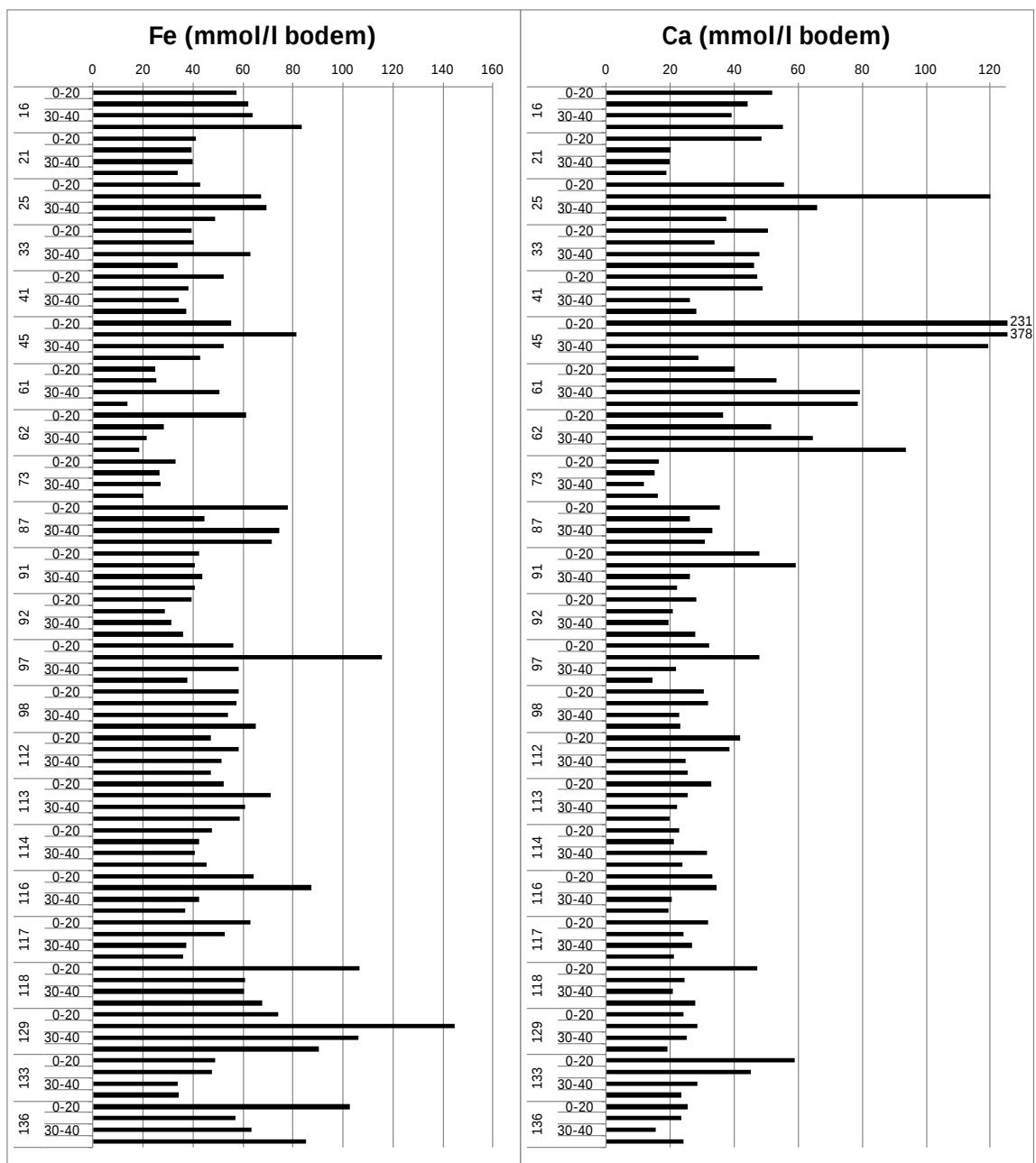
Figuur 7. Olsen-P concentratie ($\mu\text{mol P/l}$ verse bodem) (links) en totaal-P-concentratie (mmol P/l verse bodem) (rechts) in de bodem op verschillende dieptes onder maaiveld (cm). In rood is de maximumconcentratie voor nat schraalland aangegeven. Zwarte balken geven de bouwvoor aan, grijze de bodem onder de bouwvoor.



Figuur 8. Relatie tussen de concentratie plantbeschikbaar P (P-Olsen) en de verhouding tussen totaal P en de som van ijzer, calcium en aluminium.

De concentraties totaal-aluminium en totaal-ijzer, de elementen die in de vorm van (hydr)oxides voor bindingsplaatsen voor fosfaat zorgen, waren laag. De concentratie aluminium varieerde van circa 60 tot iets meer dan 200 mmol/l bodem (meestal rond 90 mmol/l). Dit zijn concentraties die karakteristiek zijn voor (matig) zure zandgronden. In bodems met een hoger klei- of siltgehalte kan de concentratie aluminium oplopen tot boven 600 mmol/l. De ijzerconcentratie varieerde van circa 20 tot 120 en lag in de meeste monsters tussen circa 40 en 60 mmol/l (figuur 9). In gebieden die veel anaerobe kwel ontvangen of hebben ontvangen elders in het land kunnen ijzerconcentraties oplopen tot meer dan 3000 mmol/l bodem. De boorpunten aan de westkant van het perceel hebben de laagste ijzerconcentraties (< 40 mmol/l bodem), terwijl aan de oostkant richting de Boterdijk iets hogere concentraties voorkomen (figuur 10). Aan de oostzijde van het perceel is er vroeger daarom waarschijnlijk meer sprake geweest van ijzerrijke kwel dan aan de westzijde. Hierbij moet opgemerkt worden dat het gezien de lage ijzerconcentraties niet waarschijnlijk is geweest dat er vroeger sprake was van een hoge ijzeraanvoer met kwelwater; ook niet aan de oostzijde van het perceel. De ijzerconcentraties zijn aan de lage kant voor de ontwikkeling van Dotterbloemhooiland of Blauwgrasland.

