

Plas Klein Vogelenzang

(bodem)chemisch onderzoek naar waterbodem, slib en de effecten van baggeren, alsmede de toepassing van een slibdepot op landbouwgrond



Titel rapport: *Plas Klein Vogelenzang – (bodem) chemisch onderzoek naar waterbodem, slib en de effecten van baggeren, alsmede de toepassing van een slibdepot op landbouwgrond*

Auteurs: *M.D.M. (Moni) Poelen, J.J.M. (Jeroen) Geurts & A.J.P. (Fons) Smolders*

Opdrachtgever: *Hoogheemraadschap van Rijnland*

Rapportnummer: *2013.07*

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.

Bezoekadres:
Onderzoekcentrum B-WARE
Mercator III
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
<http://www.b-ware.eu>

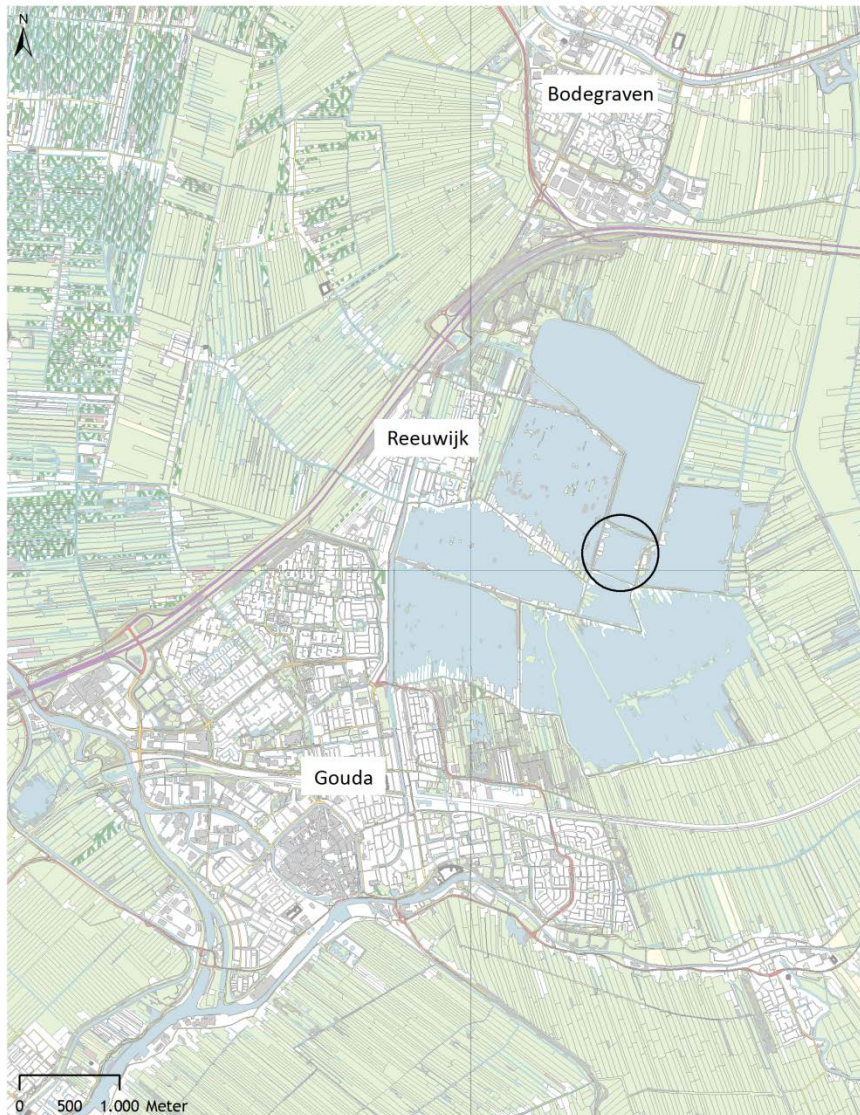
Postadres:
Onderzoekcentrum B-WARE
Postbus 6558
6503 GB Nijmegen

Inhoudsopgave

1. Inleiding	7
2. Materiaal en methoden	11
2.1 Veldwerkzaamheden	11
2.2 Experimenten	13
2.2.1 Nalevering intacte veenbodem	13
2.2.2 Sedimentatiesnelheid	14
2.2.3 Retourwater	14
2.2.4 Uitloging naar sloten	15
2.2.5 Kieming van graszaad	15
2.3 Analyses	16
3. Resultaten	19
3.1 Wat zijn de eigenschappen van het slib en het vaste veen op verschillende diepten, hoe variëren deze en wat is de mogelijke invloed op de waterkwaliteit?	19
3.2 Wat is de potentiële nalevering van fosfor van de onderliggende vaste veenlaag indien de gehele sliblaag zou worden weggebaggerd?	26
3.3 Hoe groot is de kans dat het vaste veen gaat opdrijven na baggeren?	28
3.4 Wat is de sedimentatiesnelheid van het slib en wat is de invloed op de 29 bezinkingssnelheid indien flocculant, ijzerchloride of PAX wordt toegediend?	29
3.5 Hoe hoog zijn concentraties van nutriënten in het retourwater en in welke mate kan het gebruik van ijzerchloride of PAX dit beïnvloeden?	31
3.6 In welke mate is er uitloging van nutriënten richting de omliggende sloten en in hoeverre kan dit het (water)milieu aantasten op deze plaatsen?	36
3.7 In welke mate wordt de kiemkracht van graszaad beïnvloed door het slib en diverse toepassingen (flocculant, ijzerchloride en PAX)	41
4. Conclusie	47
Literatuur	49
Bijlagen	

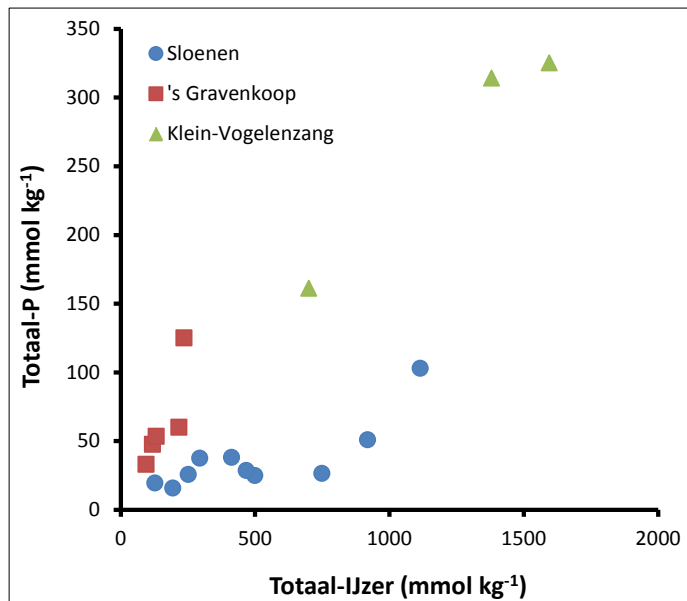
1. Inleiding

Klein Vogelenzang is één van de Reeuwijkse Plassen (zie figuur 1), die vanaf 1700 zijn ontstaan door turfwinning. De oppervlakte van Klein Vogelenzang bedraagt 16 ha, de gemiddelde diepte is ongeveer 1,5 m en de bodem bestaat vooral uit veen. De toplaag van de onderwaterbodem van de plas bestaat uit een dikke laag zwartgekleurd slib die rijk is aan ijzer en fosfor.



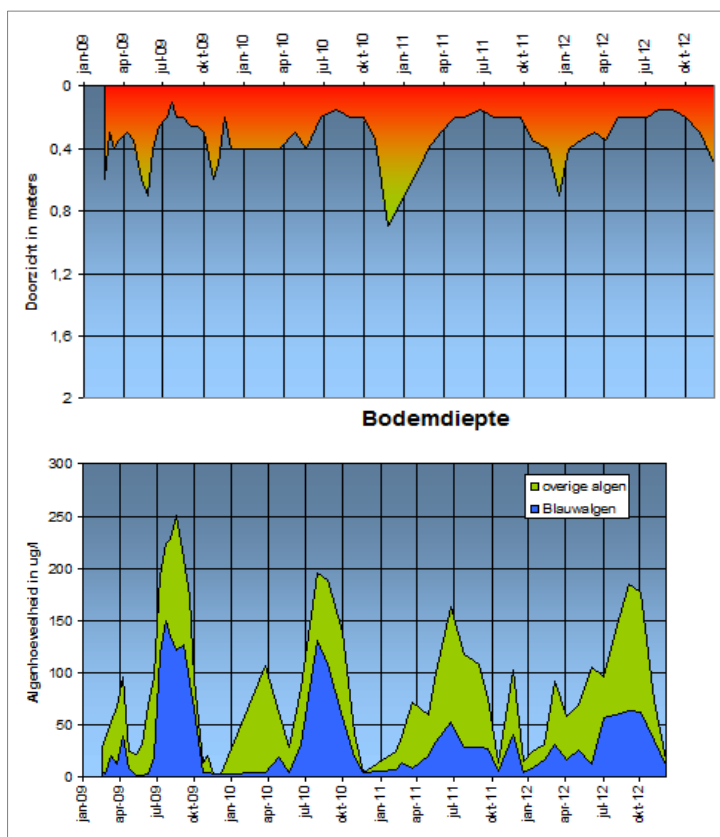
Figuur 1: Ligging van plas Klein Vogelenzang (cirkel) als onderdeel van de Reeuwijkse plassen, ten oosten van Reeuwijk.

De hogere ijzerconcentratie in het sediment wordt naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door het feit dat tussen 1882 en 1970 ijzer- en fosforrijk water uit de toenmalige droogmakerij Broekvelden/Vettenbroek werd uitgeslagen op Klein Vogelenzang. In figuur 2 wordt voor slibmonsters van drie verschillende Reeuwijkse plassen de ijzerconcentratie van het slib uitgezet tegen de fosforconcentratie. We zien dat de fosforconcentraties van het slib van Klein Vogelenzang inderdaad erg hoog zijn in vergelijking met het slib uit de andere plassen en dat de fosforrijkdom samenhangt met de ijzerrijkdom.



Figuur 2: de relatie tussen de totaal-P en totaal-ijzerconcentratie in het slib van drie verschillende Reeuwijkse Plassen (uit dataset B-Ware)

Nalevering van fosfor uit de sliblaag leidt tot groei van algen. Door deze algen en de opwerveling van slibdeeltjes door de wind (en mogelijk door vissen) is de plas nu vaak erg troebel waardoor de ecologische kwaliteit achterblijft (zie figuur 3).



Figuur 3: Het doorzicht en algenconcentraties in plas Klein Vogelenzang (bron Hoogheemraadschap van Rijnland).

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de eigenschappen van het slib van plas Klein Vogelenzang en de invloed van het baggeren. Daarnaast wordt de toepassing van een slibdepot op een nabij gelegen akker onderzocht. In dit rapport worden de resultaten besproken van veldmetingen en experimenten die zijn uitgevoerd ter voorbereiding op een baggerproject in de plas Klein Vogelenzang, waarbij de fosforrijke sliblaag zal worden verwijderd.

Het onderzoek wordt uitgevoerd met de volgende onderzoeksvragen als uitgangspunt:

Vragen over de plas

1. Wat zijn de eigenschappen van het slib en het vaste veen op verschillende diepten, hoe variëren deze en wat is de mogelijke invloed op de waterkwaliteit?
2. Wat is de potentiële nalevering van fosfor van de onderliggende vaste veenlaag indien de gehele sliblaag zou worden weggebaggerd?
3. Hoe groot is de kans dat het vaste veen gaat opdrijven na baggeren?

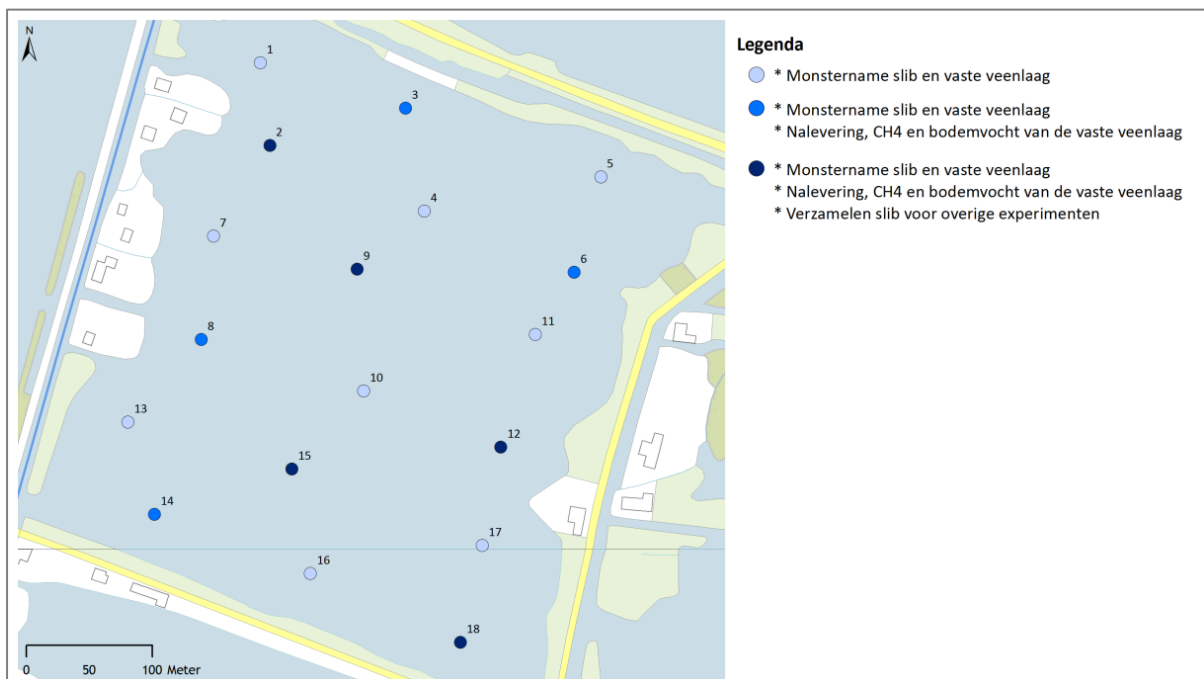
Vragen over het depot

4. Wat is de sedimentatiesnelheid van het slib en wat is de invloed op de bezinkingssnelheid indien flocculant, ijzerchloride of PAX wordt toegediend?
5. Hoe hoog zijn concentraties van nutriënten in het retourwater en in welke mate kan het gebruik van ijzerchloride of PAX dit beïnvloeden?
6. In welke mate is er uitloging van nutriënten richting de omliggende sloten en in hoeverre kan dit het (water)milieu aantasten op deze plaatsen?
7. In welke mate wordt de kiemkracht van graszaad beïnvloed door het slib en diverse toepassingen (flocculant, ijzerchloride en PAX)

2. Materiaal en methoden

2.1 Veldwerkzaamheden

Op 25 en 26 september 2012 is plas Klein Vogelenzang bezocht en zijn er monsters verzameld van de onderwaterbodem. Op 18 locaties is met behulp van een zuigerboor per 25 centimeter diepte de sliblaag bemonsterd. Tevens werd de onderliggende vaste veenlaag bemonsterd (figuur 2.1). Na bemonstering zijn de bodemonsters gehomogeniseerd en anaëroob en gekoeld getransporteerd. Vervolgens zijn de monsters opgeslagen bij 4°C tot verdere verwerking. Op alle locaties is een beknopte profielbeschrijving gemaakt (kleur slib) en zijn de coördinaten vastgesteld met behulp van een GPS (Garmin 60 CX, XY-coördinaten zijn gegeven in bijlage I). Op 9 locaties zijn tevens intacte bodemkernen verzameld (methode Baggernut, Poelen et. al., 2012) van de vaste veenlaag en daarnaast is er onder vacuüm anaëroob een bodemvochtmonster verzameld met behulp van een keramische cup. Tevens werd circa 6 ml bodemvocht verzameld in een gasbuisje onder vacuüm, vooraf gevuld met 0,5 ml 0,1 M HCl (het zuur zorgt ervoor dat methaan volledig naar de gasfase gaat en er geen oxidatie van methaan kan plaatsvinden). Op vijf locaties is slib van alle diepten verzameld ten behoeve van experimenten, het slib is verzameld met de zuigerboor en bij 15°C opgeslagen tot verwerking. Tevens is bodemmateriaal (circa 0-20 cm) van de akker verzameld op de plek waar het depot wordt aangelegd (figuur 2.2). In januari 2013 is tevens bodem van 30-50 en 50-70 cm beneden maaiveld verzameld, alsmede 2 oppervlaktewatermonsters van de sloten aan weerszijden van het toekomstig depot.



Figuur 2.1: De ligging van de 18 bemonsterde locaties in plas Klein Vogelenzang.



Figuur 2.2: Ligging van het weilanddepot (rode vak) nabij Oud-Reeuwijk (boven bron: Tijhuis Ingenieurs, Google Earth) en de exacte ligging van de verzamelde bodem- en watermonsters (beneden).

2.2 Experimenten

2.2.1 Nalevering intacte veenbodem

Per locatie (in totaal 9) is een glazen cilinder (50 centimeter hoog, diameter 6 centimeter) gevuld met bodemmateriaal en gebiedseigen water. Korte tijd na het veldwerk is het gebiedseigen water boven de bodemkernen vervangen door een behandeling met water van bekende samenstelling. Er is gekozen voor een samenstelling die lijkt op de waterkwaliteit van de plas Klein Vogelenzang, zonder nutriënten (tabel 2.1). De cilinders zijn aangevuld met 0,57 liter van de betreffende behandeling (20 centimeter in de cilinder), met minimale verstoring van de sliblaag. De metingen zijn uitgevoerd bij 15°C en in het donker.

Tabel 2.1: De samenstelling van het artificiële oppervlaktewater dat werd gebruikt in het experiment.

	Medium ($\mu\text{mol/l}$)
CaCl_2	1250
NaHCO_3	2000
Na_2SO_4	350
MgCl_2	200

Na het aanvullen zijn er, vijf centimeter boven de bodem zorgvuldig Rhizon bodemvochtmonsteraars (rhizons) aangebracht ten behoeve van het bemonsteren van de waterlaag. De waterlaag is in totaal drie keer bemonsterd, na één week, na vier weken en na acht weken. Na de bemonstering werd het volume in de cilinders op peil gebracht door het water aan te vullen met dezelfde hoeveelheid van het artificiële oppervlaktewater. Om het effect van verdamping te compenseren werd er indien nodig tussentijds met demiwater aangevuld tot het oorspronkelijk niveau. Vervolgens zijn de naleveringssnelheden van P en N (ammonium plus nitraat) bepaald door regressie van het lineaire gedeelte van de concentratiestijgingen in de waterlaag.

2.2.2 Sedimentatiesnelheid

Het slib uit plas Klein Vogelenzang, dat op vijf locaties verzameld is, werd gemengd met het artificiële oppervlaktewater (zie ook 2.2.1) in een vaste verhouding (40% slib, 60% water, deze verhouding is toegepast bij alle onderdelen van dit onderzoek). Een glazen kolom (Ø12 cm, hoogte 40 cm) werd gevuld met 2 liter slibmengsel en na volledige menging door gedurende 1 minuut met een staaf het mengsel te roeren werd de sedimentatieproef gestart. Het slibdekenvolume werd afgelezen na menging, en daarna na 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30 minuten. Vervolgens werd het slibdekenvolume om de 30 minuten afgelezen tot t=390 minuten, en daarna nog eenmaal na 24 uur. De proef is uitgevoerd in het licht, bij circa 18 °C (en één behandeling ook bij 12 °C). Door het gebruik van glas werden wandeffecten geminimaliseerd; wandeffecten zijn gedurende de proef ook niet waargenomen.

De sedimentatiesnelheid is bepaald bij de volgende behandelingen:

- Onbehandeld slibmengsel
- Onbehandeld slibmengsel 12°C
- Slibmengsel + flocculant (0,1% polyacrylamide oplossing , Superfloc, Kemira, dosering 1,5 kg/ton droge stof)
- Slibmengsel met 250 µmol/l ijzerchloride (aangelooft met 1M NaOH tot pH 5) De dosering van ijzerchloride is gebaseerd op een experiment voorafgaand aan deze metingen (resultaten niet getoond).
- Slibmengsel + flocculant + ijzerchloride (doseringen zoals hierboven beschreven)
- Slibmengsel + Pax (poly-aluminiumchloride, Pax-14 – 7,2% aluminium, dosering 5 ml/liter, gebaseerd op waarneming bij sedimentatie met verschillende doseringen)

2.2.3 Retourwater

In glazen kolommen werd een slibmengsel bestaande uit 40 % slib en 60 % artificieel oppervlaktewater (met toevoeging van 4,5 µmol fosfor/L aan het artificiële oppervlaktewater, dit is vergelijkbaar met de P concentratie in de plas) aangebracht. Na een bezinkingsperiode van twee uur werd het bovenstaande water (het retourwater) afgepipetteerd en overgebracht in glazen flessen. Hierna werd steeds 500 ml retourwater in drievoud behandeld met het volgende behandelingen:

FeCl - 250 µmol/L

FeCl - 250 µmol/L + NaOH

FeCl - 250 µmol/L + belucht

Pax-14 - 5 ml/L

Pax-14 - 1 ml/L + NaOH

Pax-14 - 0,5 ml/L + NaOH

Natronloog (NaOH, 0.1 M) werd gebruikt om de behandeling aan te logen tot minimaal pH 5,2. Wandeffecten zijn gedurende de proef niet waargenomen. Het retourwater werd 1, 4 en 24 uur na behandeling bemonsterd, de pH werd gemeten en het gehalte zwevend stof werd bepaald. Hierbij werd 20 ml retourwater gefiltreerd (GF/C Whatman, 47mm Ø), het filter werd vooraf gewogen en naderhand (na gedroogd te zijn bij 70°C). Met het verschil in gewicht werd het gehalte zwevend stof berekend. Het bemonsterde retourwater werd op drie manieren verwerkt: met behulp van teflon poriewaterbemonsterars is er een monster onttrokken. Daarnaast werden niet gefilterde monsters een week uitgeschud met zuur (0.2 ml HNO₃ 65%) voor de bepaling van het totaalgehalte aan geadsorbeerde elementen en werden met 0,2 M NaCl behandeld voor bepaling van het totaal-ammoniumgehalte (zie ook 2.3 zoutextractie).