De zwavelconcentraties in de bodem waren laag (meestal <15 mmol/l bodem, gemiddeld 6 mmol/l bodem) en zijn sterk lineair gecorreleerd met het organische stofgehalte ($R^2 = 0,71$, $y = 1,97x + 1,19$). Het is daarom aannemelijk dat het totaal-zwavel voornamelijk organisch zwavel betreft en geen nauwelijks sulfaat of sulfide, stoffen die onder anaerobe omstandigheden met de binding van fosfaat aan ijzer kunnen interfereren.



Figuur 9. Totaal-ijzer (links) en totaal-calcium (rechts) in de bodem op verschillende dieptes (cm).

Figuur 10. *Ruimtelijke verdeling van de concentratie ijzer in de bodem op verschillende diepten.*

De totaal-calciumconcentratie in de bodem was eveneens laag, op de meeste boorpunten variërend tussen 20 en 40 mmol/l (figuur 11). Alleen boorpunt 45 had tot 40 cm diepte een erg hoge calciumconcentratie (gemiddeld 240 mmol/l). De totaal-calciumconcentratie is in zandige bodems zonder kalkafzetting meestal goed gecorreleerd met de concentratie aan het adsorptiecomplex. Het adsorptiecomplex van organische-stofarme zandgrond is klein, waardoor de gemeten calciumconcentraties toch zullen betekenen dat de basenverzadiging vrij hoog is. Dit wordt ondersteund door de pH-metingen van het bodemvocht die door de Unie van Bosgroepen zijn verricht; deze liggen tussen 5,5 en 7. Voor de ontwikkeling van Blauwgrasland of Dotterbloemhooiland zou de totaal-calciumconcentratie tussen circa 20 en 100 (respectievelijk 200 voor Dotterbloemhooiland) mmol/l bodem moeten liggen (database B-ware). Voor minder gebufferde natte schraallanden zoals het verbond van Zwarte zegge, volstaat een calciumconcentratie van minimaal 10 mmol/l bodem. De calciumconcentraties zijn dus aan de lage kant, maar wel net aan afdoende voor de ontwikkeling van nat schraalland of Dotterbloemhooiland. In de ruimtelijke spreiding van de calciumconcentraties is geen verschil tussen het oostelijke en het westelijke deel van het gebied. In het noordelijke deel van het gebied (noordelijkste raaien) was de calciumconcentratie echter altijd laag. Monsterpunt 45 had erg hoge calciumconcentraties tot 40 cm diepte. Het ontbreken van een verschil tussen oost en west betekent niet dat er vroeger geen verschil is geweest. Anders dan ijzer, spoelt calcium redelijk snel uit, zeker bij de verzuring die na ontwatering optreedt. Daarnaast is er bij het agrarische gebruik waarschijnlijk bekalkt.

Figuur 11. Ruimtelijke verdeling van de concentratie calcium in de bodem op verschillende diepten.

Conclusies

Bodemopbouw en chemie

De bodem van de verworven gronden in het Dalesche Veld (percelen Luijten) hebben een zandbodem (veldpodzol) met op enkele plekken nog een leem- of veenlaag binnen 1 m diepte. Het gebied is sinds het begin van de 20^e eeuw ontwaterd en daarmee verdroogd, waardoor de GLG zich tegenwoordig op (meer dan) een meter diepte bevindt en de GHG op 30-50 cm onder maaiveld. De bouwvoor varieerde van 20 tot 40 cm dik.

De plantbeschikbaar fosforconcentraties waren hoog. Ze waren meestal tot op 40 cm diepte te hoog voor de ontwikkeling van soortenrijke graslanden zoals blauwgrasland of kleine zeggengemeenschappen, natte schraallanden die op deze plek in het landschap gerealiseerd zouden kunnen worden bij herstel van de hydrologie. De concentratie totaal-P was echter niet erg hoog, zeker niet beneden 20-30 cm diepte. Dit kan verklaard worden doordat er vrij weinig ijzer, aluminium en calcium in de bodem aanwezig was, waardoor de fosfaatverzadiging bij een lage totaal-P-concentratie toch relatief hoog is. Hierdoor is de beschikbaarheid van P voor planten hoog, ondanks de lage totaalconcentratie van fosfor. Het is niet duidelijk of de beschikbaarheid van fosfor nog verhoogd is doordat een maand voor monsternamen bemest is.

Ijzer- en calciumconcentraties in de bodem waren laag. Aan de oostkant van het terrein waren de ijzerconcentraties iets hoger dan in het westen. Mogelijk is er hier sprake geweest van enige aanvoer van ijzer met het uittredende grondwater. Er zijn chemisch geen aanwijzingen dat er ooit sprake is geweest van een sterke aanvoer van ijzer of calcium tot in het maaiveld. Dit komt overeen met het aangetroffen bodemtype (voornamelijk veldpodzolen). Het patroon van calcium is echter moeilijk te interpreteren omdat er uitspoeling kan zijn opgetreden en er anderzijds ook sprake is geweest van bekalking. Er wordt echter wel ijzer- en basenrijke kwel in diepe sloten aangetroffen. In de huidige situatie met diepe watergangen kan er in elk geval geen ijzerrijke kwel meer tot in het maaiveld komen.

Afgraven en/of maaien en afvoeren

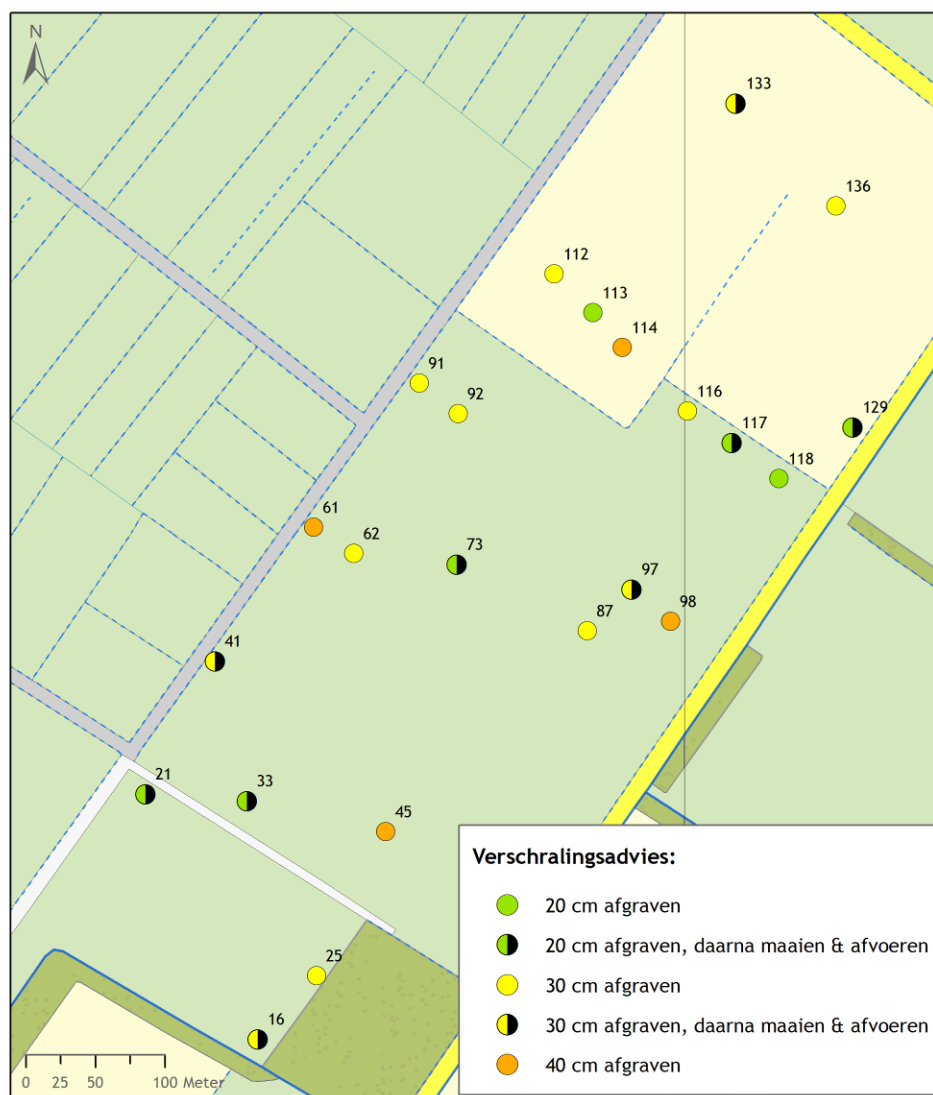
Nat schraalland kan alleen ontwikkeld worden als de concentratie beschikbaar fosfor laag genoeg is. De concentratie beschikbaar fosfor was echter rond alle monsterpunten te hoog. In tegenstelling tot de nitraatconcentratie gaat de fosfaatconcentratie niet vanzelf naar beneden bij het stopzetten van bemesting. Om de fosfaatconcentratie naar beneden te krijgen zijn er twee alternatieven voorhanden: afgraven en maaien & afvoeren of uitmijnen.

Het voordeel van afgraven is dat onmiddellijk de gewenste voedselrijkdom bereikt kan worden. Een ander voordeel kan zijn dat het maaiveld dichter naar de grondwaterspiegel wordt gebracht, waardoor er vernatting optreedt en er eerder kwel tot in de wortelzone door kan dringen zonder dat er verder hydrologische ingrepen nodig zijn. Nadeel kan zijn dat het historische reliëf wordt verstoord en dat doelsoorten verwijderd kunnen worden. Voormalige

landbouwgronden zijn echter meestal geëgaliseerd, waardoor het historische morfologie al verstoord is. Ook zijn ze vaak soortenarm en zijn er meestal geen doelsoorten aanwezig.

Maaien en afvoeren of uitmijnen vormen alternatieven voor het afgraven van fosfaatverrijkte bovengronden in situaties waar de fosforconcentratie slechts weinig naar beneden gebracht hoeft te worden. Hierbij wordt de morfologie niet aangetast en kunnen bij maaien en afvoeren eventuele doelsoorten blijven staan. Bij maaien en afvoeren worden door de vegetatie opgenomen P, N en K met het maaisel afgevoerd. Het verwijderen fosfor via maaien en afvoeren verloopt relatief langzaam. Als vuistregel wordt ervan uitgegaan dat er met maaien & afvoeren jaarlijks 10 kg P/ha afgevoerd kan worden. Ervan uitgaande dat de vegetatie dit fosfor voornamelijk uit de bovenste 20 cm van de bodem haalt (Chardon et al., 2009), zou de jaarlijkse afvoer in deze laag ongeveer 0,16 mmol/l bodem bedragen. Bij uitmijnen wordt de bodem met stikstof en kalium bemest en wordt gewas ingeplant. Bij uitmijnen wordt uitgegaan van een jaarlijkse afvoer van 40 kg P/ha (Chardon et al., 2009) op droge terreinen.