2.2.4 Uitloging naar sloten

In een afgedichte pvc buis (diameter 6,5 cm, lengte 1 meter) is onderin 15 centimeter inert filterzand aangebracht. Daarop werd vervolgens 20 centimeter van de akkerbodem van 50-70 cm beneden maaiveld aangebracht en vervolgens nog 20 centimeter van de bodem van 30-50 cm beneden maaiveld. Daar bovenop is, om het slibdepot na te bootsen, een slibmengsel (wederom met 4,5 $\mu\text{mol/l P}$) aangebracht van 40 centimeter hoogte in de buis (staat gelijk aan 1,33 liter). Tevens is een blanco behandeling uitgevoerd, bestaande uit 40 cm artificieel oppervlaktewater zonder nutriënten (in tabel 2.1 is de samenstelling opgenomen). De behandelingen zijn in drievoud uitgevoerd, in een klimaatcel van 18°C, in het donker.

Door middel van een slangetje onderin de buis is iedere dag 30 ml afgetapt (staat gelijk aan 1cm inzijging per dag) en zijn metingen gedaan aan elementen in het water. Op maandag en vrijdag is gecorrigeerd voor het weekend en werd 60 ml bemonsterd. Het dalende waterpeil boven in de buis werd wekelijks op peil gehouden door van bovenaf het slibmengsel cq water aan te vullen tot het beginpeil.

2.2.5 Kieming van graszaad

De bodem uit de sedimentatieproeven is, na volledige bezinking en afzuigen van het bovenstaande water, ingezet om de kiemproef mee uit te voeren, de doseringen zijn zoals in paragraaf 2.2.2 is vermeld. De bodem is gedroogd bij kamertemperatuur en vervolgens zijn kweekbakjes van 500 ml in drievoud (Pax-bodems in tweevoud) gevuld met de volgende bodemsoorten:

- Akkerbodem
- Onbehandeld slibmengsel
- Slibmengsel + flocculant
- Slibmengsel + ijzerchloride
- Slibmengsel + flocculant + ijzerchloride
- Slibmengsel + Pax
- Mengsel van akkerbodem en onbehandeld slib (50/50%)
- Mengsel van akkerbodem en slib + flocculant (50/50%)
- Mengsel van akkerbodem en slib + flocculant + ijzerchloride (50/50%)
- Universele potgrond

In iedere bak zijn 20 graszaden (Engels raaigras) gezaaid, waarna de bodem vochtig werd gehouden. De bakken zijn geplaatst in een klimaatcel bij 19°C, met optimale en natuurgetrouwe lichtcondities (12 uur per dag). Na 7, 14, 21 en 28 dagen is het aantal kiemplanten geteld en na 28 dagen zijn de planten geoogst, opgemeten en is de biomassa bepaald na drogen. De wortels en de spruiten zijn van elkaar gescheiden en gedestruëerd voor totaalgehalten. De verse bodem is geëxtraheerd met water en zout (zie 2.3) en op de gedroogde bodem is een destructieanalyse uitgevoerd. Met deze gegevens is het mogelijk om een verband te zoeken tussen bodemparameters en de kieming en/of groei van de planten.

2.3 Analyses

Poriewater

Aan de bodemvochtmonsters zijn de volgende analyses uitgevoerd:

- pH
- Alkaliniteit (zuurbufferend vermogen)
- Totaal opgelost anorganisch koolstof
- Methaan
- Concentraties van geselecteerde ionen en elementen in oplossing

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type PHM 82). De alkaliniteit werd bepaald middels een titratie met verdund zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (kooldioxide + bicarbonaat + carbonaat) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De concentratie methaan werd gemeten in de headspace van de gasbuisjes met een gaschromatograaf (Hewlett-Packard model 5890) met een flame-ionization detector en een Porapak Q column (80/100 mesh). De metingen aan concentraties van ionen en elementen worden onder het kopje 'verdere analyse' besproken.

Bodem

Vochtpercentage, organische stofgehalte en bulk density:

Om het vochtgehalte en de bulk density te bepalen werden aluminium cups gevuld met vers bodemmateriaal en gewogen. Dit materiaal werd 48 uur gedroogd bij een temperatuur van 105°C waarna het wederom werd gewogen. De verkregen droge bodems werden vervolgens 4 uur verast bij een temperatuur van 550°C voor een bepaling van het verlies aan gewicht door verbranding. Met de verkregen gewichten werd de fractie organisch materiaal (bepaald als gloeiverlies, loss on ignition) en het vochtgehalte berekend. Alle bepalingen werden in tweevoud uitgevoerd. Bulk density werd bepaald als het gewicht droge bodem/volume van de veldverse bodem.

Destructie:

Door de bodem te destrukteren is het mogelijk de totale gehalten van de meeste elementen in het bodem- of wortelmateriaal te bepalen. Dit is van belang om de potentiële P-nalevering van de bodems inzichtelijk te maken. Daarnaast is vooral het totale calciumgehalte belangrijk om een eerste indruk van de buffercapaciteit te krijgen. Bovendien geven destructieanalyses inzicht in de verhouding tussen ijzer en zwavel in de bodem (Fe/S ratio). Bij de bodemdestructie werd 0,2 gram gedroogde en gemalen bodem afgewogen in een teflon cup. Vervolgens werd het samen met 4 ml salpeterzuur en 1 ml waterstofperoxide in gesloten teflon cups gedestruëerd in een magnetron. Hierbij werd stapsgewijs energie toegediend waarbij alle verweerbare bodemdeeltjes oplossen. Vervolgens worden de monsters verdund tot 100 ml. Het product is bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

Olsen-P extractie:

Bij de Olsen-extractie wordt de hoeveelheid plantenbeschikbaar-P vrijgemaakt door verdringing van P door bicarbonaat. Tevens worden ijzer- en aluminiumhydroxides gehydroliseerd waardoor geadsorbeerd P vrijkomt. De Olsen-P concentratie is een goede maat voor de plantenbeschikbare concentratie P. Bij het uitvoeren van de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog gemalen bodemmateriaal 60 ml 0,5 M natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. Gedurende 30 minuten werden de monsters daarna uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract is bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

Zoutextractie:

Deze extractie bestaat uit een extractie met natriumchloride (0,2 M NaCl) waarbij de ionen gemeten worden die door natrium (kationen) of chloride (anionen) van het bodemadsorbtiecomplex worden verdrongen. Deze parameters geven een maat voor de buffering van de bodem. Verder kunnen aan de hand van het zoutextract ook de plantbeschikbare ammonium- en nitraatconcentraties van de bodem worden bepaald. Voor deze extractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml milli Q water (0,2 M NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4°C.

Waterextractie:

Bij het uitvoeren van een waterextractie werd 17,5 gram verse bodem uitgeschud met 50 ml demiwater gedurende 2 uur bij 105 rpm waarna de pH werd gemeten. Na schudden werd het supernatant onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. De extracten werden gemeten met behulp van ICP en Auto-analyzer.

ICP en Auto-analyzer:

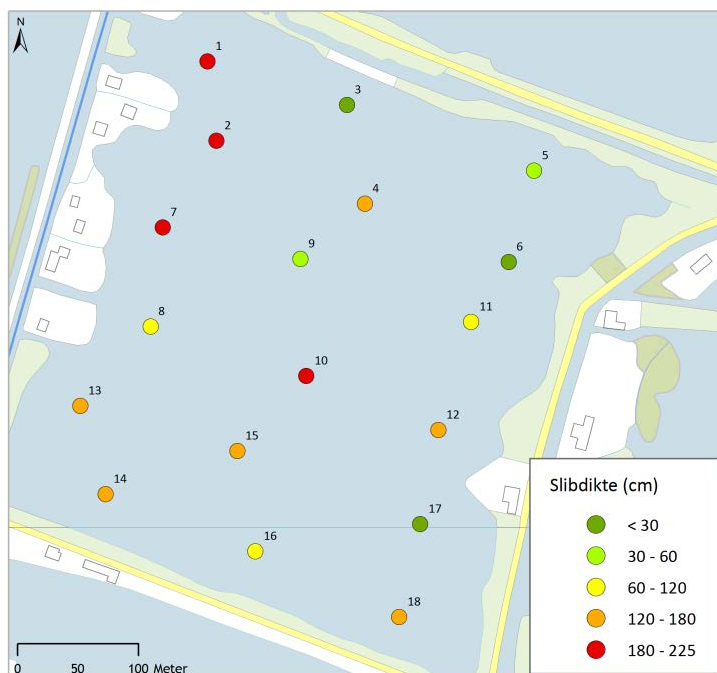
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S) als maat voor sulfaat, silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP Thermo Electron corporation IRIS Intrepid II XDL). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Braun en Luebbe auto-analyzer II met behulp van resp. salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer II systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken aan de hand van de zeven verschillende onderzoeksvragen.

3.1 *Wat zijn de eigenschappen van het slib en het vaste veen op verschillende diepten, hoe variëren deze en wat is de mogelijke invloed op de waterkwaliteit?*

Uit de uitgebreide monsternamen op 18 locaties in de plas is gebleken dat de slibdiktes variëren van 25 cm tot 225 cm (figuur 3.1). Met name in het noordwesten is een dikke sliblaag aangetroffen, al bleek tijdens het veldwerk de situatie soms per meter te variëren. Het lijkt er sterk op dat windrichting en windkracht een grote invloed hebben op de verdeling van het slib in de plas.



Figuur 3.1: De slibdikte verdeeld in vijf klassen in plas Klein Vogelenzang, gemeten in september 2012.

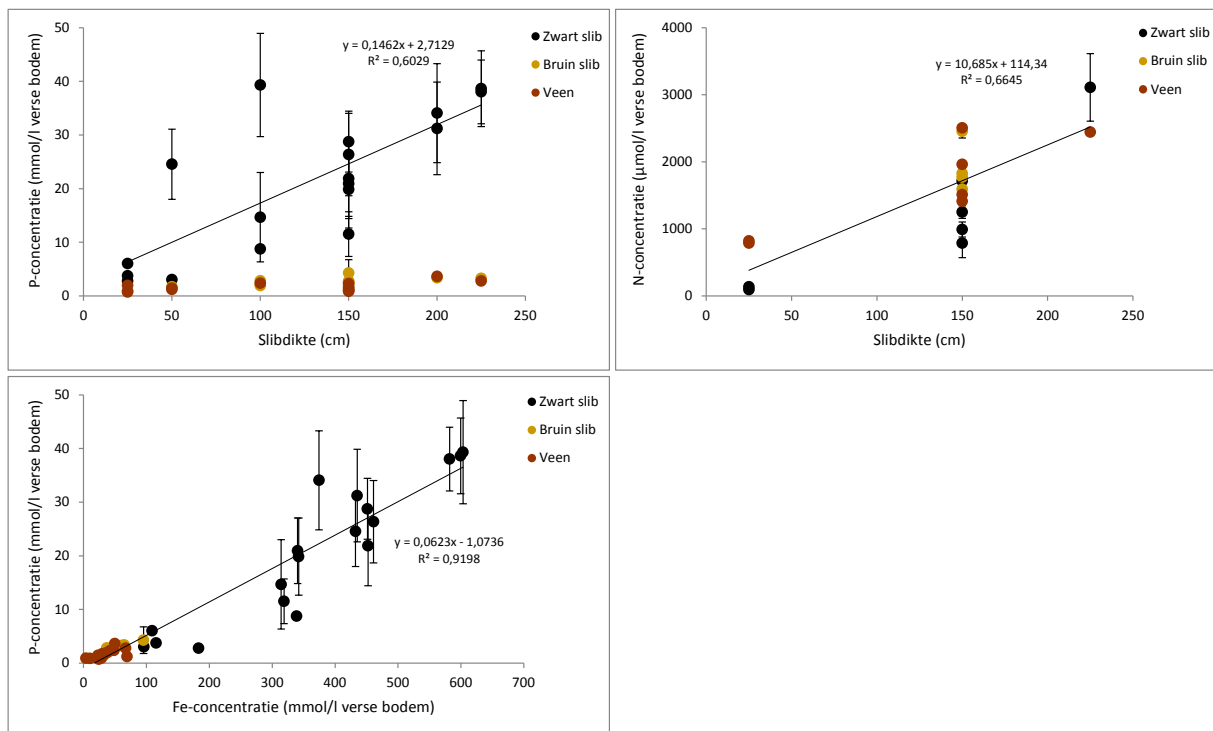
Behalve de zeer variërende slibdikten zijn er ook verschillende kleuren slib aangetroffen. Er kan onderscheid worden gemaakt in zwart slib dat met name wordt aangetroffen in de bovenste laag van de onderwaterbodem en bruin gekleurd slib dat wordt aangetroffen direct boven het vaste veen. Deze bruine sliblaag is niet altijd aanwezig). In tabel 3.1 worden de eigenschappen gegeven van zowel het bruine als het zwarte slib, alsmede het intacte veen. Het vochtgehalte varieert tussen 84 en 93% en is dus overal hoog. Het organische stof gehalte varieert sterk: in het zwarte slib varieert het tussen 34 en 59 %, in het bruine slib tussen 63 en 76 % en in het intacte veen tussen 64 en 88 %. Dit onderscheid tussen type onderwaterbodem is overal duidelijk: het zwarte slib bevat veel minder organisch stof (is dus meer afgebroken) dan het bruine slib en het intacte veen. De ijzerconcentratie varieert van 4 tot 603 mmol/l verse bodem. Het zwarte slib bevat op bijna alle locaties meer dan 100 mmol ijzer per liter verse bodem met een gemiddelde waarde van 431 mmol/L verse bodem, in het bruine slib en het veen is de ijzerconcentratie maximaal 95 mmol/l verse bodem met een gemiddelde waarde van 41 mmol/L verse bodem. Er worden ook duidelijke verschillen gevonden in de concentratie totaal fosfor: in het zwarte slib varieert de totaal-P concentratie tussen 2,8 en 39 mmol P/liter verse bodem, terwijl de P concentratie van het bruine slib en het veen veel lager is en varieert tussen 1 en 4 mmol/l verse bodem.

De pH in het zoutextract varieert tussen 6.4 en 7.2. Het nitraatgehalte is overal laag, terwijl ammonium grote verschillen laat zien tussen de locaties. Opvallend is dat de ammoniumconcentratie van het zwarte slib meestal lager is dan die van het hieronder liggende bruine slib en intacte veen. Op locatie 3 en 6 is het NH_4 -gehalte in de bodem relatief laag, terwijl op locatie 7 en 14 de gehalten oplopen tot 3100 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem. Ook de P concentraties zijn op deze locaties lager. Er is duidelijk sprake van een relatie tussen de dikte van de sliblaag en de fosfor- en stikstofrijksdom van de bodem. In figuur 3.2 (boven), is de slibdikte uitgezet tegen de concentratie fosfor en stikstof in de bodem. Voor fosfor wordt alleen voor het zwarte slib een positieve correlatie gevonden met de slibdikte; hoe dikker de aanwezig sliblaag, des te hoger de P concentraties in het zwarte slib. De P-concentratie in het vaste veen en het bruine slib is overal laag, ongeacht de dikte van de sliblaag. Er is ook een correlatie tussen de slibdikte en de concentratie anorganisch stikstof (NO_3 en NH_4 uit het zoutextract opgeteld), waarbij de correlatie wel van toepassing is op de twee typen slib en het vaste veen.

Zoals eerder vermeld verschillen zowel de fosfor- als de ijzerconcentraties enorm tussen de locaties en tussen de typen onderwaterbodem. De ijzer- en fosforconcentraties van de onderwaterbodems laten een duidelijke positieve correlatie zien (figuur 3.2 beneden). Het bruine slib en het vaste veen laten lage ijzer- en fosforconcentraties zien. Het zwarte slib heeft veel hogere concentraties aan ijzer en fosfor. Wel is er voor alle typen onderwaterbodem een overmaat aan ijzer: er is gemiddeld 20 keer zoveel ijzer dan fosfor.

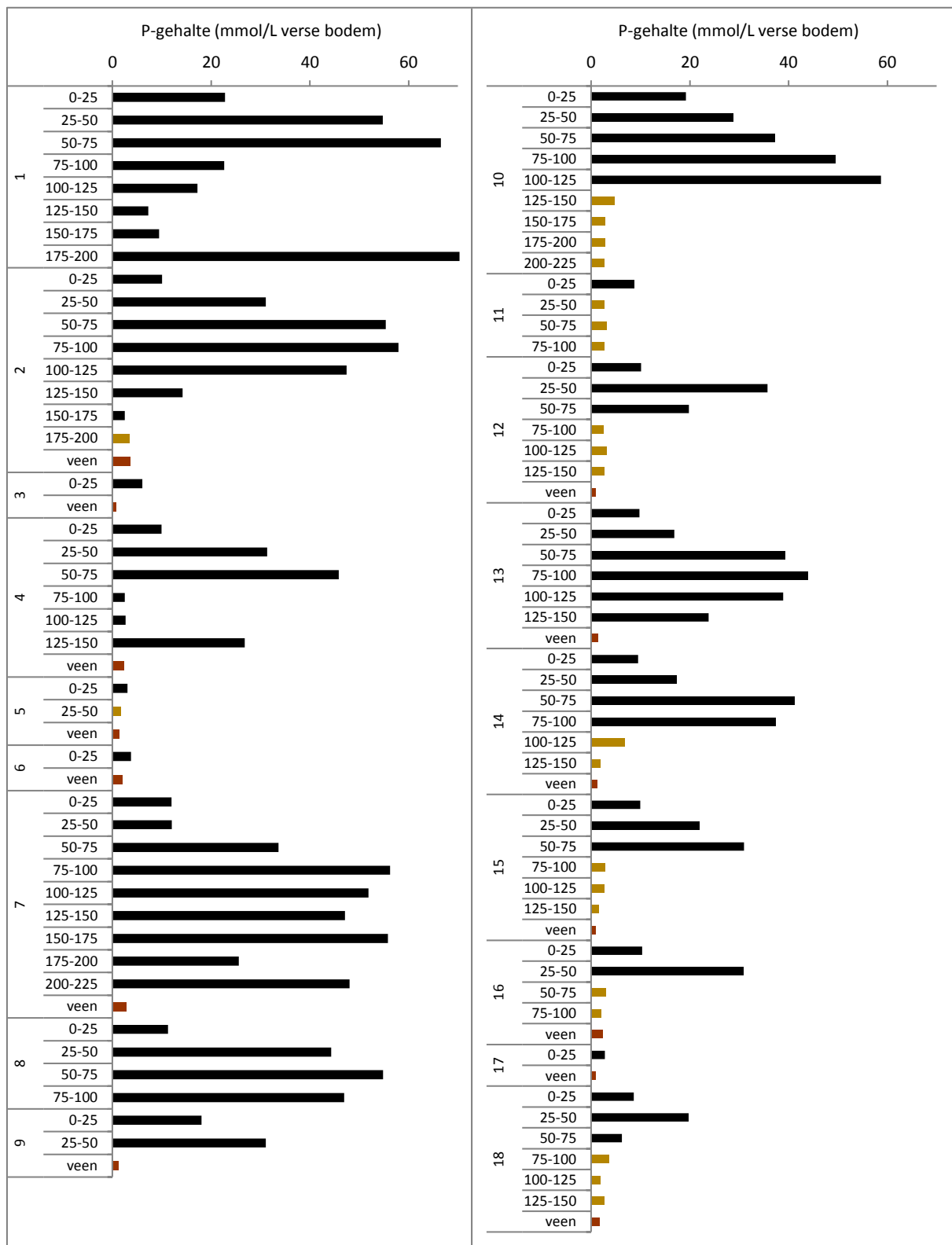
Tabel 3.1: Gemiddelde concentraties van de gehele plas en per locatie, opgesplitst in twee slibvarianten en het onderliggende vaste veen. De bulk density is gegeven in kg droge bodem per liter verse bodem, totaalgehalten in mmol/l verse bodem en Olsen-P en NO₃ en NH₄ –zout in µmol/l verse bodem. Zoutextracties zijn op slechts een aantal locaties uitgevoerd ter indicatie van het stikstofgehalte. De complete dataset is opgenomen in bijlage II en III. De totaal fosfor concentratie uitgedrukt in mg/kg droge stof is opgenomen in bijlage IV.