De onderzochte percelen hebben een veel te hoge fosforconcentratie in de toplaag. Als deze concentraties teruggebracht zou moeten worden zonder af te graven zou dit al snel een eeuw gaan duren. De te hoge concentraties plantbeschikbaar P die aanwezig zijn waar de totaalconcentratie van P laag genoeg is na afgraven, kunnen echter wel snel worden teruggebracht door twee maal per jaar te maaien en af te voeren (waarschijnlijk binnen 5-10 jaar). In figuur 12 is aangegeven hoe diep er minimaal afgegraven zou moeten worden alvorens te gaan verschrallen via maaien en afvoeren. Er is dit advies vanuit gegaan dat de concentratie totaal-P teruggebracht moet worden tot circa 5 (tot 7) mmol/l bodem. Meestal betekent dit het afgraven van de bouwvoor, of iets meer. Op de plekken waar de concentratie plantbeschikbaar P na afgraven nog (ruim) boven de grens van 500 $\mu\text{mol/l}$ bodem ligt, is aangegeven dat er aanvullend verschraald dient te worden door middel van maaien en afvoeren.



Figuur 12. Verschralingsadvies met de minimumdiepte voor afgraven.

In het hoofdrapport wordt een afgravingsadvies gepresenteerd waarin er circa 10-50 cm ontgrond wordt, waarbij er een nieuw microreliëf zal ontstaan. Dit advies sluit goed aan op de hierboven genoemde afgravingsdieptes (Jansen et al., 2011).

Hydrologie

De hydrologie in het onderzoeksgebied is nog niet op orde voor de ontwikkeling van natte schraallanden. Zowel de gemiddeld hoogste grondwaterstand als de gemiddeld laagste grondwaterstand zijn te laag voor het ontwikkelen van de natte doeltypen. Hydrologische maatregelen zijn door de Unie van Bosgroepen verder uitgewerkt in het hoofdrapport (Jansen et al., 2011). Bij vernatting zal er ijzer in oplossing gaan, waardoor er fosfaat vrij kan komen.

Na afgraven van (minimaal) de bouwvoor, zal dit waarschijnlijk niet direct voor problemen zorgen bij de gemeten ijzer- en fosforconcentraties. Jansen et al, (2011) geven aan volgens een studie van Giesen&Geurts het grondwater in het oosten getypeerd wordt als een CaSO_4 -type, waarin het sulfaat relatief hoog is door de oxidatie van pyriet. Theoretisch zal daarom rekening gehouden moeten worden met het ontstaan van ijzersulfiden in de bodem en de daarbij behorende problemen als het vrijkomen van extra fosfaat, een lagere beschikbaarheid van ijzer en kans op toxiciteit van sulfide als de ijzeraanvoer daarbij relatief te laag is, als er langdurig sprake zou zijn van hoge grondwaterstanden. De GLG blijft na herinrichting na verwachting echter laag, waardoor ijzersulfides weer zullen oxideren en fosfaat weer kan worden geadsorbeerd.

In de bodem onder de bouwvoor bevindt nu zich zeer weinig organische stof. De organische stofconcentratie is hier op de meeste plaatsen zo laag (circa 1%), dat deze waarschijnlijk de eerste jaren beperkend zal zijn voor de reductie van ijzer en sulfaat, totdat er zich weer een nieuwe A-horizont of veenlaag gevormd heeft.

Omdat er in deze studie niet gekeken is naar de bodemchemie van het Zwarte Veen, kunnen geen conclusies getrokken worden over de effecten van de geplande waterberging in het westen van het plangebied

Vers maaisel aanbrengen en grasmat verwijderen

Bij de keuze of er al dan niet hooi aangebracht wordt op de kale bodem van het Dalesche Veld na afgraving, dient er gekeken te worden welke doelsoorten zich in de directe omgeving van het Dalesche Veld bevinden en of het verspreidingsmechanisme van deze soorten afdoende is om de afstand naar het Dalesche Veld te overbruggen. Door na afgraven hooi uit te rijden uit een gebied waar de doelvegetatie aanwezig is, kan de ontwikkeling naar de gewenste vegetatie gestimuleerd worden. Deze vegetatie kan vervolgens 2x per jaar gemaaid worden om de fosforconcentratie verder naar beneden te krijgen.

Er kan ook voor gekozen worden om uit te mijnen of via maaien/oogsten en afvoeren te verschrallen door gewas of met een gras/klavermengsel in te zaaien in plaats van de doelvegetatie. Ook in dat geval dient de ingezaaide grasmat of het gewas aan het eind van de verschrallingsperiode te worden verwijderd en de bodem afgeschrapt en zo mogelijk hooi aangebracht te worden om vestiging van doelsoorten mogelijk te maken.

Literatuur

De Becker, P. (2004). Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende *Alno/Padion* en *Alnion incanae*/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Bobbink, R., M. Hart, M. van Kempen, F. Smolders & J. Roelofs (2007). Grondwaterkwaliteit bij vernatting van verdroogde natte natuurplekjes in Noord-Brabant. B-ware, Nijmegen.

Bobbink, R., E. Lucassen & J. Roelofs (2011). Onderzoek naar herstel en (her)ontwikkeling van zinkvegetaties - Eindrapport. Directie Kennis en Innovatie, ELI, Rapport nr. 2011/OBN146-HE.

Chardon, W., Sival, F., Kemmers, R., Van Delft, B. & Koopmans, G. (2009). Is het mogelijk om met uitmijnen in plaats van ontgronden voldoende fosfaat kwijt te raken? *De Levende Natuur* 110 (1): 39-42.

Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005). OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.

Gilbert, J., D. Gowing & H. Wallace, 2009. Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142: 1074-1083.

De Graaf, M.C.C., Bobbink, R., Smits, N.A.C., Diggelen, van, R. & Roelofs, J.G.M. (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological conservation* 142: 2191-2201.

Hedberg, P. & W. Kotowski (2010). New nature by sowing? The current state of species introduction by grassland restoration, and the road ahead. *Journal for Nature Conservation* 18: 304-308.

Jansen, A., A. Klimkowska & F. Eysink (2011). Waterberging en natuurherstel in het Aaltense Goor. Unie van Bosgroepen, Ede.

Kiehl, K., A. Kirmer, T.W. Donath, L. Rasran & N. Hölzel (2010). Species introduction in restoration projects - Evaluation of different techniques for the establishment of grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology* 11: 285-299.

Klimkowska, A., Van Diggelen, R., Bakker, J.P. and Grootjans, A.P. (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biol. Conserv.* 140: 318-328.

Lamers, L.P.M., Falla, S.J., Samborska, E.M., Van Dulken, I.A.R., Van Hengstum, G. & J.G.M. Roelofs (2002). Factors controlling the extent of eutrophication and toxicity in sulfate-polluted freshwater wetlands. *Limnology & Oceanography* 47: 585-593.

- Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs (2005). Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38(17): 28-30.
- Loeb, R., L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2008a). Prediction of phosphorus mobilisation in inundated floodplain soils. *Environmental Pollution* 156: 325-331.
- Loeb, R., L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2008b). Effects of winter versus summer flooding and subsequent desiccation on soil chemistry in a riverine hay meadow. *Geoderma* 145: 84-90.
- Lucassen, E.C.H.E.T. (2004a). Biochemical constraints for restoration of sulphate-rich fens. Proefschrift, Katholieke Universiteit, Nijmegen, 150 pagina's.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders, A.L. Van der Salm & J.G.M. Roelofs (2004b). High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands. *Biogeochemistry* 67: 249-267.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders, G. Boedeltje, P.J.J. Van den Munckhof & J.G.M. Roelofs (2006). Groundwater input affects plant distribution by controlling ammonium and iron availability. *Journal of Vegetation Science* 17: 425-434.
- Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009). Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Van Noordwijk, C.G.E., M. J. Weijters, N.A.C. Smits, J. Kuper, R. Loeb, R. Huiskes, W. Dimmers, R. Bobbink & H. Siepel (2011). Tussenrapport 2e fase OB+N hellingschraallandenonderzoek, resultaten 1e jaar. Stichting Bargerveen/B-ware/Alterra/Radboud Universiteit Nijmegen, Nijmegen/Wageningen.
- Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dpt. of Agriculture circular* 939.
- Smits, N., T. van Noordwijk, R. Bobbink, H. Esselink, R. Huiskes, L. Kuiters, W. Ozinga, J. Schaminée, H. Siepel, W. Verberk & J. Willems (2009). Onderzoek naar en de ecologische achteruitgang en het herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallandschappen. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.
- Smolders, A. & Roelofs J.G.M (1995). Internal eutrophication, iron limitation and sulphide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie* 133: 349-365.
- Smolders, A.J.P. & Roelofs, J.G.M. (1996). The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water. *New Phytologist* 133: 253-260.
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen & J.G.M. Roelofs (2003). Waterpeilregulatie in broekbossen: bron van aanhoudende zorg. *H₂O* 36 (24), 17-19.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen & E. Brouwer (2009). Ontgronden als maatregel voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.

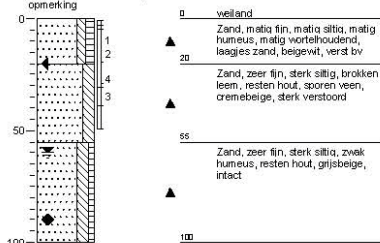
Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006). De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.

BIJLAGE 1. Boorprofielen door Grontmij



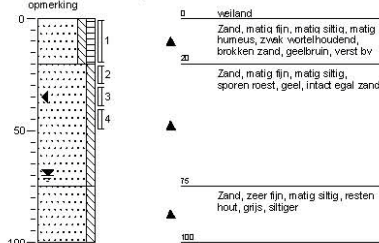
Boring 16

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 234693,27
y-coördinaat 440615,37
opmerking



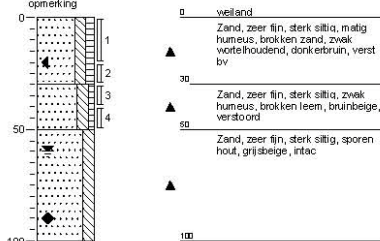
Boring 21

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 234612,36
y-coördinaat 440792,9
opmerking



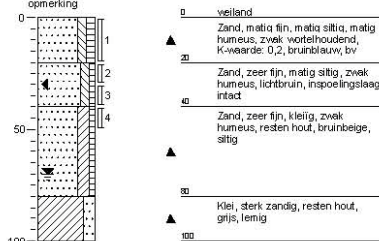
Boring 25

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 234735,65
y-coördinaat 440661,7
opmerking



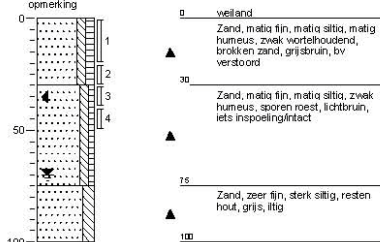
Boring 33

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 234686,16
y-coördinaat 440787,1
opmerking



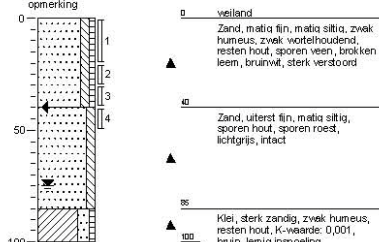
Boring 41

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 234662,65
y-coördinaat 440888,55
opmerking



Boring 45

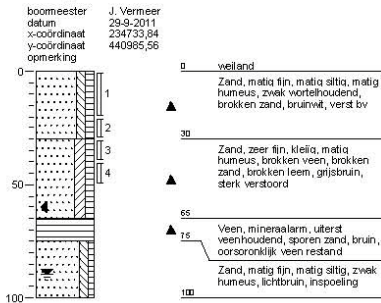
boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 234785,12
y-coördinaat 440765,33
opmerking