	Vocht %	Bulk density	Organisch stof %	Olsen - P	Totaal Al	Totaal Ca	Totaal Fe	Totaal P	Totaal S	pH zout	NO ₃ zout	NH ₄ zout
Zwart slib totaal	86	0,14	42	225	47	161	431	27,4	96	7,1	7	1833
Bruin slib totaal	89	0,11	69	126	43	74	51	2,9	84	6,8	7	1855
Veen totaal	91	0,09	79	104	23	57	35	1,7	74	6,7	13	1621
1 zwart slib	86	0,14	49	223	51	120	374	34,1	92			
2 zwart slib	86	0,14	46	240	46	152	435	31,2	101			
2 bruin slib	88	0,11	63	106	56	67	65	3,4	96			
2 veen	87	0,13	64	236	62	83	50	3,6	98			
3 zwart slib	86	0,13	47	264	32	82	109	6,0	104	7,0	18	76
3 veen	90	0,10	88	33	8	65	24	0,7	88	6,4	23	764
4 zwart slib	87	0,13	51	172	39	123	342	19,8	96			
4 veen	90	0,11	72	82	39	69	42	2,3	71			
5 zwart slib	90	0,09	59	81	24	69	96	3,0	84			
5 bruin slib	88	0,12	72	112	32	86	32	1,7	88			
5 veen	89	0,10	78	124	22	67	32	1,4	95			
6 zwart slib	93	0,06	56	248	16	48	115	3,8	66	7,0	6	130
6 veen	92	0,08	82	147	18	45	37	2,0	71	6,5	10	809
7 zwart slib	84	0,16	36	272	50	188	582	38,0	87	7,0	9	3100
7 veen	92	0,07	75	130	23	51	67	2,8	77	6,7	14	2431
8 zwart slib	84	0,17	34	295	59	257	603	39,3	97			
9 zwart slib	87	0,13	38	216	41	147	432	24,6	103			
9 veen	93	0,07	81	83	10	35	69	1,2	81			
10 zwart slib	85	0,16	34	254	52	220	600	38,6	98			
10 bruin slib	89	0,11	67	104	45	70	60	3,2	93			
11 zwart slib	89	0,11	50	123	27	93	339	8,8	109			
11 bruin slib	88	0,12	68	176	45	82	37	2,8	89			
12 zwart slib	86	0,15	40	211	42	146	452	21,9	108	7,1	7	782
12 bruin slib	89	0,10	70	140	39	69	44	2,7	81	6,7	8	1583
12 veen	92	0,08	84	30	7	54	10	0,9	82	6,9	4	1505
13 zwart slib	86	0,15	39	209	49	193	451	28,8	88			
13 veen	92	0,08	86	73	12	38	23	1,4	47			
14 zwart slib	85	0,15	36	261	52	219	461	26,3	97	7,1	6	1707
14 bruin slib	89	0,11	69	66	36	74	95	4,3	72	6,7	5	2451
14 veen	92	0,07	82	92	13	49	21	1,1	45	6,7	7	2500
15 zwart slib	89	0,11	39	281	38	135	340	20,9	76	7,1	5	985
15 bruin slib	89	0,10	69	99	46	72	43	2,3	78	6,7	7	1763
15 veen	93	0,07	88	145	8	37	4	0,9	46	6,9	27	1385
16 zwart slib	88	0,12	45	151	44	133	314	14,7	100			
16 bruin slib	90	0,10	76	94	38	72	38	1,9	79			
16 veen	88	0,12	74	102	63	90	48	2,4	94			
17 zwart slib	87	0,13	57	52	59	97	183	2,8	150			
17 veen	92	0,08	82	36	14	61	28	0,9	79			
18 zwart slib	87	0,13	43	153	51	127	319	11,5	113	7,2	4	1247
18 bruin slib	89	0,11	70	184	48	78	41	2,7	83	7,0	6	1823
18 veen	89	0,11	75	140	26	52	30	1,7	62	6,8	5	1956



Figuur 3.2: De correlatie tussen de slibdikte in plas Klein Vogelenzang en de gemiddelde concentratie fosfor (linksboven, de trendlijn is gebaseerd op de zwarte punten) en stikstof (rechtsboven), waarbij onderscheid is gemaakt tussen het zwarte slib, het bruine slib en de onderliggende veenbodern. Tevens is de correlatie tussen de concentratie ijzer en de concentratie fosfor weergegeven (beneden).

In figuur 3.3 wordt per locatie de concentratie totaal fosfor gegeven voor de verschillende dieptes. Hierbij worden de zwarte sliblaag, bruine sliblaag en de vaste veenlaag met een aparte kleur gemarkeerd. Zoals we hier boven al hebben gezien bevat het bruine slib op de diverse locaties veel minder totaal fosfor dan het zwarte slib dat daarboven werd aangetroffen. Het bruine slib bevat maximaal 6,8 mmol/l verse bodem aan totaal fosfor (locatie 14), terwijl het zwarte slib maximaal 71,9 mmol/l verse bodem (locatie 1) bevat. De locaties waar weinig slib aanwezig is (bijvoorbeeld 3, 5 en 6) zijn ook locaties met de lage totaal fosforgehalten; de bodern is echter zo variabel dat niet zeker is of deze hele zijde van de plas weinig slib bevat. Verder wordt, op de meeste locaties, het zwarte slib in de diepte fosforrijker. Dit is ook te zien in figuur 3.4, waarin voor zowel het zwarte als het bruine slib de gemiddelde concentraties voor fosfor en diverse andere elementen zijn weergegeven voor de verschillende boderndieptes.

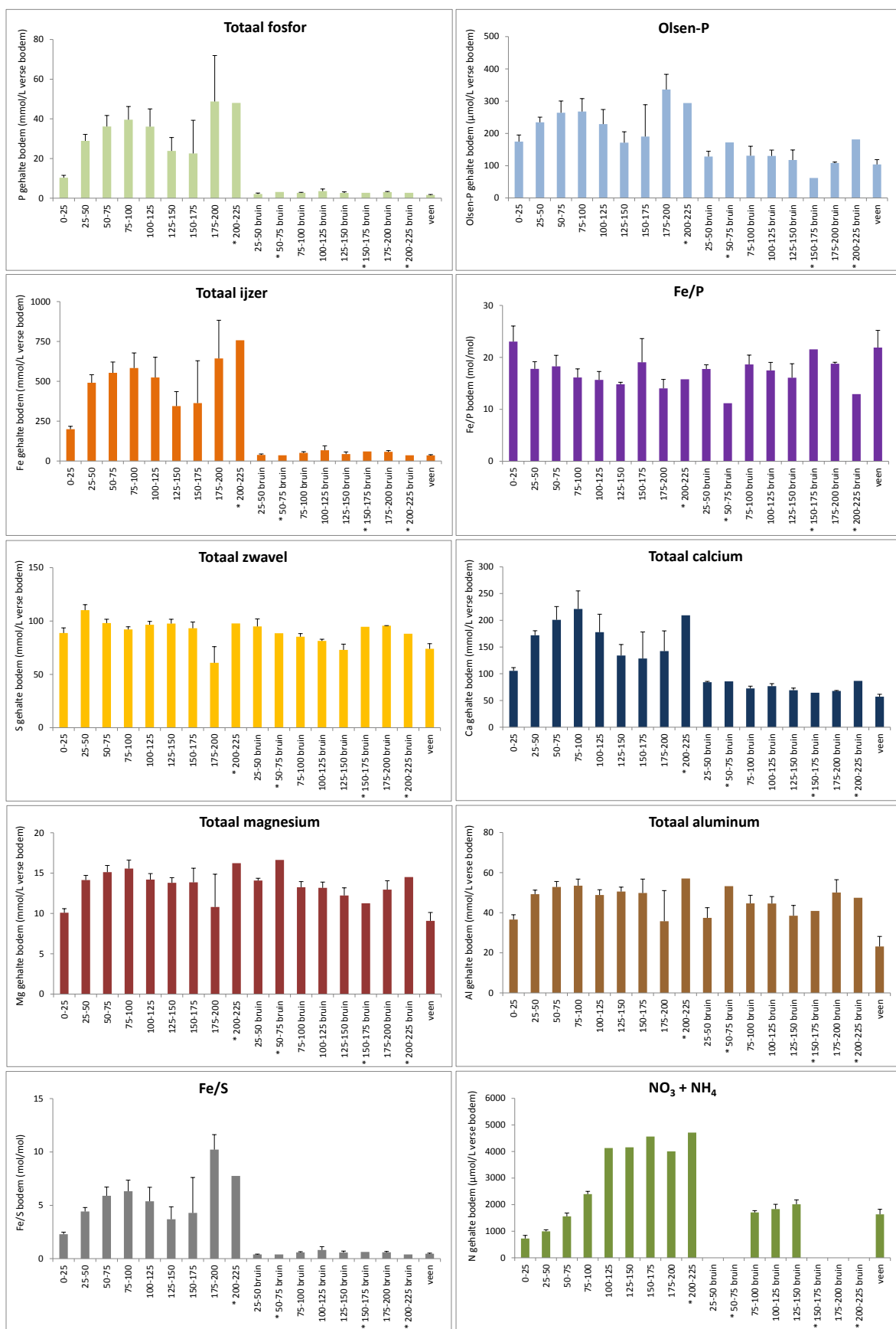


Figuur 3.3: Het verloop van het fosforgehalte in de diepte, er is tevens onderscheid gemaakt tussen bruin en zwart slib, en de onderliggende veenbodem.

De fosforconcentratie van het veen is ongeveer gelijk aan die van het bruine slib (figuur 3.4). Ook voor de overige parameters zien we steeds een vergelijkbare trend terugkomen. De eigenschappen van het bruine slib komt sterk overeen met de chemie van de veenbodem. We kunnen dan ook concluderen dat de bruine sliblaag bestaat uit sterk waterig (slap) veen dat nog weinig is gemineraliseerd. De totaalconcentratie ijzer vertoont dezelfde trend: het zwarte slib is veel ijzerrijker dan het bruine slib en het onderliggende veen. De zwavelconcentratie van de zwarte sliblaag is ook iets hoger dan in het bruine slib en het vaste veen maar de verschillen zijn hier veel kleiner. De totaal-Fe/totaal-P ratio, die op alle locaties varieert tussen 12,9 tot 23,1 mol/mol, verschilt niet significant tussen het zwarte en het bruine slib. Overigens is het gunstig dat deze ratio zo hoog is. De Fe/P ratio kan worden gebruikt als een indicator voor de mate waarin een bodem P nalevert. Volgens Geurts e.a. (2008) neemt bij een Fe/P ratio hoger dan 1 de kans op nalevering van nutriënten uit de onderwaterbodem af terwijl bij een totaal-Fe/totaal-P ratio hoger dan 10 dit risico laag is. De totaal-Fe/totaal-S ratio kan ook worden gezien als een maat voor de mobiliteit van fosfor. Een hoge totaal-Fe/totaal-S ratio is gunstig terwijl een lage ratio ($<0,5$) ongunstig is. Deze ratio is erg gunstig in het zwarte slib en juist ongunstig voor het bruine slib en de intacte veenbodem. Dit betekent dat deze bodemlagen gevoelig zijn voor een hoge sulfaatbelasting en anaërobe omstandigheden. Dit kan snel leiden tot een afname van de vrije ijzerconcentratie en daardoor een toename van de nalevering van fosfor.

De concentratie Olsen-P, die wordt beschouwd als een maat voor het plantbeschikbaar fosfaat, is in de gehele plas laag. Het bruine slib bevat wel gemiddeld een lagere Olsen-P concentratie dan het zwarte slib. Dit suggereert dat een excessieve groei van ondergedoken waterplanten hier niet direct een risico is (Lamers et al., 2012). Het is mogelijk om met de Olsen-P concentratie nalevering te berekenen voor diepere bodemlagen die in de huidige situatie niet in contact staan met het oppervlaktewater (Tool Quickscan, Witteveen en Bos). De gemiddelde Olsen-P concentratie van plas Klein Vogelenzang ($188 \mu\text{mol/l}$ verse bodem) levert in deze quickscan een nalevering op van $0 \text{ mg/m}^2/\text{dag}$. Het zwarte slib is rijker aan fosfor dan de diepere lagen en komt gemiddeld uit op een P-nalevering van $0,2 \text{ mg/m}^2/\text{dag}$. Er zijn in totaal slechts zeven monsters (van 103 totaal) die de grens van $1 \text{ mg/m}^2/\text{dag}$ overschrijden; het zijn allen zwarte slibmonsters en gelegen aan de westkant van de plas (locatie 1,2,7,8 en 15).

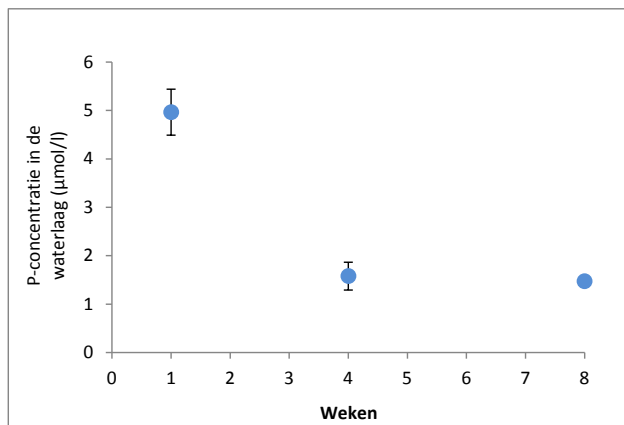
Samenvattend kan gesteld worden dat de sliblaag sterk varieert in dikte in plas Klein Vogelenzang. De sliblaag is in het algemeen rijk aan fosfor, maar ook rijk aan ijzer. Het zwarte slib bevat veel hogere concentraties fosfor dan het bruine slib en het vaste veen; bij het verwijderen van de gehele zwarte sliblaag worden de grootste hoeveelheden nutriënten uit de plas verwijderd. Samen met het fosfor wordt dan echter ook veel ijzer verwijderd, waardoor ratio tussen ijzer en zwavel sterk daalt. Bij anaërobe omstandigheden zorgt dit ervoor dat de bindingscapaciteit van ijzer (om fosfor vast te leggen) erg laag is, dit is een risico voor de toekomst.



Figuur 3.4: Diverse gemiddelde concentraties en ratio's weergegeven per 25 centimeter diepte, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het zwarte slib (links in de grafieken), het bruine slib en het vaste onderliggende veen. De locaties met een sterretje zijn gebaseerd op slechts 1 monsterpunt.

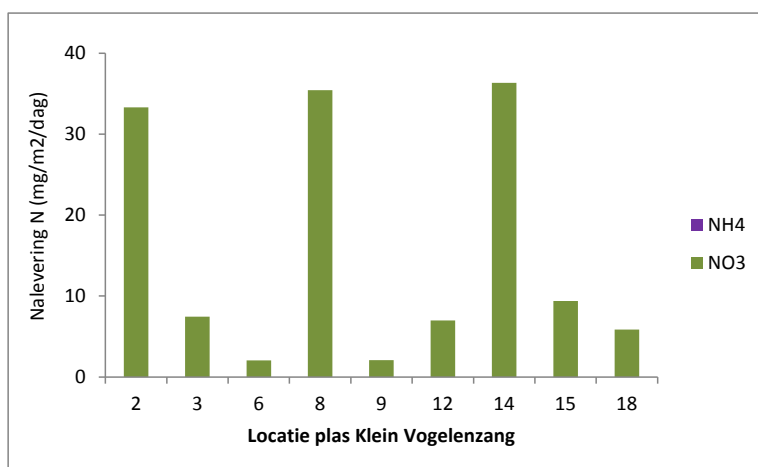
3.2 Wat is de potentiële nalevering van fosfor en stikstof van de onderliggende vaste veenlaag indien de gehele sliblaag zou worden weggebaggerd?

De nalevering van nutriënten vanuit de onderwaterbodem naar de waterlaag heeft in veel gevallen een grote invloed op de waterkwaliteit. Om een inschatting te maken van de potentiële nalevering van nutriënten naar de waterlaag is een naleverings-experiment uitgevoerd. De gemeten gemiddelde nalevering van fosfor in deze experimenten is op negen locaties in plas Klein Vogelenzang consequent 0. In figuur 3.5 is het gemiddelde verloop van fosfor weergegeven, hetgeen inzichtelijk maakt dat er geen sprake is van nalevering, maar juist van een netto immobilisatie van fosfaat uit de waterlaag.



Figuur 3.5: Het verloop van de gemiddelde concentratie fosfor in het naleveringsexperiment gedurende acht weken.

De gemeten netto stikstofnalevering van de vaste veenlaag was gemiddeld 15 mg/m²/dag, waarbij nitraat en ammonium bij elkaar zijn opgeteld. Het nageleverde stikstof werd uitsluitend teruggemeten als nitraat. Dit betekent dat de nitrificatie in de waterlaag zeer goed verliep. Een deel van het nitraat zal in de onderwaterbodem weer zijn gedenitrificeerd tot stikstofgas waardoor de absolute nalevering van ammonium uit de bodem hoger zal zijn geweest. Er is wel sprake van grote onderlinge verschillen in netto stikstofnalevering (figuur 3.6). Op locatie 2, 8 en 14 is de N-nalevering hoger dan 30 mg/m²/dag, terwijl de intacte bodem van de overige 6 locaties een N-nalevering lager dan 10 mg/m²/dag laten zien. Alle locaties met een hoge nalevering van stikstof zijn aan de westzijde van de plas gepositioneerd, hetgeen overeenkomt met de hogere NH₄ gehalten (in zoutextracties) op locaties die aan de westzijde van de plas liggen.



Figuur 3.6: De potentiële stikstofnalevering van de intacte veenbodem van 9 verschillende locaties in plas Klein Vogelenzang, gemeten in een 8 weken durend experiment.

Aanvullend op de uitgevoerde experimenten zijn ook de concentraties die gemeten zijn in het bodemvocht (dat fungeert als doorgeefluik naar de waterlaag) zeer bruikbaar bij voorspellingen over de toekomstige nalevering van nutriënten. In tabel 3.2 zijn diverse parameters in het bodemvocht in plas Klein Vogelenzang weergegeven. Met name de concentraties van fosfor en ijzer (en de verhoudingen tussen deze elementen) in het bodemvocht zijn van belang. De fosforconcentraties zijn in het algemeen niet erg hoog (8 – 57 $\mu\text{mol/l}$) maar ook niet zo laag dat er geen nalevering te verwachten is. De concentratie ijzer in het bodemvocht varieert sterk: 1-486 $\mu\text{mol/l}$. De verhouding tussen ijzer en fosfor is van groot belang bij het inschatten van nalevering. Bij een Fe/P ratio < 1 is de kans op nalevering van fosfor naar de waterlaag groot. Een Fe/P ratio hoger dan 1 is gunstig en indien de ratio hoger is dan 10 is de kans op nalevering zeer gering (Geurts et al., 2010). Op een aantal plekken is deze ratio dus zeer gunstig, terwijl op andere plaatsen de kans op nalevering groot is. Op de locaties met een ongunstige Fe/P ratio, (locatie 3, 6, 12 en 18, is het aannemelijk dat er na baggeren nalevering plaatsvindt vanuit de vaste veenlaag. Gelet op de relatief lage P concentraties in het bodemvocht en het feit dat over een groot deel van de plas de Fe/P ratio gunstig is, is het te verwachten dat de gemiddelde belasting vanuit de onderwaterbodem over de gehele plas gezien laag zal zijn, zolang de waterlaag zuurstofhoudend blijft.

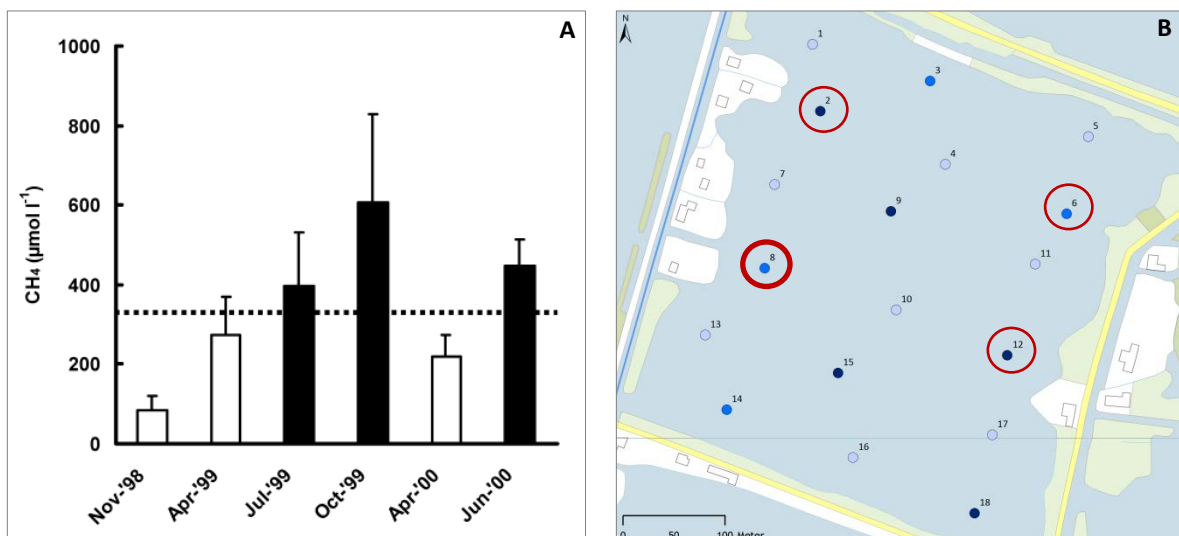
Een kanttekening die bij de inschatting van de risico's op nalevering gemaakt moet worden is dat in de opzet van de naleveringsproeven de waterlaag wel zuurstofhoudend was en dat de inschattingen geen rekening houden met eventuele lange termijnprocessen zoals veenafbraak dat meestal pas na langere tijd op gang komt.

Tabel 3.2: Diverse parameters in het bodemvocht van de vaste, onderliggende veenbodem, alkaliniteit is gegeven in meq/l, Fe/P ratio in mol/mol en de overige waarden in $\mu\text{mol/l}$.

Locatie	pH	Alkaliniteit	HCO ₃	CH ₄	Ca	Fe	P	S	NO ₃	NH ₄	Fe/P
2	7,01	13,4	13664	305	3877	486	16	50	2	1878	30,5
3	7,05	4,4	4763	6	1602	5	24	65	14	499	0,2
6	7,48	4,3	4299	320	1502	1	24	91	21	277	0,1
8	7,35	12,9	12698	747	3992	293	8	147	57	1584	37,9
9	7,40	5,1	5407	76	1776	51	32	52	10	342	1,6
12	7,18	6,8	7560	302	2253	33	57	61	13	582	0,6
14	7,22	9,6	10625	212	3016	207	24	106	35	1393	8,5
15	7,12	7,4	8020	186	2439	59	30	56	2	771	2,0
18	7,49	6,9	7280	113	2367	2	37	137	75	834	0,1

3.3 Hoe groot is de kans dat het vaste veen gaat opdrijven na baggeren?

De gemeten concentraties methaan (totale gas- en vloeibare fase) in het bodemvocht van het intacte veen in plas Klein Vogelenzang (tabel 3.2) variëren tussen 6 en 747 $\mu\text{mol/l}$. We zien dat er lokaal grote verschillen optreden in de gemeten methaanconcentraties. De concentratie is de resultante van de productie en de mate waarin het geproduceerde methaan kan ontsnappen uit de veenmatrix. De kans op opdrijving van veen neemt sterk toe bij methaanconcentraties in het bodemvocht hoger dan 350 $\mu\text{mol/l}$ (Tomassen et al., 2004 en figuur 3.7a). Deze waarde wordt slechts op 1 locatie (ruim) overschreden, maar op een aantal andere locaties worden wel concentraties hoger dan 300 $\mu\text{mol/l}$ gemeten (figuur 3.7b). Daarnaast is tijdens het veldwerk vastgesteld dat er al drijvende ‘veenbulten’ aanwezig zijn (figuur 3.8), hetgeen duidt op een zeker drijfvermogen van het veen. Lokaal kan er dus veen loskomen van de onderwaterbodem. Het verwijderen van de sliblaag maakt de kans op het losraken van brokken veen groter. Gezien verhoogde concentraties op diverse plaatsen in de plas, zal er, tijdens de uitvoering, in de gehele plas rekening gehouden moeten worden met de mogelijkheid op opdrijven van het veen. Er kan overwogen worden om de opdrijvende veenblokken in een hoek van de plas bij een te brengen en hier een kunstmatig trilveen te maken, door de blokken te enten met geschikt plantmateriaal.



Figuur 3.7: A: Methaanconcentraties ($\mu\text{mol/l}$) in het bodemvocht in een (drijvende) veenlaag in het Haaksbergerveen, gemeten in verschillende seizoenen. De zwarte balken geven een drijvende toestand aan (uit Tomassen et al., 2004). B: Omcirkelde locaties waar de grenswaarde van 350 $\mu\text{mol/l}$ wordt overschreden (dikke lijn) of hoger dan 300 $\mu\text{mol/l}$ is gemeten (dunne lijn).

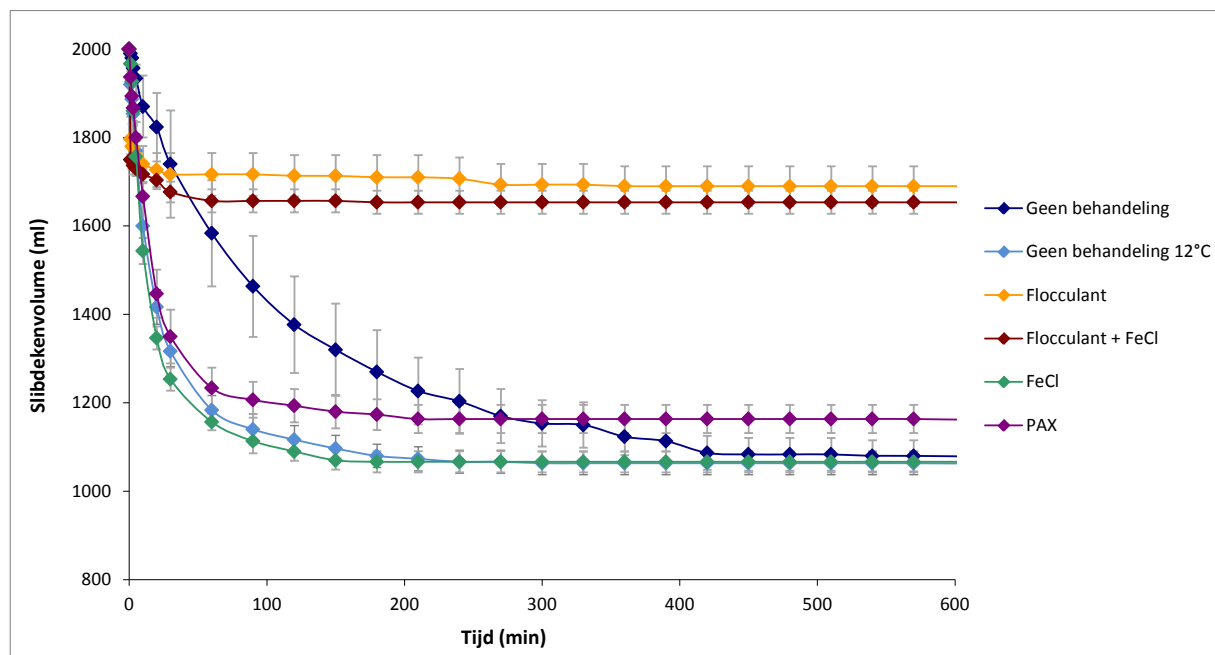


Figuur 3.8: Waargenomen ‘veenbulten’ in september 2012 in plas Klein Vogelenzang

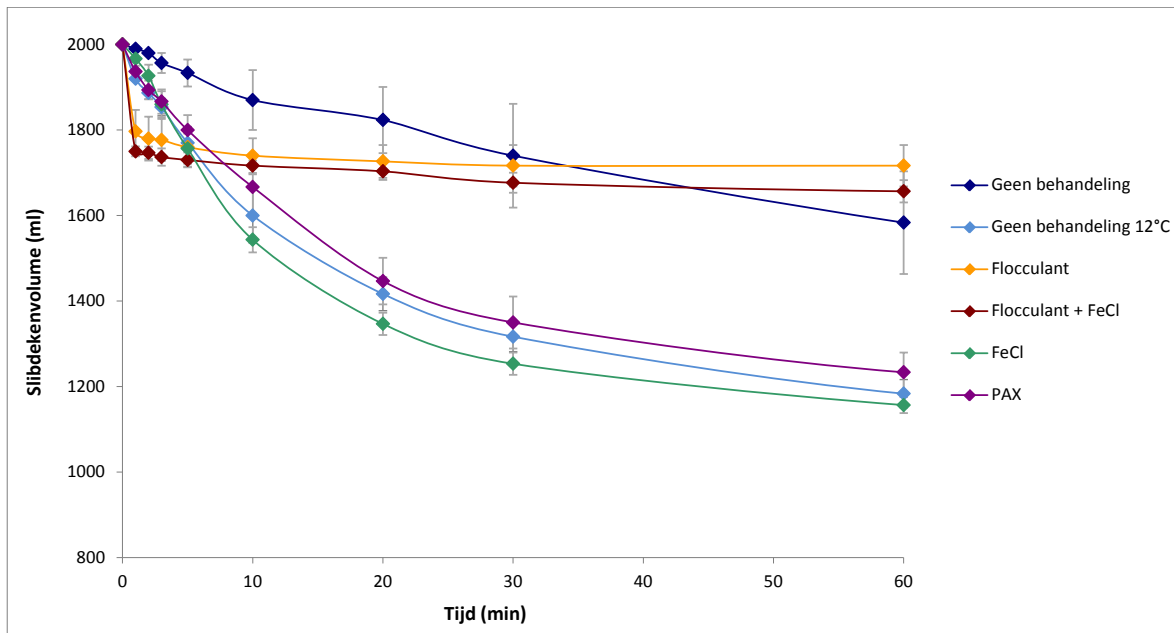
3.4. Wat is de sedimentatiesnelheid van het slib en wat is de invloed op de sedimentatiesnelheid indien flocculant, ijzerchloride of PAX wordt toegediend?

In figuur 3.9 zijn de resultaten weergegeven van de metingen aan sedimentatiesnelheden van het onbehandelde slib (bij 12 en 18°C) en slib behandeld met flocculant, flocculant en ijzerchloride, alleen ijzerchloride en PAX (allen bij 18°C). Het onbehandelde slib is bij 18°C na circa 400 minuten bijna volledig bezonken, terwijl het sedimentatieproces bij 12°C bijna twee keer zo snel verloopt. Bestaande literatuur over sedimentatiesnelheden bij verschillende temperaturen (die met name ingaat op zuiveringsinstallaties, waarbij de temperatuur ook belangrijk is voor de aanwezige bacteriën) is hierover niet eenduidig. Een mogelijke verklaring voor de snellere sedimentatie bij een lagere temperatuur is de toegenomen viscositeit van het materiaal, waardoor de sedimentatie mogelijk anders verloopt (STOWA, 2012 & Jin et al., 2004). De behandelingen met flocculant (met en zonder FeCl) bezinken in de eerste minuten zeer snel (zie figuur 3.10), maar deze trend wordt niet voortgezet, en uiteindelijk is er sprake van een zeer beperkte afname van het slibdekenvolume (28 %, terwijl de overige behandelingen een afname van gemiddeld 77 % laten zien). Opgemerkt dient te worden dat, indien dit slib dat met flocculant is behandeld in resuspensie komt, bezinking opnieuw uitermate snel verloopt, hetgeen niet het geval is bij de overige behandelingen. Een behandeling met ijzerchloride of PAX zorgt voor een snelle bezinking binnen circa 100 minuten, waarbij ijzerchloride voor een grotere afname van het slibdekenvolume zorgt dan de behandeling met PAX. De behandeling met ijzerchloride bezinkt, samen met het slib zonder behandeling, het beste. Bij 18°C graden kost het wel veel meer tijd om op dezelfde mate van bezinking uit te komen (400 min.). Er is ook een groot verschil in de helderheid van het retourwater (het bovenstaande water na bezinking). Het retourwater van het slib zonder behandeling is nog erg troebel (figuur 3.11).

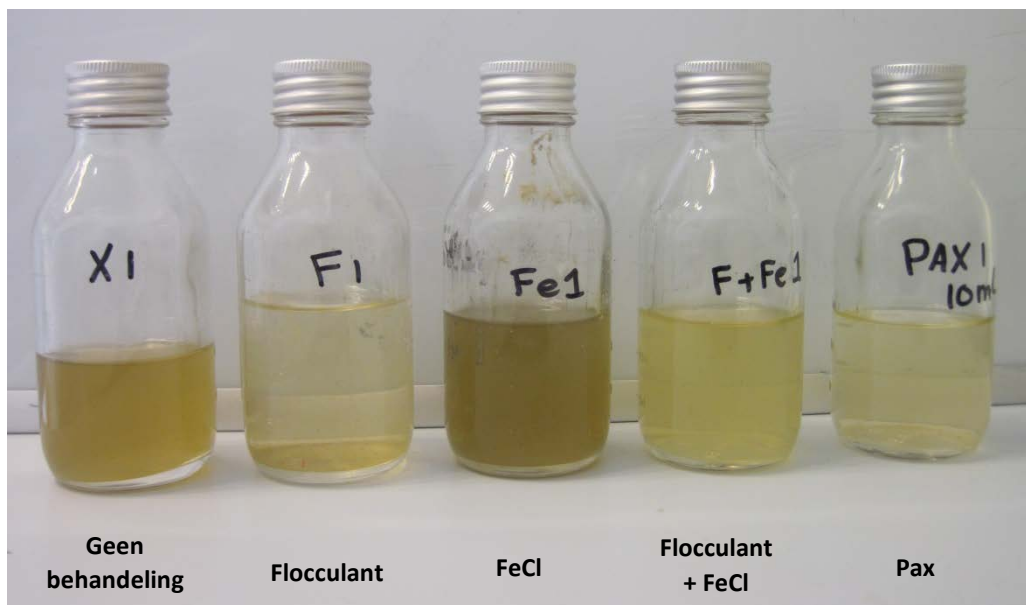
Geconcludeerd kan worden dat, indien tijd geen rol speelt (en 400 minuten dus niet te lang is), het slib goed kan bezinken zonder kunstmatige toediening van één van de geteste flocculanten. Indien tijd wel een rol speelt, kan het beste gekozen worden voor toediening van ijzerchloride.



Figuur 3.9: De afname van het slibdekenvolume in ml over een tijdsperiode van 600 minuten bij zes verschillende toepassingen, als maat voor de sedimentatiesnelheid.



Figuur 3.10: De afname van het slibdekenvolume in de eerste 60 minuten (uitsnede van figuur 3.9)



Figuur 3.11: Het verschil in helderheid van het retourwater na 24 uur sedimentatie.

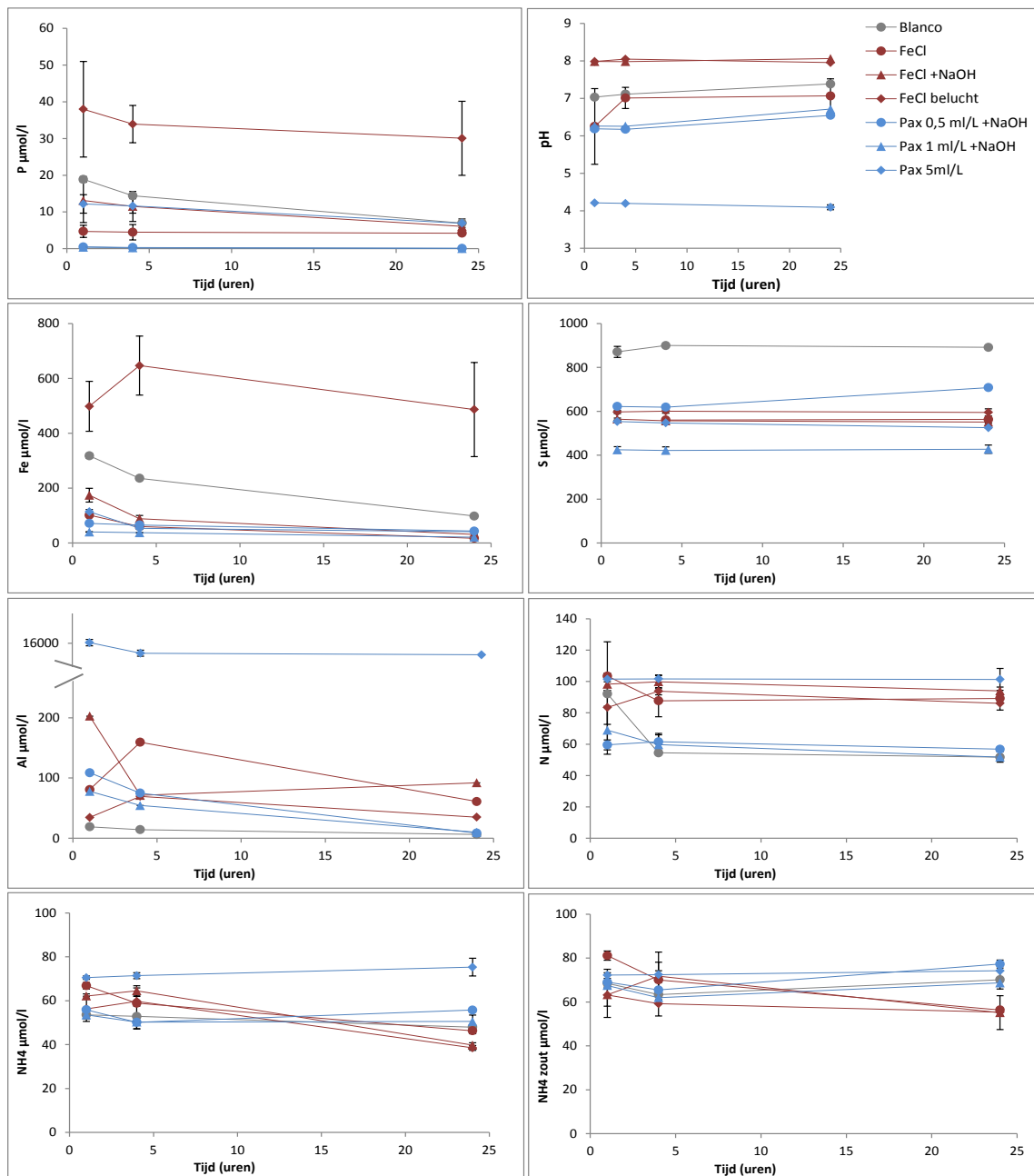
3.5 *Hoe hoog zijn concentraties van nutriënten in het retourwater en in welke mate kan het gebruik van ijzerchloride of PAX dit beïnvloeden?*

In tabel 3.3 worden de resultaten gegeven van de behandeling van retourwater met ijzerchloride en Pax. De pH van het retourwater zonder behandeling (blanco) ligt tussen de 7 en 7,4. De toepassing van ijzerchloride levert na 1 uur een verlaging van de pH op (6,1) maar na 4 uur ligt de pH weer boven pH 7. Door na toedienen van ijzer aan te logen (+NaOH) of te beluchten, wordt de pH verhoogd tot circa pH 8. Door behandeling met Pax + NaOH daalt de pH tot 6,2 – 6,7. Indien de Pax behandeling niet wordt aangehouden en een hogere dosering wordt gebruikt, daalt de pH sterk tot pH 4,1. De totaal aluminiumconcentratie (hier grotendeels in opgeloste vorm aanwezig) reageert zeer sterk op deze pH verlaging en loopt op tot 15.000 $\mu\text{mol/l}$. Dit is een extreem hoge concentratie die zeker toxisch is voor aquatische organismen. De totaal fosforconcentratie (overwegend aan zwevende bodemdeeltjes gebonden fosfor) bedraagt in de blanco bij aanvang 29,7 $\mu\text{mol/l}$ en is na 24 uur gedaald tot 7 $\mu\text{mol/l}$. Het toedienen van ijzerchloride levert binnen een uur een verlaging op tot 4,7 waarna deze nog iets verder afneemt tot 4,2 $\mu\text{mol/l}$ na 24 uur. Bij beluchting of aanloging blijft er veel meer fosfor aanwezig. Vermoedelijk wordt dit veroorzaakt door de hoeveelheid zwevende deeltjes, waar fosfor aan gehecht zit. Bij beluchting komen deeltjes nauwelijks tot bezinking en dat verklaart de hoge P, maar ook Fe-concentraties, zelfs na 24 uur. Ook bij aanloging zakken de deeltjes minder goed uit. Dit heeft waarschijnlijk te maken met een verandering van de oppervlaktelading van de ijzer(hydr)oxide deeltjes bij een hogere pH. De behandelingen met Pax in combinatie met aanloging leidt juist ook in de lagere dosering tot het goed uitzakken van de zwevende bodemdeeltjes. De totaal P-concentraties zijn zelfs na 1 uur al laag (0,4-0,5 $\mu\text{mol/l}$) en nemen in de loop van de tijd nog verder af. De ammoniumconcentraties zijn relatief laag, hetgeen gunstig is, en worden niet noemenswaardig door de verschillende behandelingen beïnvloed.

Tabel 3.3: Gemiddelde concentraties na 1, 4 en 24 uur na behandeling van retourwater met ijzerchloride en Pax-14 en verschillende toepassingen en doseringen daarvan. Alle concentraties zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$.

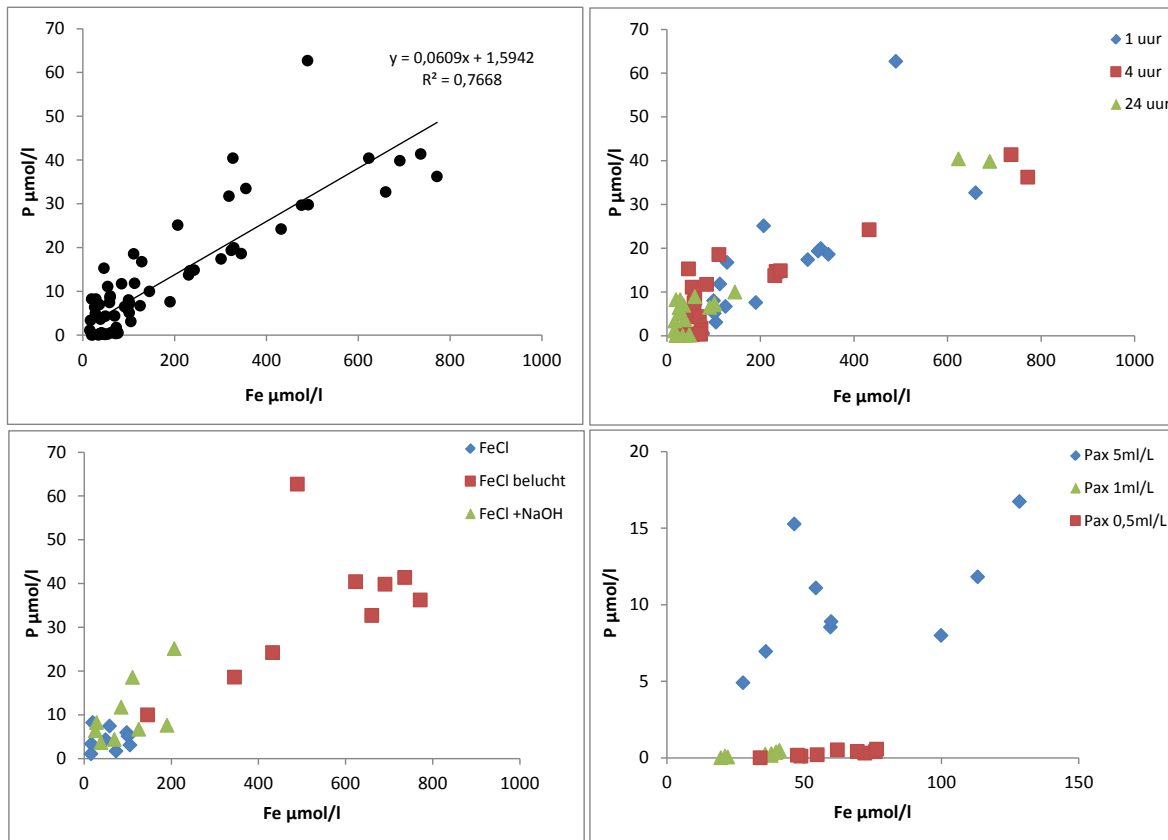
Behandeling	Tijdstip	pH	Al totaal	Fe totaal	P totaal	S totaal	PO ₄	NO ₃	NH ₄	Na	Cl	NH ₄ zout
Blanco	0	n.a.	28	484	29,7	999	0,1	3	57	2298	2642	n.a.
blanco	1	7,0	19	318	18,9	871	0,3	39	54	2200	2627	69
blanco	4	7,1	14	236	14,4	900	0,4	2	53	2222	2579	63
blanco	24	7,4	6	98	7,0	892	0,4	4	48	2257	2625	70
FeCl	1	6,3	81	101	4,7	571	0,1	37	67	2201	3217	81
FeCl	4	7,0	159	60	4,5	560	0,1	29	59	2116	2403	70
FeCl	24	7,1	61	17	4,2	563	0,0	43	46	2125	2664	56
FeCl +NaOH	1	8,0	203	174	13,1	564	0,2	36	62	2789	3225	63
FeCl +NaOH	4	8,0	71	89	11,5	557	0,1	35	65	2787	3197	72
FeCl +NaOH	24	8,1	92	31	6,1	551	0,1	54	40	2675	3047	55
FeCl belucht	1	8,0	34	498	38,0	597	0,2	27	56	2180	2642	63
FeCl belucht	4	8,0	70	647	33,9	601	0,1	34	60	2163	3213	59
FeCl belucht	24	8,0	35	486	30,1	595	0,1	48	39	2112	3124	55
Pax 0,5 ml/L +NaOH	1	6,2	109	71	0,5	622	0,0	4	56	3850	6194	69
Pax 0,5 ml/L +NaOH	4	6,2	75	65	0,3	619	0,1	11	50	3160	5049	65
Pax 0,5 ml/L +NaOH	24	6,5	8	44	0,1	708	0,0	1	56	4028	6547	77
Pax 1 ml/L +NaOH	1	6,3	78	40	0,4	425	0,0	15	54	6590	9467	68
Pax 1 ml/L +NaOH	4	6,3	54	37	0,2	422	0,0	9	50	6191	8562	62
Pax 1 ml/L +NaOH	24	6,7	10	21	0,0	427	0,0	1	51	6986	10089	69
Pax 5ml/L	1	4,2	16023	114	12,2	554	6,3	31	70	2232	25623	72
Pax 5ml/L	4	4,2	15638	53	11,6	547	6,6	30	71	2220	25224	72
Pax 5ml/L	24	4,1	15582	41	6,9	525	7,4	26	75	2141	24048	74

In figuur 3.12 is het verloop in tijd weergegeven per behandeling, voor de diverse elementen, waarin ook duidelijk te zien is dat de twee behandelingen met Pax het meest gunstige resultaat opleveren. Al 1 uur na start van de behandeling zijn de concentraties totaal-P lager dan 0,5 $\mu\text{mol/l}$. In het algemeen treden de sterkste effecten op in het eerste uur van bezinken en nemen de concentraties voor elke behandeling nog verder af gedurende de resterende meetperiode van 23 uur, maar wel veel minder snel. Ten opzichte van de behandeling ijzerchloride- belucht lijken de overige behandelingen een lage P-concentratie te bevatten. Daarbij moet echter in aanmerking genomen worden dat de huidige concentratie fosfor in het oppervlaktewater van Klein Vogelenzang rond de 5 $\mu\text{mol/l}$ ligt, en dat een PO₄ concentratie hoger dan 1 een verhoogd risico op algenbloei met zich meebrengt. Het retourwater bevat hoge zwavelconcentraties, al is er in ieder geval sprake van een verlaging van 30 tot 50% ten opzichte van de concentraties die in de blanco aanwezig zijn. Verder is de aluminiumconcentratie extreem hoog in de niet aangeloopte Pax behandeling met de hoge dosering. De concentraties stikstof en ammonium blijven vrijwel gelijk gedurende 24 uur en zijn niet erg hoog.