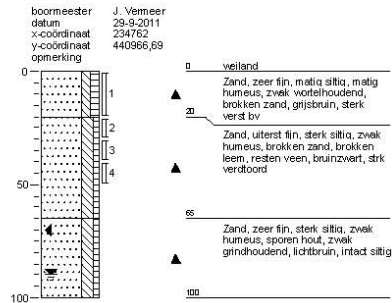
Projectnummer: 313224.
Projectnaam: Aaltense Heide - B-ware
Projectleider: V. de Lange
Opdrachtgever: B-ware

Schaal (A4): 1: 25
Pagina: 1 van 4

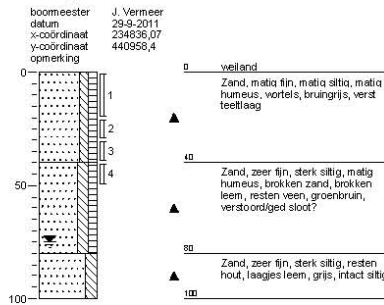
Boring 61



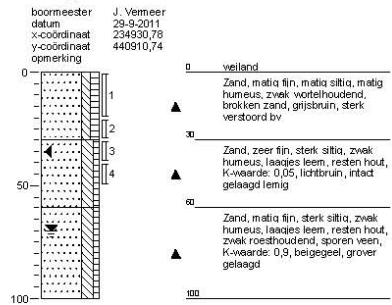
Boring 62



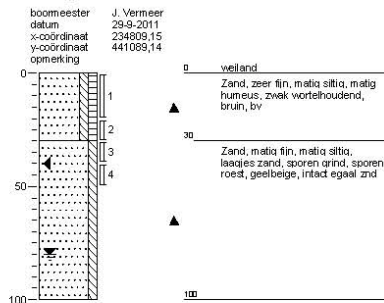
Boring 73



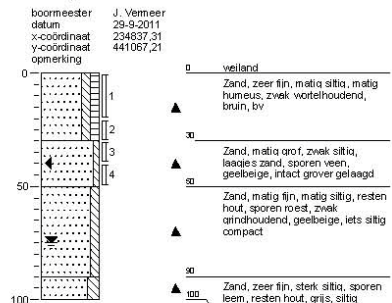
Boring 87



Boring 91



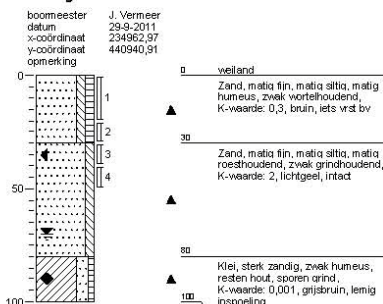
Boring 92



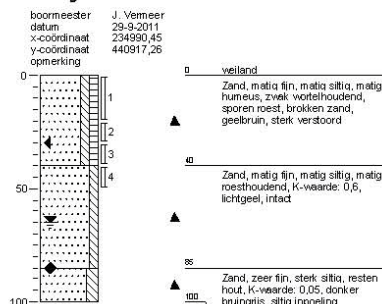
Projectnummer: 313224.
Projectnaam: Aaltense Heide - B-ware
Projectleider: V. de Lange
Opdrachtgever: B-ware

Schaal (A4): 1: 25
Pagina: 2 van 4

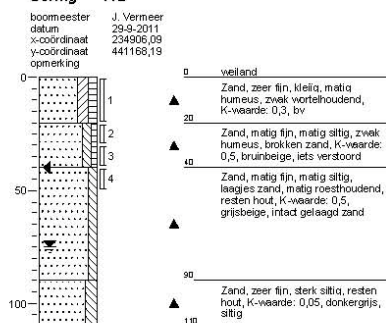
Boring 97



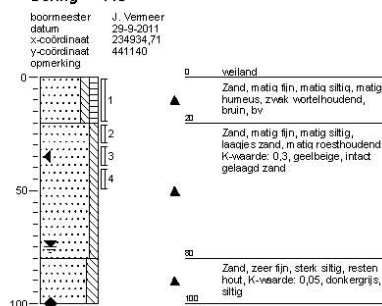
Boring 98



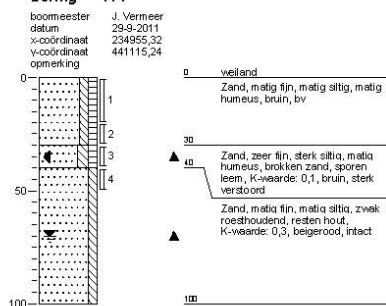
Boring 112



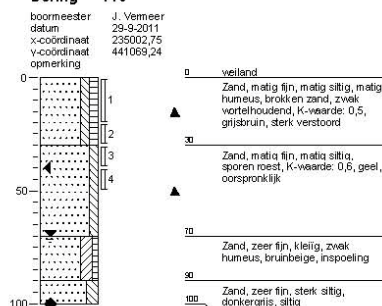
Boring 113



Boring 114



Boring 116

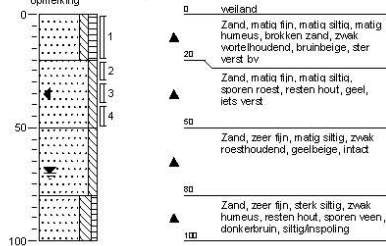


Projectnummer: 313224.
Projectnaam: Aaltense Heide - B-ware
Projectleider: V. de Lange
Opdrachtgever: B-ware

Schaal (A4): 1: 25
Pagina: 3 van 4

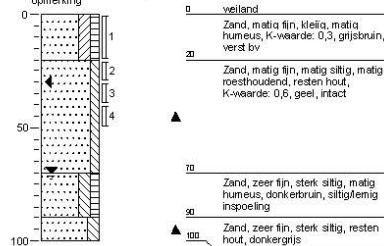
Boring 117

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 235034,18
y-coördinaat 441046,12
opmerking