Figuur 3.12: Gemeten concentraties na 1, 4 en 24 uur na behandeling met ijzerchloride of Pax in verschillende toepassingen en doseringen.

Er is bestaat een sterke correlatie tussen ijzer en fosfor (gegeven in figuur 3.13) in het behandelde en onbehandelde retourwater. Hiermee wordt bevestigd dat de afname van fosfor (en ook ijzer) in de tijd samenhangt met het neerslaan van deeltjes waar zowel ijzer als fosfor aan gebonden zijn. Duidelijk wordt dat niet zozeer de tijd van invloed is op de verhouding tussen Fe en P, maar eerder de diverse behandelingen. Het is zeer duidelijk te zien dat FeCl-belucht tot hogere P en Fe concentraties leidt omdat de bodemdeeltjes slechter bezinken. De behandeling Pax-5ml/L levert met name een hogere fosforconcentratie op. Dit wordt veroorzaakt door de lage pH, waardoor fosfaat in oplossing gaat.

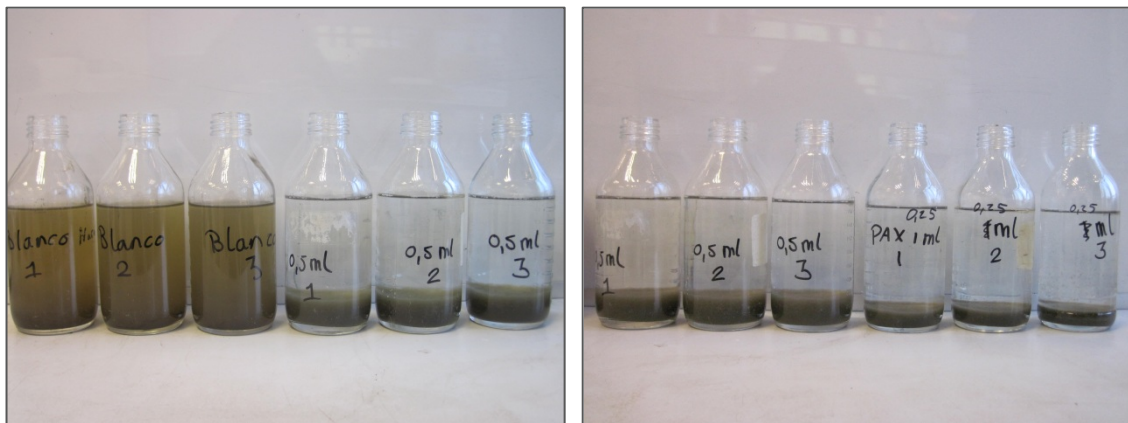


Figuur 3.13: de correlatie tussen ijzer en fosfor in het retourwater voor alle behandelingen (linksboven) en het onderscheid in het tijdsverloop (rechtsboven), FeCl-behandelingen (linksbeneden) en Pax-behandelingen (rechtsbeneden).

Aanvullend op de concentraties in het retourwater zijn ook de hoeveelheden zwevend stof van belang. De hoeveelheid zwevend stof vier uur na behandeling bedraagt in de blanco 67 mg droge stof per liter en in de behandeling met Pax (twee laagste doseringen) 12 en 5 mg droge stof per liter (tabel 3.4 en figuur 3.14). Voor de blanco behandeling is ook het zwevend stofgehalte bepaald na 1 uur en 24 uur. Na 1 uur bedroeg het zwevend stofgehalte van het retourwater nog 138 mg per liter en na 24 was dit afgenomen tot 5 mg per liter.

Tabel 3.4: de hoeveelheid zwevend stof in de blanco één, vier en 24 uur na behandeling in het retourwater. Ter vergelijking is het gehalte zwevend stof ook van de twee laag gedoseerde Pax behandelingen na 4 uur bepaald.

Behandeling	Tijdstip (uren)	Zwevend stof (mg ds/L)	st. error
Blanco	1	138	7
Blanco	4	67	7
Blanco	24	5	n.a.
Pax 1 ml/L	4	12	4
Pax 0,5 ml/L	4	5	3



Figuur 3.14: de verschillen in bezinking na vier uur tussen de blanco's en de Pax-behandelingen.

Concluderend kan worden gesteld dat de behandeling met Pax (mits aangelooft) van 0,5 ml per liter tot de sterkste reductie van fosfor leidt. Het vermoeden bestaat dat zelfs een lagere concentratie al goede resultaten met zich meebrengt, dat is in deze opdracht echter niet onderzocht. Na een bezinkingsperiode van 1 uur kan het retourwater verwerkt worden, tevens slaan bodemdeeltjes snel neer bij deze Pax-behandeling, waardoor zwevend stof geen probleem zal vormen.

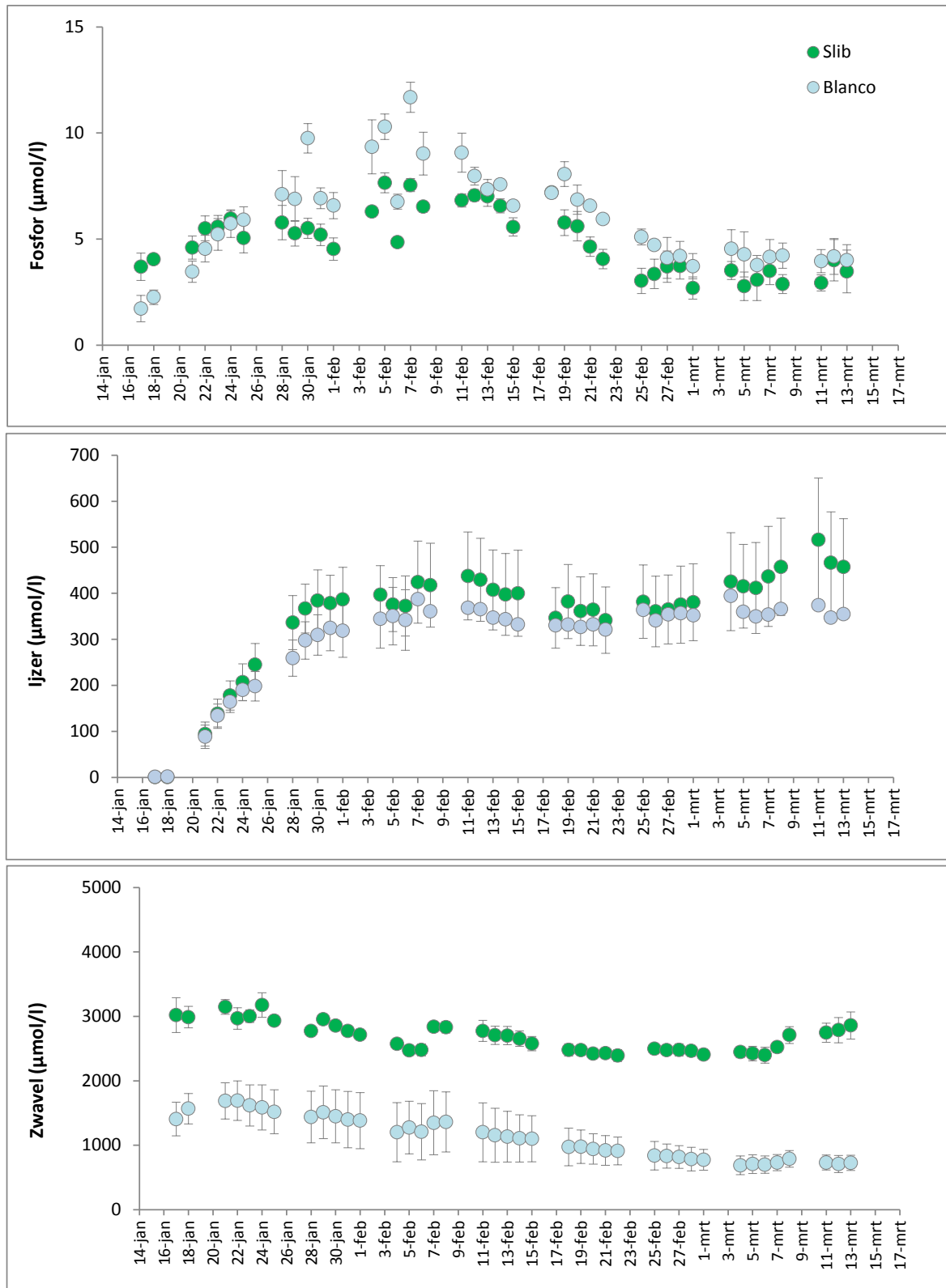
3.6 *In welke mate is er uitloging van nutriënten richting de omliggende sloten en in hoeverre kan dit het (water)milieu aantasten op deze plaatsen?*

Figuur 3.15 geeft de resultaten van het verloop van de concentraties van het uitlogende water gedurende ruim zeven weken. De gemiddelde fosforconcentratie van de slibbehandeling stijgt van 3,7 naar 7,7 $\mu\text{mol/l}$ in de eerste weken, om daarna af te nemen tot waarden rond 3 $\mu\text{mol/l}$. De gemiddelde concentratie fosfor van de blanco behandeling is lager bij de start van de metingen (1,7 $\mu\text{mol/l}$), maar is na drie weken significant hoger dan de concentraties van de slibbehandeling. Dit duidt erop dat er dus ook fosfor vrijkomt uit de bodem, zonder dat er fosfor van bovenaf wordt toegediend. De anaërobe omstandigheden die in de bodem ontstaan na vernatting (al dan niet met een P-rijke oplossing) zorgt voor reductie van ijzer(hydr)oxides in de bodems waardoor fosfor wordt gemobiliseerd. Na zeven weken is de concentratie fosfor van de blanco behandeling ongeveer gelijk aan de fosforconcentratie van de slibbehandeling. De bodem van de akker bevat, door het agrarisch gebruik ervan, hoge concentraties totaal fosfor. Dieper in de bodem (50-70 cm) neemt de concentratie af, maar in de laag van 30-50 cm diepte is er nog veel fosfor aanwezig (zie tabel 3.5). Hoewel het slib uit plas Klein Vogelenzang ook erg rijk is aan fosfor blijkt er geen extra toename te zijn van de concentratie fosfor in het uitlogende water in de slibbehandeling. Het ijzerrijke slib is goed in staat om fosfor te binden en slechts een klein deel van het fosfor is in oplossing. Bovendien bevat het slib nog veel gereduceerd ijzer dat gebonden is aan gereduceerd zwavel. Door oxidatie worden hieruit ijzer(hydr)oxiden gevormd waardoor de binding van fosfor in de sliblaag verder verbetert na blootstelling aan zuurstof.

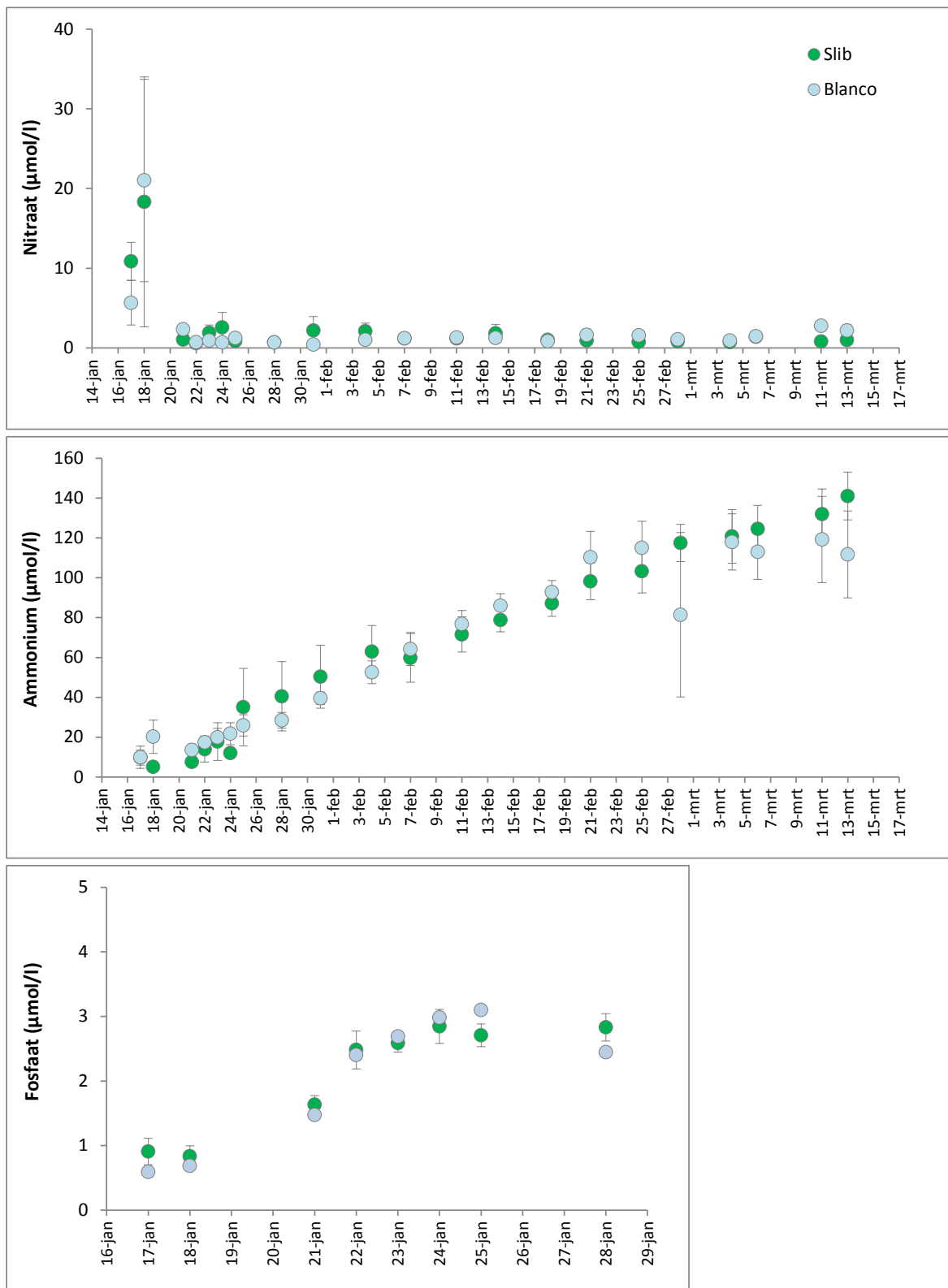
De hoge concentratie ijzer die het uitlogende water bevat stijgt gedurende 14 dagen, en lijkt daarna af te vlakken. De slibbehandeling bevat gedurende de proef een hogere ijzerconcentratie (maximaal 516 $\mu\text{mol/l}$) dan de blanco behandeling (maximaal 394 $\mu\text{mol/l}$), al zijn de verschillen niet significant. De toename van de ijzerconcentratie kan worden toegeschreven aan de reductie van de in de akkerbodem aanwezig ijzer(III)(hydr)oxides. De akkerbodem (met name de laag van 30-50 cm beneden maaiveld) is erg rijk aan ijzer.

De gemeten zwavelconcentratie in het doorsijpelende water is in de beginperiode van het experiment ongeveer twee keer hoger in de slibbehandeling dan in de blanco, aan het einde van de proef is het zelfs drie keer hoger. In de blanco behandeling neemt de concentratie langzaam af, terwijl de slibbehandeling wat stabiel blijft. De hoge concentratie zwavel in het bodemvocht in het slib (4113 $\mu\text{mol/l}$, tabel 3.5) wijst op oxidatie van ijzersulfides in de sliblaag waardoor hier relatief veel sulfaat wordt vrijgemaakt. De akkerbodem bevat ook veel zwavel dat hier ook in belangrijke mate in geoxideerde vorm aanwezig is. Hierdoor wordt ook in de blanco behandeling nog relatief veel zwavel teruggemeten.

De concentratie ammonium loopt langzaam op gedurende het experiment (duidend op anaërobe omstandigheden na vernatting) tot ongeveer 140 $\mu\text{mol/l}$. Dit is een verhoogde concentratie, maar niet dermate hoog dat er problemen voor het water(bodem)leven, aangezien de hoeveelheid ammonium verdund wordt bij uitspoeling naar de omliggende sloten. Daarnaast is van toxiciteit pas sprake bij een hoge pH (Mehrer & Mohr, 1989; Kosegarten et al., 1997). Nitraat wordt alleen in de eerste twee dagen gemeten (de bodem was toen nog niet volledig anaëroob) en is daarna erg laag.



Figuur 3.15: Gemiddelde concentraties in het 'uitlopende' water in $\mu\text{mol/l}$ gedurende ruim zeven weken (van ammonium en nitraat is een selectie gemeten en de data van fosfaat is slechts beschikbaar van de eerste 12 dagen), waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen slib (groene punten, hierbij is het slibmengsel boven in de buizen aangebracht) en blanco (lichtblauwe punten, hierbij is artificeel oppervlaktewater zonder nutriënten aangebracht in de buizen).



Figuur 3.15 vervolg

Tabel 3.5: De concentraties van de behandelingen in het experiment (slib en blanco) en de akker op twee diepten die is gebruikt in het experiment. Bodemvocht en oppervlaktewater zijn gegeven in $\mu\text{mol/l}$, totaalgehalten in mmol/l verse bodem en $\mu\text{mol/l}$ verse bodem (NO_3 en NH_4 , gemeten via een zoutextractie).

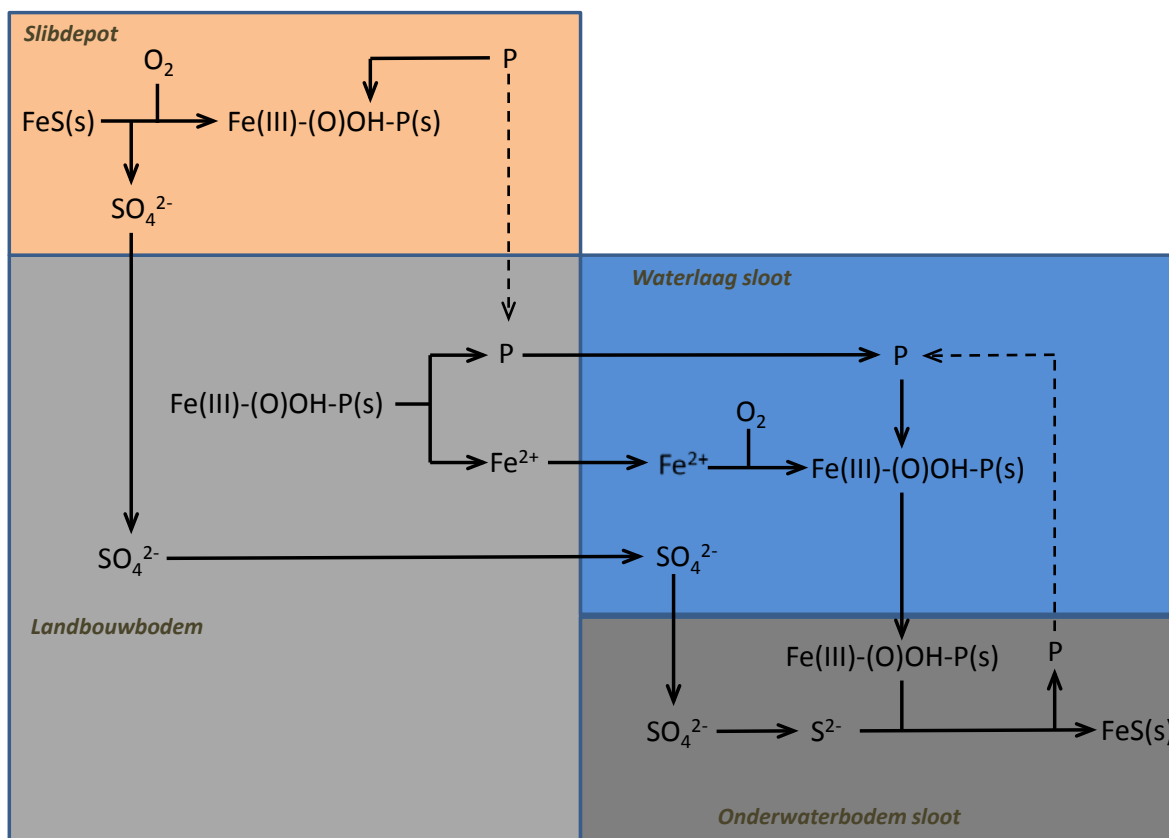
	Ca	Fe	P	S	NO_3	NH_4
Bodemvocht slibmengsel (slib)	3805	56,4	0,4	4113	1,2	111
Artificeel opp.water zonder P (blanco)	1106	0,1	0,2	325	0,3	2,3
Bodemvocht akker 30-50 cm	2781	2,0	2,2	2169	-	-
Bodemvocht akker 50-70 cm	3453	2,9	0,8	3761	139	168
Totaalgehalten slib (zwart + bruin)	117	241	15	90	7	1844
Totaalgehalten akker 30-50	173	202	20	51	946	33
Totaalgehalten 50-70	129	81	6	65	478	86

Het uitlogende water dat gemeten is in deze proef komt in de praktijk uit in sloten die aan het slibdepot grenzen. De gemeten concentraties in het oppervlaktewater van deze sloten worden gegeven in tabel 3.6. Het uitlogende water is niet extreem rijk aan fosfor of fosfaat; de concentratie fosfaat in de sloot waar het water terecht komt is zelfs hoger ($7 - 19 \mu\text{mol PO}_4/\text{liter}$). Omdat het uitlogende water ook erg veel ijzer bevat, wat zal oxideren in de sloten waarbij het met fosfor neerslaat, kan zelfs niet uitgesloten worden dat de uitloging van het water een positief zal hebben op de waterkwaliteit. De concentratie ammonium vanuit het depot overstijgt de concentratie in de sloten, waarbij het effect in sloot B veel groter is dan in sloot A. De hoeveelheden zwavel die uit het depot door kunnen sijpelen zijn echter vele malen groter dan de huidige concentratie zwavel ($198 - 569 \mu\text{mol/l}$) van het oppervlaktewater. Dit zwaveleffect wordt echter niet alleen door het slib veroorzaakt. Ook de landbouwbodems zijn rijk aan zwavel waardoor ook in de blanco behandeling veel sulfaat uitspoelt.

De resultaten laten zien dat de aanleg van het depot zal leiden tot een toename van de sulfaatbelasting van het oppervlaktewater. Met name in de zomermaanden kan dit tot problemen leiden. Sulfaatreductie in de anaërobe onderwaterbodem kan leiden tot een toename van de fosfaatmobilisatie naar de waterlaag en een toename van sulfideconcentraties in het bodemwater (figuur 3.16 geeft een schematische weergave). In het experiment blijft de ijzerconcentratie langdurig hoog, terwijl de fosforconcentratie afneemt in de loop der tijd. Gelet op de al hoge fosforconcentraties in de waterlaag van de omliggende sloten en het feit dat er ook ijzer uitspoelt waardoor fosfaat juist gebonden wordt, zal er waarschijnlijk geen netto negatief effect zijn van fosfor op de waterkwaliteit als gevolg van de uitspoeling van water uit het perceel.

Tabel 3.6: Waterkwaliteit van de sloten aangrenzend aan het toekomstige slibdepot, waarbij alkaliniteit is gegeven in meq/l en de overige waarden in $\mu\text{mol/l}$.

Locatie	pH	Alkaliniteit	Ca	Fe	S	NO_3	NH_4	PO_4	Na	Cl
A	7,3	3,7	1703	12	569	53	115	19,4	1515	1738
B	7,6	2,4	966	15	198	66	10	7,2	692	748



Figuur 3.16: Schematische voorstelling van de uitloogprocessen en de effecten op de waterkwaliteit van de sloot. De grijze vlakken zijn anaëroob (zuurstofloos).

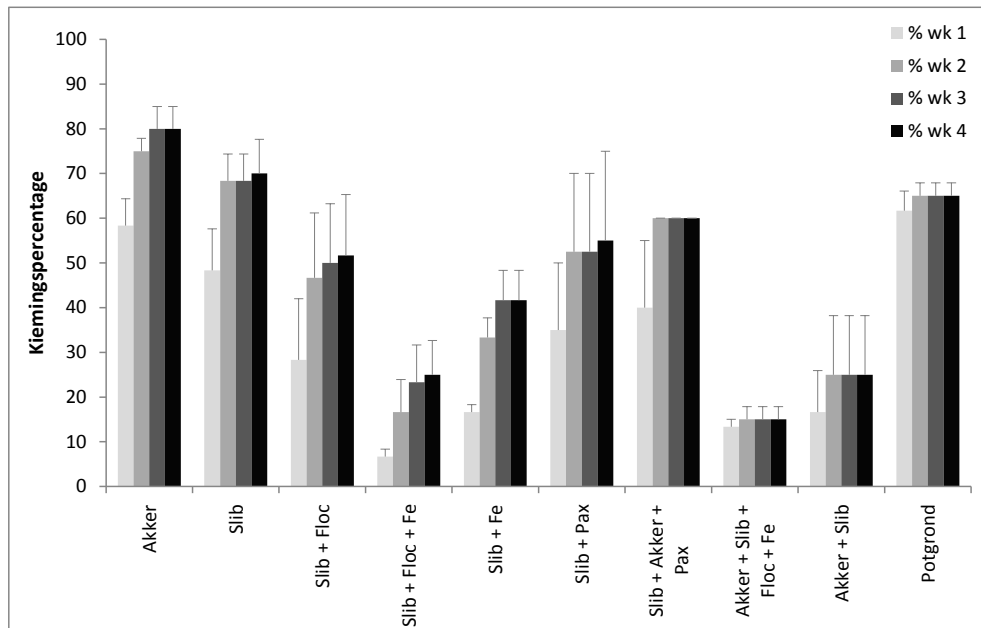
3.7 In welke mate wordt de kiemkracht van graszaad beïnvloed door het slib en diverse toepassingen (flocculant, ijzerchloride en PAX)?

In tabel 3.6 worden de resultaten getoond van het kiemexperiment uitgevoerd op tien verschillende bodemtypen. In het algemeen is de ontkieming goed verlopen, aangezien in de eerste week de eerste kiemplanten al zijn opgekomen. De meeste zaden ontkiemen op de akkerbodem (80%), de slibbodem (70%) en op de potgrond (65%). Op de akkerbodem gemengd met slib dat met flocculant en ijzerchloride is behandeld ontkiemen de minste zaden (15%). Ook het slibmengsel met flocculant en ijzerchloride leidt tot een slechte kieming (25%), evenals de combinatie akkerbodem en slib. Dit is opvallend, aangezien de akkerbodem en het slib afzonderlijk van elkaar wel tot een goede zaadkieming leiden. De kiemplanten op de potgrond en de akkerbodem hebben aan het einde van het experiment de grootste biomassa (gevormd, de overige behandelingen leveren drie tot tien keer zo weinig biomassa op. Dit verschil komt ook terug in het gemiddelde gewicht en de gemiddelde lengte van de spruiten.

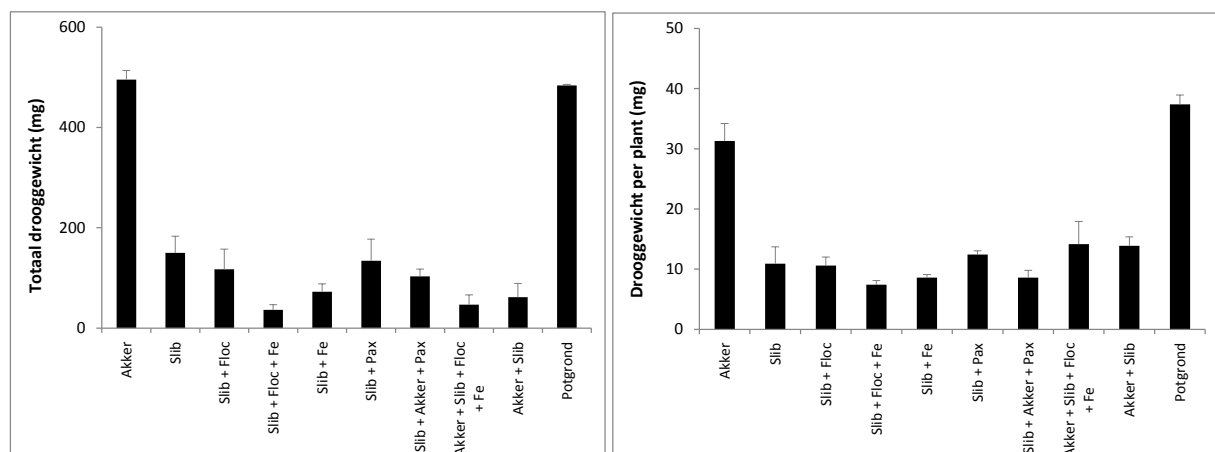
Tabel 3.6: Het percentage kiemplanten dat gedurende 4 weken ontkiemd is (n=20 = 100%) en de eigenschappen van de kiemplanten na de oogst. De mate van kieming is getest op tien verschillende bodemtypen.

	% Kieming				Totaal droog- gewicht (mg)	Totaal drooggewicht spruiten (mg)	Drooggewicht per spruit (mg)	Lengte spruit (cm)
	wk 1	wk 2	wk 3	wk 4				
Akker	58	75	80	80	495	311	19,7	27,3
<i>st error</i>	6	3	5	5	18	17	2,2	2,0
Slib	48	68	68	70	150	101	7,3	22,2
<i>st error</i>	9	6	6	8	33	18	1,4	1,9
Slib + Floc	28	47	50	52	117	86	7,7	21,9
<i>st error</i>	14	15	13	14	40	31	1,2	2,0
Slib + Floc + Fe	7	17	23	25	36	23	4,7	15,9
<i>st error</i>	2	7	8	8	10	8	0,4	1,9
Slib + Fe	17	33	42	42	73	42	5,1	18,9
<i>st error</i>	2	4	7	7	16	6	0,2	0,3
Slib + Pax	35	53	53	55	134	95	8,8	22,5
<i>st error</i>	15	18	18	20	43	31	0,4	1,4
Slib + Akker + Pax	40	60	60	60	103	63	5,3	19,8
<i>st error</i>	15	0	0	0	14	7	0,6	0,6
Akker + Slib + Floc + Fe	13	15	15	15	47	18	6,2	19,5
<i>st error</i>	2	3	3	3	19	6	2,1	1,3
Akker + Slib	17	25	25	25	62	37	8,7	22,7
<i>st error</i>	9	13	13	13	28	16	1,4	2,1
Potgrond	62	65	65	65	484	387	29,9	33,0
<i>st error</i>	4	3	3	3	2	1	1,3	0,3

Het kiemingspercentage is weergegeven in figuur 3.17, daar is nogmaals het effect van de verschillende behandelingen te zien. Behalve de goede kieming is met name ook de groei van de plantjes na kieming van groot belang voor de praktijk. De akkerbodem, de potgrond en de slibbehandeling laten alle drie een goede kieming zien maar wanneer gekeken wordt naar de totale biomassa en de biomassa per kiemplant (figuur 3.18) dan zien we grote verschillen. De kiemplanten op de potgrond leveren de grootste biomassa op en ook op de akkerbodem groeien de kiemplanten goed. Op de slibbodem echter, bedraagt de biomassa aan het einde van het experiment slechts 30% van de verse biomassa op de akkerbodem.



Figuur 3.17: Het verloop van het gemiddelde kiemingspercentage gedurende vier weken per bodemtype weergegeven, waarbij het ontkiemen van 20 zaden gelijk staat aan 100% kieming.



Figuur 3.18: Het gemiddelde totale drooggewicht (mg) per behandeling (links) en het drooggewicht per plant (rechts), na een groeiperiode van vier weken.

Bodem eigenschappen zijn in het algemeen van groot belang bij de ontkieming van zaden en de groei. Duidelijk is in ieder geval dat aan de bodem waaraan ijzer is toegediend de kieming het slechtste verloopt. Ook Pax en flocculant remmen de kieming maar minder sterk dan ijzer. De belangrijkste

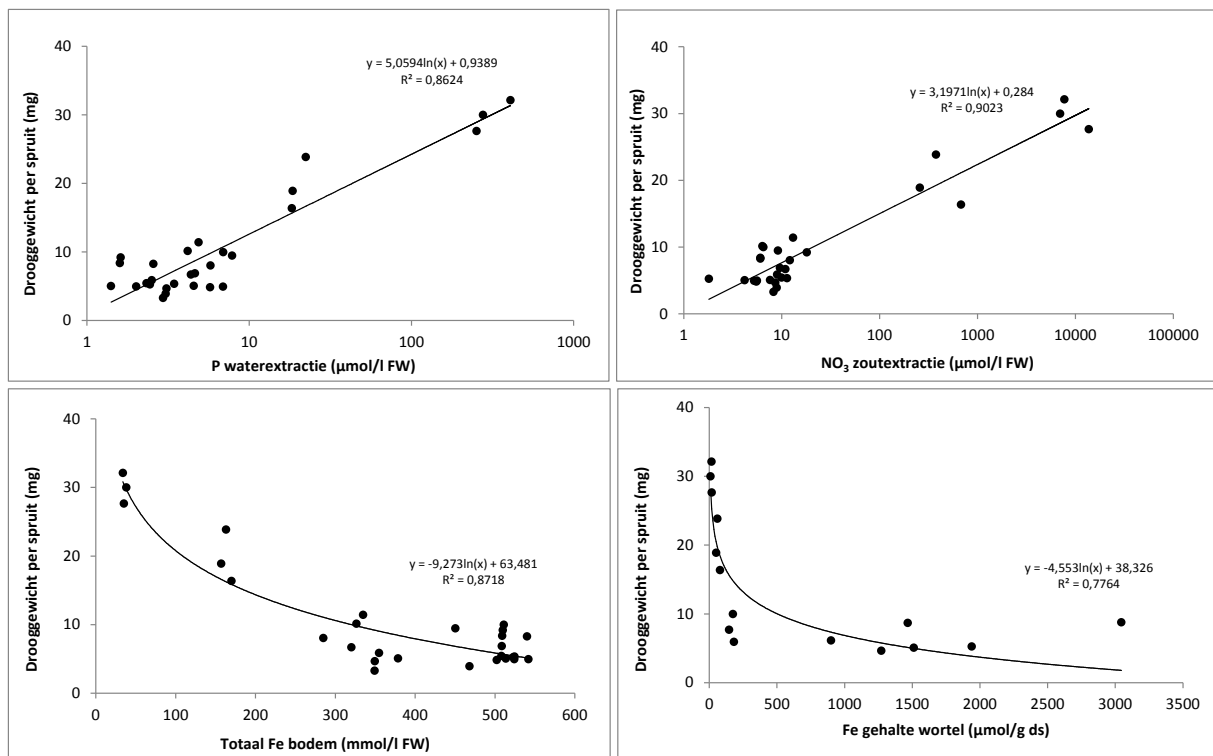
bodemparameters, met daarbij enkele totaalgehalten in wortels en spruiten na een groeiperiode van 4 weken, zijn gegeven in tabel 3.7. Kiemplanten hebben voldoende licht en water nodig om te ontkiemen, maar ook nutriënten. Totaal fosfor varieert van 4 tot 46 mmol/l verse bodem, waarbij het opvallend is dat potgrond de laagste concentratie totaal P bevat. Het fosforgehalte in het waterextract is echter wel hoog voor de potgrond (321 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem). We zien ook dat de behandelingen met de grootste totale biomassa en het hoogste gewicht per kiemplant ook de behandelingen zijn met de hoogste P concentratie in het waterextract. Olsen-P, dat ook wel bekend staat als plant-beschikbaar fosfaat, is hoog in de akkerbodem (1573 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem), bovendien zijn alle mengsels waar de akker in voorkomt ook verhoogd (857-908 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem). Alle overige bodemtypen bevatten een lage Olsen-P concentratie. Nitraat, een belangrijk nutriënt, is met name hoog in de akkerbodem (438 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem) en zelfs extreem hoog in de potgrond (9460 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem). De overige bodemtypen bevatten maximaal 12 μmol nitraat/liter verse bodem. Behalve de stimulerende werking van nutriënten op de kieming en de groei, zijn er ook elementen die een remmende werking kunnen hebben. IJzer kan bij hoge concentraties schadelijk zijn voor planten. Zo kan ijzer in de wortels van de plant neerslaan waardoor het de opname van fosfor kan remmen. Ook kan ijzer in de spruit schade veroorzaken waardoor de bladeren uiteindelijk kunnen afsterven. De totaalgehalten ijzer in de bodem variëren van 36 tot 525 mmol/l verse bodem. De akkerbodem en de potgrond hebben de laagste ijzerconcentraties en de behandelingen met slib, ijzer en pax bevatten ongeveer 500 mmol/l verse bodem. De ijzerconcentratie in de spruit is voor deze behandelingen iets hoger dan voor de akker en de potgrond. De grootste verschillen zien we echter voor de ijzerconcentraties in de wortels. De concentratie ijzer in de wortels is laag voor de akkerbodem en de potgrond (respectievelijk 63 en 15 $\mu\text{mol/g}$ droge stof), maar in de bodemtypen waar ijzerchloride of Pax zijn toegepast zijn de ijzerconcentraties hoger dan 1000 $\mu\text{mol/g}$ droge stof. De combinatie slib en Pax levert de hoogste concentraties ijzer op (3045 $\mu\text{mol/g}$ ds), hetgeen extreem hoog is.

We kunnen concluderen dat de groei van de planten sterk wordt bepaald door de nutriënten beschikbaarheid. Alleen op de bodems met een hoge nitraat- en fosforconcentratie (potgrond en akkergrond) vertoonde de kiemplanten een goede groei. Daarnaast kan de hoge beschikbaarheid van ijzer in de bodem en de neerslag van ijzer in en op de wortels een negatief effect hebben op de groei van de planten. Zo remt het de opname van fosfor omdat dit samen met ijzer neerslaat in de wortels. Daarnaast kan het op termijn leiden tot wortelsterfte vanwege toxiciteitseffecten op cellulair niveau (Laan et al, 1991).

Tabel 3.7: De belangrijkste parameters (gemiddelden) in de bodems van de kiemproef, bepalingen zijn uitgevoerd na de oogst. Tevens zijn de spruiten en wortels gedestruerd, waarvan hier de belangrijkste resultaten worden gepresenteerd. Olsen-P, P-water en NO₃ en NH₄-zout zijn gegeven in µmol/l verse bodem, totaalwaarden in mmol/l verse bodem en aluminium en ijzer in spruit en wortel in µmol/g droge stof.

	pH water	pH zout	Olsen - P	Fe totaal	P totaal	P water	NO ₃ zout	NH ₄ zout	Fe spruit	Fe wortel
Akker	6,2	5,7	1573	163	46	19,8	438	92	15,7	63
<i>st error</i>	0,0	0,0	25	4	1	1,3	126	25	1,0	8
Slib	7,1	7,1	388	511	35	4,3	7	275	28,3	179
<i>st error</i>	0,0	0,0	5	1	0	1,6	2	26	5,3	4
Slib + Floc	7,1	7,1	344	505	33	4,6	9	240	14,1	146
<i>st error</i>	0,0	0,0	20	28	3	1,6	2	29	1,0	0
Slib + Floc + Fe	7,2	7,1	340	498	34	3,8	5	111	25,4	1272
<i>st error</i>	0,0	0,0	9	16	1	1,0	2	24	0,0	0
Slib + Fe	7,2	7,1	387	525	35	3,8	7	156	31,7	1512
<i>st error</i>	0,0	0,0	6	10	1	1,6	2	25	8,7	0
Slib + Pax	6,9	6,8	323	509	34	1,6	12	377	39,7	3045
<i>st error</i>	0,1	0,0	15	0	0	0,0	6	174	7,6	0
Slib + Akker + Pax	6,7	6,7	857	352	41	2,8	9	361	22,0	1939
<i>st error</i>	0,2	0,0	15	3	1	0,3	0	7	3,8	0
Akker + Slib + Floc + Fe	7,1	6,9	866	351	40	3,9	7	429	9,1	900
<i>st error</i>	0,0	0,0	60	15	1	0,5	1	17	0,0	0
Akker + Slib	6,9	6,8	908	313	42	5,0	12	358	11,9	1466
<i>st error</i>	0,1	0,0	16	15	0	0,4	1	16	0,0	0
Potgrond	6,1	5,8	355	36	4	312,1	9460	161	6,5	15
<i>st error</i>	0,1	0,1	185	1	0	48,4	2124	27	0,9	3

In figuur 3.19 worden de correlaties gegeven tussen het gemiddelde versgewicht van de planten en diverse elementen in de bodem en wortels van de kiemplanten. Hier zien we duidelijk de stimulerende werking van nitraat en fosfor alsmede de remmende werking van ijzer in de wortels op de groei van de planten.



Figuur 3.19: De correlatie tussen het gemiddelde drooggewicht per spruit na 4 weken en diverse parameters in de bodem en ijzergehalte in de wortels.

4. Conclusie

De slibdikte varieert sterk in de verschillende delen van de plas en is het hoogste in Noord-Westelijke deel van de plas.

De zwart gekleurde sliblaag is rijk aan ijzer en fosfor. De bruine gekleurde laag die hier vaak onderligt bestaat uit verweekt en weinig gemineraliseerd veen. Deze bruine slappe laag komt qua chemie sterk overeen met de hieronder liggende intacte (stevige) veenlaag. Het is in ieder geval raadzaam de zwarte sliblaag zo volledig mogelijk te verwijderen.

De gemiddelde nalevering van P uit de veenlaag en de bruine sliblaag is niet hoog, zolang de waterlaag zuurstofhoudend is. Voor de langere termijn (10 jaar of langer) is de nalevering niet goed in te schatten. Door blootstelling aan sulfaatrijk water wordt de ijzer/zwavel ratio (op termijn) ongunstig, waardoor de mobiliteit van ijzer afneemt en die van fosfor toeneemt, met nalevering van fosfor als gevolg. De sulfaatreductie die hiervoor verantwoordelijk is leidt ook tot afbraak van organisch materiaal waarbij ook nutriënten vrijkomen. De afbraak (sulfaatreductie) kan worden verminderd door de sulfaatbelasting van het oppervlaktewater zo laag mogelijk te houden, evenals de hardheid van het water. Dit is komt in de praktijk vaak neer op het vasthouden van regenwater en inlaat van (gebiedsvreemd) water te minimaliseren. Een flexibel peilbeheer kan hiertoe bijdragen, hetgeen een toename in waterstandsfluctuaties veroorzaakt.