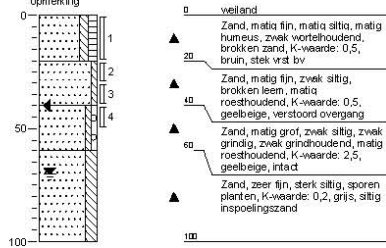
Boring 118

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 235068,94
y-coördinaat 441020,23
opmerking



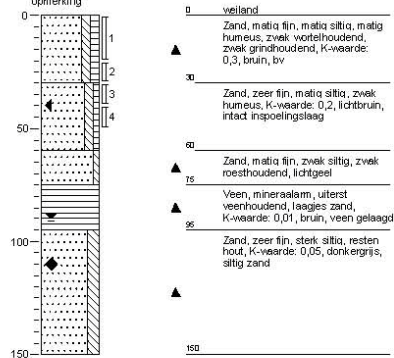
Boring 129

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 235121,7
y-coördinaat 441057,3
opmerking



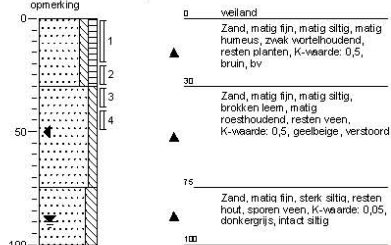
Boring 133

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 235037,22
y-coördinaat 441291,62
opmerking



Boring 136

boormeester J. Vermeer
datum 29-9-2011
x-coördinaat 235109,7
y-coördinaat 441217,19
opmerking



Projectnummer: 313224.
Projectnaam: Aaltense Heide - B-ware
Projectleider: V. de Lange
Opdrachtgever: B-ware

Schaal (A4): 1: 25
Pagina: 4 van 4

BIJLAGE 2. Bodemchemie

Tabel 2. Overzicht bodemchemische parameters die in alle monsters bepaald zijn waarbij vocht% = vochtpercentage, OS% = organische stof percentage. De Olsen-P concentratie is weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ verse bodem. De concentraties totaal aluminium (Al), calcium (Ca), ijzer (Fe), kalium (K), magnesium (Mg), fosfor (P), zwavel (S) en zink (Zn) zijn weergegeven in mmol/l verse bodem. Dichtheid bodem in kg/l .

locatie	diepte	om%	%vocht	dichtheid	P-Olsen	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
16	0-20	4,2	18	0,87	1325	88	52	58	7	33	1	17	10	8	0,8
	20-30	3,5	19	1,11	1383	125	44	62	8	26	1	6	6	14	0,5
	30-40	2,0	16	1,16	1169	134	39	64	10	27	1	5	5	12	0,5
	40-50	2,4	19	1,23	681	194	55	83	16	44	1	4	6	14	0,5
21	0-20	6,4	19	0,87	3195	82	49	41	3	16	6	33	14	10	1,0
	20-30	1,1	12	1,30	1289	107	20	39	5	25	2	7	3	16	0,5
	30-40	0,5	13	1,41	403	101	20	40	4	29	1	3	2	15	0,4
	40-50	0,5	15	1,38	359	86	19	34	6	25	1	3	2	13	0,5
25	0-20	9,9	29	0,79	1356	64	56	43	4	21	1	10	14	9	0,6
	20-30	8,2	25	0,90	1161	118	120	67	9	25	2	12	26	10	0,7
	30-40	2,6	20	1,21	553	153	66	70	14	32	1	4	14	14	0,5
	40-50	1,9	17	1,30	278	97	37	49	10	29	1	2	6	13	0,5
33	0-20	7,4	21	0,87	3408	80	51	39	9	21	4	23	12	9	0,7
	20-30	2,1	15	1,28	1079	137	34	40	11	26	2	4	4	12	0,5
	30-40	1,8	17	1,40	346	207	48	63	21	42	2	2	5	20	0,5
	40-50	1,0	17	1,39	151	99	46	34	9	27	1	2	9	11	0,4
41	0-20	4,1	16	1,02	1485	93	47	52	7	21	4	16	10	9	0,7
	20-30	4,0	18	1,04	1600	102	49	38	6	19	3	19	10	9	0,7
	30-40	1,1	13	1,33	857	103	26	34	7	23	1	5	5	10	0,4
	40-50	1,1	15	1,46	387	107	28	37	7	29	1	3	4	12	0,5
45	0-20	5,4	22	0,99	1340	94	231	55	8	38	1	12	17	8	0,6
	20-30	3,5	17	1,12	1492	111	378	81	8	85	1	16	14	10	0,9
	30-40	4,1	21	1,15	786	117	119	52	10	21	1	6	19	11	0,5
	40-50	1,0	16	1,38	446	86	29	43	7	29	1	3	3	11	0,4
61	0-20	5,6	17	0,99	2378	78	40	25	5	16	1	9	8	11	0,6
	20-30	5,6	17	1,02	1211	88	53	25	4	17	1	8	10	10	0,5
	30-40	4,7	19	1,06	924	102	79	51	8	23	2	9	14	10	0,6
	40-50	8,2	30	0,82	414	72	79	14	3	14	1	4	15	8	0,9
62	0-20	4,0	14	1,07	1890	98	36	61	5	21	1	14	10	11	0,8
	20-30	3,9	18	1,10	781	73	51	28	3	13	2	6	11	10	0,6
	30-40	2,5	16	1,23	323	96	65	22	6	15	2	3	11	11	0,5
	40-50	5,0	26	1,03	139	116	94	18	6	16	2	2	16	10	0,4
73	0-20	1,9	11	1,30	1972	77	17	33	5	16	1	9	4	11	0,6
	20-30	1,5	10	1,41	1550	66	15	27	8	11	0	6	3	10	0,5
	30-40	1,3	11	1,48	741	67	12	27	6	11	0	3	2	12	0,5
	40-50	1,9	13	1,46	424	70	16	20	5	9	0	2	2	12	0,4
87	0-20	3,2	12	1,20	2397	109	36	78	9	24	9	21	9	12	0,9
	20-30	2,6	13	1,21	1903	85	26	45	8	19	3	12	6	10	0,7
	30-40	0,9	15	1,43	495	164	33	75	12	36	1	3	2	14	0,7
	40-50	1,0	15	1,47	650	159	31	72	12	35	1	3	2	12	0,5
91	0-20	3,6	15	1,08	2750	87	48	42	7	20	3	21	8	9	0,8
	20-30	3,5	17	1,09	2339	105	59	41	7	24	3	21	9	10	0,9
	30-40	0,8	12	1,36	576	116	26	44	11	26	2	3	3	11	1,4
	40-50	0,6	56	1,48	147	103	22	41	7	24	1	1	2	11	0,4