Na verwijdering van de sliblaag zullen zeer waarschijnlijk delen van de veenbodem loslaten en opdrijven. Het is goed hier rekening mee te houden. Het zou goed zijn om het opdrijvende veen bijeen te brengen in een deel van de plas en daar een drijvend veenmoeras te creëren. Van de nood een deugd maken dus.

De bezinking van het slib verloopt beter bij lagere temperaturen, hetgeen vermoedelijk te maken heeft met de viscositeit van de oplossing. Toedienen van ijzerchloride kan de bezinking van het slib doen versnellen bij hogere temperaturen. Indien tijd geen grote rol speelt verdient het de aanbeveling te werken zonder toediening van ijzerchloride of andere stoffen.

Het retourwater is nog wel troebel na uitzakken van het slib en ook nog rijk aan particulier fosfor. Door middel van een behandeling met lage PAX in combinatie met aanlogen kan het retourwater zeer effectief en snel (binnen een uur) gezuiverd worden van de zwevende deeltjes. De laagste concentratie die is uitgetest (0,5 ml per liter) was al uitermate effectief. Zeer waarschijnlijk kan met nog lagere concentraties PAX worden volstaan. Wij raden aan dit werkende uit te proberen. Ijzerchloride (zonder aanlogen!) werkt ook zuiverend maar is wel (veel) minder effectief dan het gebruik van PAX.

De eerste resultaten van de uitloogproef laten zien dat inundatie van nu droge landbouwakker zal leiden tot de uitspoeling van fosfor uit de landbouwgrond zelf. Er spoelt ook veel ijzer uit wat zal leiden tot de precipitatie van ijzerfosfaat in de sloten, zolang de waterlaag aeroob blijft. Dit is gunstig. Ook spoelt er veel sulfaat uit. In de behandeling met slib is sulfaatuitspoeling veel hoger. Dit sulfaat is afkomstig uit het oxiderende zwavelrijke slib. Deze uitspoeling van sulfaat is in principe ongewenst omdat het in de onderwaterbodem juist weer fosfaat kan vrijmaken. In de eerste weken van het experiment werd nog geen verhoogde P uitspoeling gemeten in de slibbehandeling. Het kan gewenst zijn om de sloten te beluchten om anaerobe condities te vermijden.

De kiemproef laat zien dat de graszaden alleen goed kiemen en uitgroeien op de landbouwbodem. Het is dus gewenst om de toplaag te verwijderen en later terug te brengen op het depot.

Literatuur

- Geurts, J., J. Sarneel, M. Dionisio Pires, G. Milder-Mulderij, J. Schouwenaars, M. Klinge, J. Verhoeven, S. van der Wielen, N. Jaarsma, W. Verberk, H. Esselink, B. Ibelings, E. van Donk, J. Roelofs & L. Lamers, 2008. *Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren*. Tussentijdse OBN-rapportage (Fase 2, tweede onderzoeksjaar april 2008). Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Kennis.
- Geurts J.J.M., Smolders A.J.P., Banach A.M., van de Graaf J.P.M., Roelofs J.G.M. & L.P.M. Lamers. 2010. The interaction between decomposition, N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. *Water Research* 44: 3487-3495.
- Jin, B., Wilén, B. & P. Lant (2004). Impacts of morphological, physical and chemical properties of sludge flocs on dewaterability of activated sludge. *Chemical Engineering Journal* 98: 115–126.
- Kosegarten H, Grolig F, Wieneke J, Wilson G, Hoffmann B (1997). Differential ammonia-elicited changes of cytosolic pH in root hair cells of rice and maize as monitored by 2',7'-bis-(2-carboxyethyl)-5 (and -6)-carboxyfluorescein-fluorescence ratio. *Plant Physiol* 113: 451–461
- Laan, P., Smolders, A.J.P. & Blom, C.W.P.M., 1991. The relative importance of anaerobiosis and high iron levels in flood-tolerance of *Rumex* species. *Plant and Soil*, 136: 153-161.
- Lamers L., Schep S., Geurts J. & Smolders A. 2012. Erfenis fosfaatrijk verleden: helder water met woekerende waterplanten. *H₂O* 2012(13): 33-34.
- Mehrer I. & H. Mohr (1989). Ammonium toxicity: description of the syndrome in *Sinapis alba* and the search for its causation. *Physiologia Plantarum* 77: 545-554
- Poelen, M.D.M., van den Berg, L.J.L., ter Heerdt, G.N.J., Bakkum, R., Smolders, A.J.P., Jaarsma, N.G., Brederveld, R.J. en Lamers, L.P.M., 2012. *WaterBODEMbeheer in Nederland: Maatregelen Baggeren en nutriënten (BAGGERNUT) – Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie (MIND-BAGGERNUT)*. B-Ware Research Centre, Nijmegen. 90 pp.
- Stowa (2012). *Trends in slibontwatering*. In opdracht van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheerders (STOWA) onder redactie van J. Nieuwlands, M. Baars, P. van Dijk, M. Vermeulen, A. Meindersma, C. Uijterlinde. STOWA rapportnummer 2012-46, ISBN 978.90.5773.577.6, Amersfoort.
- Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2004) Development of floating rafts after the rewetting of cut-over bogs: the importance of peat quality *Biogeochemistry* 71: 69-87.
- Tool Quickscan, versie 1.02, Witteveen en Bos.
Achtergronddocument: N.G. (Nico) Jaarsma, R.J. (Bob) Brederveld, M.D.M. (Moni) Poelen, L.J.L. (Leon) van den Berg en L.P.M (Leon) Lamers Quick scan voor de bepaling van de nalevering van nutriënten door de waterbodem, 2012, Witteveen+Bos.

Bijlage I: Coördinaten veldmonsters

Locatie	X	Y
1	111406	450385
2	111413	450320
3	111521	450349
4	111536	450268
5	111676	450295
6	111655	450219
7	111369	450248
8	111359	450166
9	111483	450222
10	111488	450125
11	111624	450170
12	111597	450081
13	111301	450100
14	111322	450027
15	111431	450063
16	111446	449980
17	111582	450003
18	111564	449926
Bodem akker	108843	451797
Oppervlaktewater sloot A	108864	451775
Oppervlaktewater sloot B	108718	451804

Bijlage II: Meetgegevens per locatie: Olsen-P uitgedrukt in µmol/l verse bodem, overige totaalwaarden in mmol/l verse bodem

Loc	Diepte	Kleur slib	Vocht %	Bulk density	Organisch stof %	Olsen - P	Al	As	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Si	Sr	Zn
1	0-25	zwart	90,4	0,09	43,2	214,1	32,6	0,0	2,7	88,3	0,0	0,0	0,3	0,0	194,5	0,0	2,5	9,9	2,2	0,0	2,0	0,0	22,8	0,0	73,8	3,0	0,2	0,2
	25-50	zwart	84,0	0,16	39,1	307,8	47,8	0,0	6,0	138,7	0,0	0,0	0,7	0,0	443,6	0,0	2,9	14,6	5,1	0,0	2,4	0,1	54,8	0,0	84,9	7,6	0,2	0,3
	50-75	zwart	80,6	0,20	39,4	372,5	61,4	0,0	7,8	179,0	0,0	0,0	0,9	0,0	757,4	0,0	3,8	17,5	6,9	0,0	2,9	0,1	66,5	0,0	93,9	9,6	0,3	0,3
	75-100	zwart	86,6	0,13	54,9	140,8	47,8	0,0	3,0	90,4	0,0	0,0	0,3	0,0	269,2	0,0	3,2	13,2	1,9	0,0	3,2	0,0	22,7	0,0	104,2	3,9	0,2	0,1
	100-125	zwart	86,7	0,13	56,7	118,9	55,7	0,0	2,3	97,3	0,0	0,0	0,3	0,0	209,6	0,0	4,0	14,5	1,7	0,0	4,1	0,1	17,2	0,0	104,7	3,4	0,2	0,2
	125-150	zwart	87,8	0,12	61,9	106,6	56,1	0,0	1,4	93,7	0,0	0,0	0,2	0,0	114,5	0,0	4,0	14,4	1,0	0,0	5,8	0,0	7,3	0,0	100,4	2,6	0,2	0,1
	150-175	zwart	87,8	0,12	58,9	138,2	59,0	0,0	1,5	96,2	0,0	0,0	0,2	0,0	123,5	0,0	4,3	15,3	1,4	0,0	6,7	0,1	9,4	0,0	101,2	6,0	0,2	0,1
2	175-200	zwart	81,4	0,19	34,3	383,3	51,0	0,0	8,7	180,3	0,0	0,0	1,0	0,0	882,9	0,0	3,1	14,9	12,0	0,0	8,2	0,1	71,9	0,0	76,0	19,5	0,3	0,3
	0-25	zwart	89,9	0,10	50,1	144,2	38,5	0,0	2,0	116,8	0,0	0,0	0,3	0,0	190,7	0,0	3,0	10,8	2,0	0,0	2,9	0,0	10,1	0,0	96,7	4,1	0,2	0,3
	25-50	zwart	86,3	0,14	37,0	229,2	46,5	0,0	4,8	155,5	0,0	0,0	0,6	0,0	472,1	0,0	3,0	14,5	4,8	0,0	3,3	0,1	31,1	0,1	125,6	8,8	0,3	0,3
	50-75	zwart	82,5	0,18	35,0	409,1	54,8	0,0	7,2	206,0	0,0	0,0	0,9	0,0	705,7	0,0	3,5	16,9	8,1	0,0	3,9	0,1	55,4	0,0	90,5	15,4	0,3	0,4
	75-100	zwart	81,9	0,18	35,0	392,1	55,2	0,0	7,5	240,8	0,0	0,0	0,9	0,0	736,0	0,0	3,4	16,9	9,3	0,0	3,7	0,1	58,0	0,0	94,7	16,7	0,3	0,3
	100-125	zwart	83,9	0,16	36,6	340,4	47,7	0,0	6,7	195,6	0,0	0,0	0,8	0,0	656,5	0,0	3,0	14,7	8,4	0,0	3,6	0,1	47,4	0,0	103,6	14,0	0,3	0,3
	125-150	zwart	88,2	0,12	58,0	114,1	43,6	0,0	2,5	84,7	0,0	0,0	0,3	0,0	214,1	0,0	3,0	11,4	2,5	0,0	3,3	0,0	14,2	0,0	101,9	4,4	0,2	0,1
3	150-175	zwart	89,5	0,10	70,6	51,8	36,3	0,0	1,0	63,0	0,0	0,0	0,1	0,0	70,4	0,0	2,5	10,4	0,6	0,0	3,4	0,0	2,5	0,0	96,6	2,3	0,2	0,0
	175-200	bruin	88,2	0,11	63,4	105,8	56,5	0,0	1,0	66,8	0,0	0,0	0,1	0,0	64,6	0,0	3,9	14,1	0,7	0,0	4,1	0,0	3,4	0,0	95,5	3,6	0,2	0,1
	veen		87,3	0,13	64,1	235,5	62,4	0,0	0,8	83,4	0,0	0,0	0,1	0,0	49,6	0,0	4,2	16,7	1,1	0,0	5,2	0,0	3,6	0,0	98,1	4,2	0,2	0,1
	0-25	zwart	86,1	0,13	47,1	264,0	32,2	0,0	1,3	81,9	0,0	0,0	0,2	0,0	108,9	0,0	2,3	10,5	1,3	0,0	3,0	0,0	6,0	0,0	103,6	3,2	0,2	0,1
	veen		89,5	0,10	87,7	32,6	7,5	0,0	0,6	65,3	0,0	0,0	0,0	0,0	24,3	0,0	0,8	8,0	0,6	0,0	3,2	0,0	0,7	0,0	87,7	1,7	0,2	0,0
	0-25	zwart	90,5	0,10	48,7	136,6	30,9	0,0	2,5	89,9	0,0	0,0	0,3	0,0	237,5	0,0	2,2	9,0	2,0	0,0	2,6	0,0	9,9	0,0	92,3	3,0	0,2	0,2
	25-50	zwart	83,3	0,17	38,9	286,0	38,3	0,0	6,4	179,8	0,0	0,0	0,8	0,0	635,9	0,0	2,5	12,9	8,3	0,0	3,4	0,1	31,3	0,0	118,6	13,3	0,3	0,3
4	50-75	zwart	84,0	0,17	39,1	306,2	40,5	0,0	6,5	212,2	0,0	0,0	0,8	0,0	640,5	0,0	2,5	12,9	9,8	0,0	3,6	0,0	45,8	0,0	93,0	11,3	0,3	0,2
	75-100	zwart	90,5	0,10	68,3	58,7	36,8	0,0	1,0	52,3	0,0	0,0	0,1	0,0	68,0	0,0	2,7	10,2	0,6	0,0	3,1	0,0	2,5	0,0	82,5	2,4	0,1	0,0
	100-125	zwart	89,8	0,10	68,5	73,2	39,4	0,0	0,9	58,7	0,0	0,0	0,1	0,0	59,6	0,0	2,7	11,1	0,6	0,0	3,4	0,0	2,6	0,0	83,6	2,6	0,1	0,0
	125-150	zwart	85,4	0,15	45,2	174,1	48,1	0,0	4,4	147,9	0,0	0,0	0,5	0,0	410,9	0,0	3,1	13,9	6,5	0,0	4,3	0,0	26,8	0,0	103,5	8,7	0,2	0,1
	veen		89,7	0,11	71,6	82,3	38,7	0,0	0,7	68,7	0,0	0,0	0,1	0,0	42,2	0,0	2,6	12,0	0,7	0,0	4,1	0,0	2,3	0,0	71,3	2,8	0,2	0,0
	0-25	zwart	90,5	0,09	59,3	80,9	24,4	0,0	1,1	68,8	0,0	0,0	0,1	0,0	96,0	0,0	1,8	8,8	1,1	0,0	2,5	0,0	3,0	0,4	84,2	2,2	0,2	0,1
	25-50	bruin	88,2	0,12	71,7	111,8	32,4	0,0	0,7	85,7	0,0	0,0	0,1	0,0	31,5	0,0	2,5	14,4	0,7	0,0	3,7	0,0	1,7	0,0	88,0	2,0	0,2	0,0
6	veen		89,0	0,10	77,7	124,1	22,1	0,0	0,7	66,7	0,0	0,0	0,1	0,0	31,9	0,0	2,0	10,6	0,6	0,0	3,4	0,0	1,4	0,0	94,7	1,9	0,1	0,0
	0-25	zwart	93,2	0,06	56,0	248,4	15,8	0,0	1,2	48,5	0,0	0,0	0,1	0,0	115,3	0,0	1,2	5,0	1,1	0,0	1,4	0,0	3,8	0,0	66,4	1,9	0,1	0,1
7	veen		92,5	0,08	82,2	147,3	18,1	0,0	0,6	44,9	0,0	0,0	0,1	0,0	36,9	0,0	1,5	7,2	0,5	0,0	2,9	0,0	2,0	0,0	71,0	2,3	0,1	0,0

Loc	Diepte	Kleur slib	Vocht %	Bulk density	Organisch stof %	Olsen- P	Al	As	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Si	Sr	Zn
7	0-25	zwart	91,0	0,09	48,7	154,1	45,4	0,0	2,0	116,6	0,0	0,0	0,2	0,0	185,3	0,0	4,0	11,1	1,9	0,0	2,7	0,0	12,0	0,0	85,9	4,7	0,2	0,3
	25-50	zwart	89,9	0,10	43,3	110,8	44,9	0,0	2,4	131,2	0,0	0,0	0,3	0,0	219,9	0,0	3,6	11,8	2,4	0,0	2,7	0,0	12,0	0,0	105,8	5,1	0,2	0,3
	50-75	zwart	86,0	0,14	35,1	234,3	51,6	0,0	5,0	161,2	0,0	0,0	0,6	0,0	490,8	0,0	3,9	14,6	5,6	0,0	2,9	0,1	33,6	0,0	94,5	11,0	0,3	0,3
	75-100	zwart	81,8	0,19	31,5	369,7	70,5	0,0	8,2	300,6	0,0	0,0	1,0	0,0	815,5	0,0	5,1	20,4	11,1	0,0	3,8	0,1	56,2	0,1	95,4	17,8	0,4	0,4
	100-125	zwart	82,4	0,19	33,4	318,0	56,3	0,0	8,4	243,8	0,0	0,0	1,0	0,0	825,3	0,0	3,6	16,6	13,5	0,0	4,4	0,1	51,9	0,1	95,4	20,3	0,3	0,3
	125-150	zwart	82,7	0,18	34,7	293,6	53,5	0,0	6,5	197,2	0,0	0,0	0,8	0,0	644,7	0,0	3,7	15,0	10,6	0,0	4,0	0,1	47,1	0,0	81,6	7,1	0,3	0,3
	150-175	zwart	81,1	0,19	31,7	381,3	54,3	0,0	8,9	226,2	0,0	0,0	1,1	0,0	894,8	0,0	3,6	15,9	13,8	0,0	4,9	0,1	55,8	0,0	82,0	22,9	0,3	0,3
	175-200	zwart	82,7	0,18	31,2	289,0	20,5	0,0	4,1	104,3	0,0	0,0	0,5	0,0	404,0	0,0	1,1	6,7	6,3	0,0	1,6	0,0	25,6	0,0	45,8	4,2	0,1	0,1
	200-225	zwart	82,9	0,19	35,2	294,0	57,1	0,0	7,7	209,3	0,0	0,0	0,9	0,0	757,6	0,0	3,8	16,2	11,2	0,0	4,8	0,1	48,0	0,0	97,7	18,5	0,3	0,3
	veen		92,4	0,07	74,5	130,3	23,3	0,0	1,0	51,2	0,0	0,0	0,1	0,0	67,0	0,0	2,1	7,9	0,8	0,0	3,0	0,0	2,8	0,0	76,6	2,5	0,1	0,0
8	0-25	zwart	90,7	0,09	45,0	106,0	44,0	0,0	2,1	127,2	0,0	0,0	0,3	0,0	199,1	0,0	3,6	11,2	2,2	0,0	2,4	0,0	11,3	0,0	98,0	4,5	0,2	0,3
	25-50	zwart	82,7	0,19	32,2	305,0	65,8	0,0	7,0	235,5	0,0	0,0	0,8	0,0	672,6	0,0	4,7	18,9	8,1	0,0	2,8	0,1	44,3	0,1	113,1	16,7	0,4	0,4
	50-75	zwart	78,3	0,23	28,5	458,8	71,3	0,0	9,1	376,9	0,0	0,0	1,1	0,0	866,6	0,0	4,8	20,8	13,6	0,0	3,1	0,1	54,8	0,1	84,2	25,8	0,5	0,4
	75-100	zwart	82,7	0,18	32,2	310,0	53,7	0,0	7,4	288,6	0,0	0,0	0,9	0,0	675,5	0,0	3,6	16,1	11,3	0,0	3,0	0,1	46,9	0,0	92,5	16,9	0,4	0,3
9	0-25	zwart	88,8	0,11	35,8	201,5	37,7	0,0	3,7	134,4	0,0	0,0	0,4	0,0	341,3	0,0	2,9	10,9	4,0	0,0	2,0	0,0	18,0	0,0	82,6	8,0	0,2	0,2
	25-50	zwart	85,4	0,15	39,3	230,6	44,4	0,0	5,7	160,4	0,0	0,0	0,7	0,0	523,6	0,0	3,0	12,7	7,1	0,0	2,6	0,0	31,1	0,0	124,2	11,7	0,2	0,2
	veen		93,4	0,07	81,1	83,0	9,6	0,0	0,9	35,2	0,0	0,0	0,1	0,0	69,1	0,0	1,0	4,3	0,5	0,0	1,8	0,0	1,2	0,0	81,4	2,1	0,1	0,0
	0-25	zwart	88,7	0,11	38,1	178,7	50,1	0,0	3,8	149,1	0,0	0,0	0,5	0,0	347,9	0,0	4,1	13,3	4,0	0,0	2,4	0,0	19,2	0,0	100,0	7,6	0,2	0,3
10	25-50	zwart	86,4	0,14	36,8	250,2	53,6	0,0	5,2	168,6	0,0	0,0	0,6	0,0	474,6	0,0	4,1	14,7	5,6	0,0	2,5	0,1	28,7	0,0	101,4	11,4	0,3	0,3
	50-75	zwart	83,4	0,17	29,3	264,5	54,3	0,0	7,3	276,1	0,0	0,0	0,9	0,0	681,7	0,0	3,7	15,9	10,9	0,0	2,7	0,1	37,1	0,0	101,8	16,3	0,4	0,3
	75-100	zwart	83,1	0,18	30,2	283,4	55,5	0,0	8,5	242,4	0,0	0,0	1,0	0,0	771,8	0,0	3,6	15,7	12,9	0,0	3,1	0,1	49,4	0,0	90,1	18,6	0,3	0,3
	100-125	zwart	83,4	0,17	33,1	293,4	44,4	0,0	7,7	265,4	0,0	0,0	0,9	0,0	722,1	0,0	3,1	13,6	12,6	0,0	3,6	0,0	58,7	0,0	96,0	15,7	0,3	0,2
	125-150	bruin	89,4	0,10	64,3	60,8	49,0	0,0	1,3	60,2	0,0	0,0	0,2	0,0	96,1	0,0	3,9	11,1	1,0	0,0	3,6	0,0	4,7	0,0	91,9	3,6	0,1	0,1
	150-175	bruin	89,0	0,11	66,7	61,9	40,9	0,0	0,8	64,5	0,0	0,0	0,1	0,0	59,4	0,0	2,6	11,3	0,7	0,0	4,3	0,0	2,8	0,0	94,6	1,7	0,2	0,1
	175-200	bruin	89,0	0,11	66,5	111,2	43,7	0,0	0,8	68,7	0,0	0,0	0,1	0,0	51,0	0,0	2,8	11,8	0,6	0,0	4,6	0,0	2,8	0,0	95,7	2,1	0,2	0,1
	200-225	bruin	88,1	0,12	71,3	181,4	47,5	0,0	0,6	86,5	0,0	0,0	0,1	0,0	35,5	0,0	3,2	14,5	0,7	0,0	5,6	0,0	2,7	0,0	88,0	2,0	0,2	0,1
	0-25	zwart	88,7	0,11	49,7	123,1	27,2	0,0	3,6	93,3	0,0	0,0	0,4	0,0	338,8	0,0	1,9	8,8	3,0	0,0	2,1	0,0	8,8	0,0	108,9	3,3	0,2	0,2
	25-50	bruin	88,1	0,12	67,9	144,9	42,5	0,0	0,8	82,5	0,0	0,0	0,1	0,0	44,3	0,0	3,2	13,8	0,9	0,0	3,0	0,0	2,6	0,0	101,9	2,1	0,2	0,1
	50-75	bruin	88,0	0,12	66,4	172,0	53,3	0,0	0,7	85,8	0,0	0,0	0,1	0,0	35,3	0,0	3,6	16,6	0,7	0,0	3,5	0,0	3,2	0,0	88,5	1,8	0,2	0,1
	75-100	bruin	88,6	0,12	68,6	211,6	38,2	0,0	0,5	78,2	0,0	0,0	0,1	0,0	31,4	0,0	2,6	13,5	0,5	0,0	4,2	0,0	2,7	0,0	77,9	1,7	0,2	0,0

Loc	Diepte	Kleur slib	Vocht %	Bulk density	Organisch stof %	Olsen - P	Al	As	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Si	Sr	Zn
12	0-25	zwart	90,5	0,09	45,9	161,0	37,1	0,0	2,2	98,0	0,0	0,0	0,3	0,0	205,1	0,0	2,8	9,6	2,1	0,0	2,0	0,0	10,1	0,0	75,9	1,7	0,2	0,2
	25-50	zwart	80,8	0,20	32,4	287,9	51,5	0,0	9,0	200,6	0,0	0,0	1,1	0,0	837,9	0,0	2,8	15,8	10,5	0,0	2,8	0,1	35,7	0,1	128,3	10,3	0,3	0,4
	50-75	zwart	86,4	0,14	40,5	184,7	38,7	0,0	3,5	139,8	0,0	0,0	0,4	0,0	314,0	0,0	2,3	11,7	4,8	0,0	2,8	0,0	19,8	0,0	119,9	3,0	0,2	0,1
	75-100	bruin	89,2	0,10	70,3	84,6	38,5	0,0	0,8	65,4	0,0	0,0	0,1	0,0	52,7	0,0	2,6	11,2	0,8	0,0	3,0	0,0	2,5	0,0	90,5	1,5	0,2	0,0
	100-125	bruin	89,3	0,11	67,5	165,9	45,2	0,0	0,8	67,9	0,0	0,0	0,1	0,0	49,7	0,0	3,2	12,8	1,0	0,0	3,5	0,0	3,1	0,0	79,4	2,0	0,2	0,1
	125-150	bruin	89,3	0,10	71,0	168,3	32,5	0,0	0,5	74,0	0,0	0,0	0,1	0,0	29,5	0,0	2,2	12,3	1,0	0,0	4,2	0,0	2,6	0,0	71,9	1,5	0,2	0,0
	veen		91,6	0,08	84,4	30,1	7,2	0,0	0,5	54,1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,8	7,7	0,5	0,0	4,5	0,0	0,9	0,0	82,0	1,5	0,1	0,0
13	0-25	zwart	91,7	0,08	49,1	164,2	35,4	0,0	1,6	116,8	0,0	0,0	0,2	0,0	143,1	0,0	2,8	9,0	1,8	0,0	2,2	0,0	9,8	0,0	67,4	1,5	0,2	0,2
	25-50	zwart	88,9	0,11	44,0	148,5	47,5	0,0	2,6	150,7	0,0	0,0	0,3	0,0	236,5	0,0	3,5	11,8	3,0	0,0	2,3	0,0	16,9	0,0	83,7	1,9	0,2	0,3
	50-75	zwart	83,0	0,18	32,0	265,1	57,2	0,0	6,8	242,2	0,0	0,0	0,8	0,0	650,9	0,0	3,9	16,6	8,7	0,0	3,1	0,1	39,4	0,1	93,2	7,9	0,3	0,4
	75-100	zwart	82,6	0,19	31,5	275,5	54,5	0,0	7,1	294,9	0,0	0,0	0,8	0,0	669,5	0,0	3,7	16,6	10,7	0,0	3,6	0,1	43,9	0,0	84,7	7,5	0,4	0,4
	100-125	zwart	83,3	0,17	32,1	229,9	49,3	0,0	7,1	205,4	0,0	0,0	0,8	0,0	669,6	0,0	3,1	14,7	11,5	0,0	3,8	0,0	38,9	0,0	95,5	6,4	0,3	0,3
	125-150	zwart	85,3	0,15	47,7	169,1	51,7	0,0	3,8	147,5	0,0	0,0	0,5	0,0	339,0	0,0	3,4	14,3	5,6	0,0	4,3	0,0	23,8	0,0	100,7	2,8	0,2	0,1
	veen		91,7	0,08	86,0	72,5	11,9	0,0	0,4	38,4	0,0	0,0	0,0	0,0	23,1	0,0	1,2	5,9	0,5	0,0	4,1	0,0	1,4	0,0	46,5	1,1	0,1	0,0
14	0-25	zwart	90,0	0,10	45,9	144,1	40,5	0,0	2,0	139,2	0,0	0,0	0,3	0,0	181,6	0,0	2,9	10,7	2,2	0,0	2,0	0,0	9,5	0,0	92,6	1,7	0,2	0,3
	25-50	zwart	86,5	0,13	38,6	226,9	52,0	0,0	3,3	194,5	0,0	0,0	0,4	0,0	303,9	0,0	3,4	14,2	3,8	0,0	2,5	0,1	17,3	0,1	115,5	2,3	0,3	0,3
	50-75	zwart	82,4	0,19	28,8	359,5	60,7	0,0	7,6	282,4	0,0	0,0	0,9	0,0	699,9	0,0	4,0	17,4	10,0	0,0	2,4	0,1	41,2	0,1	86,1	8,4	0,4	0,4
	75-100	zwart	83,1	0,18	29,9	311,7	53,8	0,0	7,3	259,5	0,0	0,0	0,9	0,0	658,9	0,0	3,7	15,4	11,9	0,0	2,4	0,1	37,4	0,0	93,2	6,3	0,3	0,3
	100-125	bruin	88,9	0,11	62,9	82,7	41,1	0,0	2,0	89,7	0,0	0,0	0,2	0,0	148,3	0,0	3,2	11,4	2,1	0,0	2,6	0,0	6,8	0,0	85,4	2,1	0,2	0,1
	125-150	bruin	90,0	0,10	74,6	49,3	30,6	0,0	0,8	59,2	0,0	0,0	0,1	0,0	42,6	0,0	2,6	10,1	0,7	0,0	2,6	0,0	1,8	0,0	58,8	1,7	0,1	0,0
	veen		92,3	0,07	81,9	92,2	13,2	0,0	0,4	49,2	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	1,0	7,0	0,5	0,0	2,5	0,0	1,1	0,0	44,9	1,0	0,1	0,0
15	0-25	zwart	92,4	0,07	45,7	450,9	27,6	0,0	1,6	91,8	0,0	0,0	0,2	0,0	143,8	0,0	2,2	7,4	1,7	0,0	1,7	0,0	9,9	0,0	55,4	1,9	0,1	0,2
	25-50	zwart	88,7	0,11	37,0	201,9	41,6	0,0	3,9	138,8	0,0	0,0	0,5	0,0	360,9	0,0	3,2	11,4	4,3	0,0	2,1	0,0	21,9	0,0	77,5	4,3	0,2	0,3
	50-75	zwart	84,9	0,15	32,9	189,6	46,2	0,0	5,5	174,6	0,0	0,0	0,7	0,0	516,3	0,0	3,3	12,7	8,2	0,0	2,8	0,0	31,0	0,0	96,2	3,7	0,3	0,2
	75-100	bruin	89,4	0,10	64,4	73,7	55,9	0,0	0,9	62,4	0,0	0,0	0,1	0,0	60,9	0,0	4,3	13,4	0,8	0,0	2,9	0,0	2,8	0,0	87,0	2,1	0,2	0,1
	100-125	bruin	89,0	0,10	66,3	122,4	54,0	0,0	0,8	74,0	0,0	0,0	0,1	0,0	43,8	0,0	4,4	14,8	0,8	0,0	3,2	0,0	2,6	0,0	78,7	2,2	0,2	0,1
	125-150	bruin	90,1	0,10	76,0	99,9	27,9	0,0	0,5	78,4	0,0	0,0	0,1	0,0	25,3	0,0	2,1	12,0	0,8	0,0	3,8	0,0	1,6	0,0	67,9	1,6	0,2	0,0
	veen		92,9	0,07	88,5	144,6	7,6	0,0	0,2	37,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	1,0	5,8	0,3	0,0	3,8	0,0	0,9	0,0	46,1	1,1	0,1	0,0

Loc	Diepte	Kleur slib	Vocht %	Bulk density	Organisch stof %	Olsen - P	Al	As	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Si	Sr	Zn
16	0-25	zwart	90,0	0,10	41,3	162,6	40,4	0,0	2,4	123,0	0,0	0,0	0,3	0,0	224,3	0,0	3,1	10,6	2,5	0,0	2,1	0,0	10,3	0,0	86,5	2,1	0,2	0,2
	25-50	zwart	84,4	0,16	30,8	243,0	47,7	0,0	6,6	206,4	0,0	0,0	0,8	0,0	628,6	0,0	3,1	14,2	8,6	0,0	2,3	0,1	30,8	0,1	116,0	6,3	0,3	0,3
	50-75	zwart	89,8	0,10	63,9	46,7	42,9	0,0	1,2	70,3	0,0	0,0	0,1	0,0	89,6	0,0	3,1	11,6	1,1	0,0	2,3	0,0	2,9	0,0	97,7	2,0	0,2	0,1
	75-100	bruin	90,3	0,10	75,5	93,9	37,5	0,0	0,8	71,6	0,0	0,0	0,1	0,0	37,7	0,0	3,2	12,7	0,9	0,0	2,5	0,0	1,9	0,0	79,1	1,6	0,2	0,0
	veen		87,6	0,12	73,8	101,8	62,9	0,0	0,9	90,5	0,0	0,0	0,1	0,0	48,4	0,0	5,0	17,2	1,2	0,0	3,3	0,0	2,4	0,0	93,8	2,2	0,2	0,0
17	0-25	zwart	86,6	0,13	56,9	51,5	59,0	0,0	2,2	97,1	0,0	0,0	0,3	0,0	182,9	0,0	4,4	14,8	1,5	0,0	2,3	0,0	2,8	0,0	149,9	2,4	0,2	0,1
	veen		92,1	0,08	82,5	36,2	13,8	0,0	0,6	60,8	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5	0,0	1,1	8,1	0,7	0,0	2,0	0,0	0,9	0,0	78,5	1,3	0,1	0,0
18	0-25	zwart	90,9	0,09	47,1	160,1	40,4	0,0	1,8	117,6	0,0	0,0	0,2	0,0	159,6	0,0	3,3	10,2	1,8	0,0	1,9	0,0	8,6	0,0	76,2	2,2	0,2	0,2
	25-50	zwart	83,4	0,18	34,6	220,2	58,8	0,0	6,0	173,6	0,0	0,0	0,7	0,0	574,5	0,0	4,1	16,3	7,1	0,0	2,7	0,1	19,8	0,1	137,5	5,0	0,3	0,3
	50-75	zwart	87,4	0,12	47,7	78,2	54,3	0,0	2,6	88,5	0,0	0,0	0,3	0,0	222,2	0,0	4,1	12,8	3,1	0,0	2,4	0,0	6,2	0,0	125,3	2,4	0,2	0,1
	75-100	bruin	88,6	0,11	64,9	191,4	53,1	0,0	1,1	85,4	0,0	0,0	0,1	0,0	71,8	0,0	4,2	15,5	1,7	0,0	2,2	0,0	3,6	0,0	91,9	1,9	0,2	0,1
	100-125	bruin	89,5	0,10	74,2	149,8	38,0	0,0	0,6	75,4	0,0	0,0	0,1	0,0	27,4	0,0	3,0	13,7	1,1	0,0	2,3	0,0	1,8	0,0	81,9	1,6	0,2	0,0
	125-150	bruin	89,1	0,11	71,9	209,9	52,7	0,0	0,6	74,3	0,0	0,0	0,1	0,0	24,0	0,0	4,0	15,7	0,8	0,0	2,6	0,0	2,6	0,0	74,1	1,5	0,2	0,0
	veen		88,7	0,11	75,4	140,4	25,8	0,0	0,5	52,4	0,0	0,0	0,1	0,0	29,6	0,0	1,9	8,6	0,7	0,0	1,6	0,0	1,7	0,0	62,5	1,3	0,1	0,0

Bijlage III: Meetgegevens van de zoutextractie van een selectie van de locaties, elementen gegeven in $\mu\text{mol/l}$ verse bodem

Loc	Diepte	Kleur slib	pH zout	Al zout	Ca zout	Fe zout	K zout	Mg zout	Mn zout	P zout	S zout	Si zout	Zn zout	NO ₃ zout	NH ₄ zout
3	0-25 veen	zwart	6,98	9,7	19093	0,6	444,6	2697	46,7	0,3	4544	236	1,8	17,9	76
			6,40	1,9	15047	1,8	312,3	3115	51,0	18,4	758	511	3,2	22,7	764
6	0-25 veen	zwart	7,04	4,1	17210	36,6	300,4	2088	80,5	0,7	7872	244	1,0	5,9	130
			6,54	4,7	12528	3,3	383,6	2833	48,5	1,9	877	365	3,7	10,2	809
7	0-25	zwart	7,20	2,8	24195	70,2	387,5	2440	86,6	1,3	10740	583	0,8	7,7	962
	25-50	zwart	7,23	2,3	21048	270,9	432,3	2502	94,3	8,3	9526	494	0,7	8,3	1169
	50-75	zwart	7,05	3,8	23580	487,1	508,7	3015	145,8	3,0	9120	1046	1,9	16,3	1655
	75-100	zwart	6,98	5,7	22019	932,5	492,2	3163	195,8	4,5	5423	1489	1,7	13,1	2591
	100-125	zwart	6,98	7,2	19093	1256,7	442,5	3372	195,3	9,4	3567	1306	0,7	7,7	4121
	125-150	zwart	6,96	6,4	17584	1481,0	417,8	3112	138,3	3,7	3154	1067	0,8	7,1	4152
	150-175	zwart	6,93	7,3	17158	1339,7	417,6	3257	160,3	4,3	2807	1472	1,4	8,9	4552
	175-200	zwart	6,95	10,2	16871	1992,2	419,1	3193	169,3	9,4	2290	1352	1,5	5,3	3999
	200-225	zwart	6,94	8,2	20058	1277,5	477,6	3589	211,8	4,7	2949	1755	2,7	7,9	4702
	veen		6,74	3,0	14463	27,3	400,5	2531	86,6	0,7	2973	494	2,4	13,6	2431
12	0-25	zwart	7,21	2,2	23423	4,2	359,1	2351	67,2	0,0	11197	599	0,7	7,0	449
	25-50	zwart	6,96	6,1	29940	1025,6	499,5	3990	240,2	6,7	11976	1504	1,6	5,1	703
	50-75	zwart	7,06	4,5	20828	653,2	427,6	3336	187,0	6,6	7307	788	1,6	8,5	1194
	75-100	bruin	6,47	1,2	14370	28,2	455,8	3205	75,5	1,4	550	259	1,2	5,0	1528
	100-125	bruin	6,86	1,5	17640	12,3	514,4	3664	83,1	1,1	2914	859	1,1	7,3	1511
	125-150	bruin	6,81	6,3	15087	2,9	505,3	3511	41,2	4,7	342	364	4,6	12,6	1712
	veen		6,89	4,0	13165	1,1	327,9	3160	23,7	13,3	455	402	1,3	4,5	1505
14	0-25	zwart	7,31	9,8	19909	59,0	435,9	2323	79,0	0,0	8402	455	1,2	3,8	1380
	25-50	zwart	7,15	3,2	32358	76,5	483,5	3161	145,2	1,0	20151	871	1,0	6,9	1012
	50-75	zwart	7,01	2,9	22897	573,7	482,2	3180	191,9	1,8	7020	1374	0,8	7,2	2259
	75-100	zwart	7,01	3,7	24261	685,6	435,5	3314	268,5	1,9	9918	1414	1,3	5,6	2179
	100-125	bruin	6,94	3,9	20463	126,2	429,0	3160	130,2	1,0	6313	585	1,1	4,4	2350
	125-150	bruin	6,54	3,0	14145	15,6	440,0	3101	77,5	1,5	339	190	2,2	5,1	2551
	veen		6,68	1,1	12478	1,7	421,7	2914	52,8	1,5	368	224	1,4	7,0	2500
15	0-25	zwart	7,28	8,6	16987	102,2	325,7	1920	80,0	3,5	6515	587	0,8	3,9	896
	25-50	zwart	7,10	5,4	23092	414,0	409,8	2830	159,2	7,0	9690	1464	1,0	4,8	851
	50-75	zwart	6,99	8,0	19318	1335,1	404,1	3054	205,4	3,8	4817	1335	1,2	4,8	1208
	75-100	bruin	6,44	1,0	14812	18,3	518,7	3159	78,8	0,6	486	255	1,6	6,6	1802
	100-125	bruin	6,79	5,3	16922	5,7	514,3	3560	69,7	0,7	1910	359	1,8	7,4	1712
	125-150	bruin	6,72	6,8	14649	2,2	435,7	3518	41,5	2,5	305	344	2,9	7,3	1776
	veen		6,93	1,9	10977	0,9	311,3	2702	31,7	14,9	244	351	1,3	26,8	1385
18	0-25	zwart	7,31	6,4	18801	11,7	341,3	2011	55,6	0,4	6470	457	2,2	4,4	1106
	25-50	zwart	7,12	3,1	25951	412,7	510,2	3294	161,4	1,4	11675	859	1,5	3,6	1208
	50-75	zwart	7,07	3,8	20913	547,5	477,9	3155	186,7	1,3	7068	772	0,7	3,3	1427
	75-100	bruin	7,08	3,8	17635	1,8	553,1	3970	46,3	6,5	2480	648	1,1	6,5	1766
	100-125	bruin	6,95	5,1	14554	2,1	497,2	3612	48,0	15,4	413	360	2,9	7,3	1731
	125-150	bruin	6,93	6,4	15609	1,5	581,1	4032	12,9	18,9	678	361	2,1	4,9	1971
	veen		6,80	1,7	16789	0,7	555,8	3654	60,6	2,6	1111	518	0,6	5,1	1956

Bijlage IV: P totaal weergegeven in mg per kilogram droge stof

Locatie	Diepte	Kleur slib	P mg/kg droge stof
1	0-25	zwart	7458
1	25-50	zwart	10473
1	50-75	zwart	10230
1	75-100	zwart	5316
1	100-125	zwart	4108
1	125-150	zwart	1883
1	150-175	zwart	2413
1	175-200	zwart	11545
2	0-25	zwart	3182
2	25-50	zwart	6933
2	50-75	zwart	9644
2	75-100	zwart	9804
2	100-125	zwart	8928
2	125-150	zwart	3810
2	150-175	zwart	756
2	175-200	bruin	932
2	veen		902
3	0-25	zwart	1398
3	veen		228
4	0-25	zwart	3175
4	25-50	zwart	5844
4	50-75	zwart	8566
4	75-100	zwart	807
4	100-125	zwart	810
4	125-150	zwart	5621
4	veen		651
5	0-25	zwart	1052
5	25-50	bruin	425
5	veen		426
6	0-25	zwart	1922
6	veen		780
7	0-25	zwart	4119
7	25-50	zwart	3899
7	50-75	zwart	7289
7	75-100	zwart	8987
7	100-125	zwart	8369
7	125-150	zwart	8342
7	150-175	zwart	8898
7	175-200	zwart	4431
7	200-225	zwart	7955
7	veen		1163
8	0-25	zwart	3829
8	25-50	zwart	7403
8	50-75	zwart	7424
8	75-100	zwart	8109
9	0-25	zwart	5075
9	25-50	zwart	6507
9	veen		555
10	0-25	zwart	5250
10	25-50	zwart	6372
10	50-75	zwart	6715
10	75-100	zwart	8395

Locatie	Diepte	Kleur slib	P mg/kg droge stof
10	100-125	zwart	10428
10	125-150	bruin	1403
10	150-175	bruin	773
10	175-200	bruin	798
10	200-225	bruin	712
11	0-25	zwart	2416
11	25-50	bruin	676
11	50-75	bruin	795
11	75-100	bruin	721
12	0-25	zwart	3368
12	25-50	zwart	5404
12	50-75	zwart	4434
12	75-100	bruin	748
12	100-125	bruin	899
12	125-150	bruin	795
12	veen		334
13	0-25	zwart	3589
13	25-50	zwart	4738
13	50-75	zwart	6815
13	75-100	zwart	7280
13	100-125	zwart	6989
13	125-150	zwart	4981
13	veen		548
14	0-25	zwart	2975
14	25-50	zwart	3996
14	50-75	zwart	6696
14	75-100	zwart	6471
14	100-125	bruin	1861
14	125-150	bruin	566
14	veen		475
15	0-25	zwart	4413
15	25-50	zwart	6036
15	50-75	zwart	6241
15	75-100	bruin	867
15	100-125	bruin	769
15	125-150	bruin	492
15	veen		411
16	0-25	zwart	3334
16	25-50	zwart	5897
16	50-75	zwart	894
16	75-100	bruin	608
16	veen		619
17	0-25	zwart	642
17	veen		349
18	0-25	zwart	2911
18	25-50	zwart	3494
18	50-75	zwart	1545
18	75-100	bruin	1039
18	100-125	bruin	558
18	125-150	bruin	735
18	veen		474

Gemiddelde plas: zwart slib 5352
 bruin slib 793
 veen 565

Bijlage V: Foto's van de grassen van 1 replica per behandeling, na de oogst