Vervolg tabel 3.

locatie	diepte	om%	%vocht	dichtheid	P-Olsen	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
92	0-20	3,0	12	1,16	2584	114	28	40	6	21	3	16	7	9	0,7
	20-30	2,9	12	1,17	2446	75	21	29	3	12	5	11	5	10	0,7
	30-40	1,5	11	1,25	606	96	19	31	5	17	2	3	3	9	0,4
	40-50	2,1	16	1,36	496	117	28	36	8	22	1	3	4	11	0,5
97	0-20	5,9	18	0,94	2819	76	32	56	6	16	4	18	9	7	0,6
	20-30	3,7	16	1,11	2342	174	48	116	11	31	5	17	7	34	0,6
	30-40	0,5	12	1,43	677	99	22	58	8	27	2	3	1	22	0,3
	40-50	0,4	13	1,40	542	61	14	38	6	17	1	2	1	19	0,3
98	0-20	3,0	14	1,13	2123	69	30	58	5	17	5	14	6	14	0,5
	20-30	2,8	16	1,25	3184	79	32	57	4	17	4	17	6	18	0,6
	30-40	1,0	12	1,38	1548	70	23	54	7	21	1	7	3	18	0,4
	40-50	0,5	14	1,48	593	86	23	65	5	34	1	4	1	25	0,3
112	0-20	3,3	15	1,13	1909	88	42	47	4	21	2	11	7	12	0,6
	20-30	1,6	14	1,36	1447	100	38	58	6	24	3	8	4	20	0,6
	30-40	0,6	13	1,41	550	88	25	51	7	24	2	3	2	21	0,4
	40-50	0,6	15	1,46	258	92	25	47	6	27	2	2	2	18	0,4
113	0-20	3,1	14	1,17	1380	92	33	52	10	20	2	10	7	18	0,6
	20-30	0,7	13	1,38	244	120	26	71	9	28	2	2	2	27	0,4
	30-40	0,6	14	1,41	106	92	22	61	8	28	1	2	1	25	0,3
	40-50	0,4	13	1,47	73	85	20	59	7	29	1	2	1	25	0,3
114	0-20	2,5	11	1,17	2594	103	23	47	8	21	1	9	5	16	0,5
	20-30	2,6	12	1,20	2700	91	21	43	7	20	1	9	6	16	0,6
	30-40	2,8	16	1,19	1978	103	32	41	4	16	2	11	6	17	0,8
	40-50	1,0	16	1,44	364	89	24	45	5	27	1	3	2	15	0,5
116	0-20	6,1	16	0,98	1500	135	33	64	4	20	7	12	9	15	0,6
	20-30	2,2	14	1,22	904	233	34	87	11	36	5	7	6	38	0,6
	30-40	0,5	13	1,44	229	106	21	42	6	26	1	2	2	16	0,4
	40-50	0,4	14	1,45	160	88	19	37	6	27	1	2	2	23	0,5
117	0-20	3,1	14	1,15	2174	90	32	63	6	23	3	16	8	16	0,7
	20-30	1,3	13	1,32	900	99	24	53	6	26	2	4	3	27	0,5
	30-40	1,3	16	1,30	1190	77	27	37	5	23	1	3	5	21	0,4
	40-50	1,6	17	1,30	873	73	21	36	7	23	1	4	4	14	0,4
118	0-20	4,4	15	1,09	1392	127	47	106	3	24	7	12	10	29	0,8
	20-30	0,8	11	1,33	385	87	24	61	3	19	2	2	3	20	0,4
	30-40	0,4	14	1,48	256	81	21	60	7	28	1	3	1	20	0,4
	40-50	0,6	15	1,47	467	96	28	68	8	36	1	5	2	28	0,4
129	0-20	2,9	12	1,16	2574	97	24	74	6	18	5	20	6	12	0,5
	20-30	0,9	12	1,41	1063	133	28	145	8	37	4	6	2	25	0,7
	30-40	0,7	14	1,36	197	87	25	106	10	32	1	5	2	23	0,4
	40-50	0,6	57	1,38	195	69	19	90	6	27	1	4	2	21	0,5
133	0-20	4,6	16	1,09	2043	84	59	49	5	20	3	15	10	15	0,8
	20-30	4,6	17	1,12	2413	76	45	48	5	18	2	14	10	13	0,8
	30-40	1,3	13	1,32	860	79	29	34	7	18	1	3	5	16	0,4
	40-50	0,8	56	1,42	472	74	24	34	4	19	1	2	2	14	0,4
136	0-20	4,5	15	1,08	2628	79	25	103	2	12	4	17	8	15	0,7
	20-30	4,0	14	1,07	2429	77	23	57	3	12	3	14	7	14	0,6
	30-40	0,5	9	1,30	267	67	15	64	4	14	4	1	1	15	0,4
	40-50	0,7	12	1,32	243	105	24	85	3	22	3	3	3	24	0,5

B
ware

www.b-ware.eu