

# Bodemchemisch onderzoek Polders Oosterland



*eindnotitie*

Opdrachtgever: Prolander • Projectnummer: PR-21.092 • Rapportnummer: RP-21.092.21.120 •  
Datum: 20-12-2021  
Auteur: Roos Loeb

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

*Titel rapport:*

*Bodemchemisch onderzoek Polders Oosterland*

*Opdrachtgever: Prolander*

*Auteur:*

*Roos Loeb*

*Rapportnummer: RP-21.092.21.120*

*Foto voorzijde: Jan Vermeer, ATKB*

**Informatie:**

Onderzoekcentrum B-WARE B.V.

Postbus 6558

6503 GB Nijmegen

Tel: 024-2122206

r.loeb@b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2021.

# Inhoudsopgave

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Inhoudsopgave.....                                    | 3  |
| Inleiding .....                                       | 4  |
| Inleiding en doelstelling .....                       | 4  |
| Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden..... | 6  |
| Referentiewaarden .....                               | 9  |
| Afplaggen, maaien en afvoeren of uitmijnen.....       | 10 |
| Materiaal & Methode .....                             | 12 |
| Chemische analyses .....                              | 12 |
| Resultaten .....                                      | 15 |
| Locatie 1a.....                                       | 20 |
| Locatie 1b.....                                       | 21 |
| Locatie 1c.....                                       | 22 |
| Locatie 2a.....                                       | 23 |
| Locatie 2b.....                                       | 24 |
| Locatie 2c.....                                       | 25 |
| Locatie 4a.....                                       | 26 |
| Locatie 4b.....                                       | 27 |
| Locatie 4c.....                                       | 27 |
| Locatie 5a.....                                       | 28 |
| Locatie 5b.....                                       | 29 |
| Locatie 6a.....                                       | 30 |
| Locatie 6b.....                                       | 32 |
| Locatie 7 .....                                       | 33 |
| Conclusies.....                                       | 35 |
| Voedselrijkdom .....                                  | 35 |
| Hydrologie .....                                      | 35 |
| Verzuring.....                                        | 36 |
| Maatregelen .....                                     | 41 |
| Literatuur .....                                      | 43 |
| Bijlage 1 Boorprofielen.....                          | 46 |
| Bijlage 1 Resultaten bodemanalyses .....              | 47 |

# Inleiding

## Inleiding en doelstelling

Prolander verkent momenteel de mogelijkheden van natuurontwikkeling in de polders Oosterland en Lappenvoort, Glimmerpolder en polder Glimmermade bij nattere omstandigheden (kortweg het project POL). In relatie tot dat project hebben Bureau Waardenburg en B-WARE in 2017 al onderzoek uitgevoerd naar de effecten van verschillende peilscenario's op biogeochemische processen en natuurwaarden in polder Oosterland (Loeb et al., 2017). Prolander heeft Onderzoekcentrum B-WARE gevraagd om in deze polders de potenties voor natuurontwikkeling aan te geven na vernatting, gecombineerd met een advies over eventueel benodigde verschraving om de doelen te bereiken.

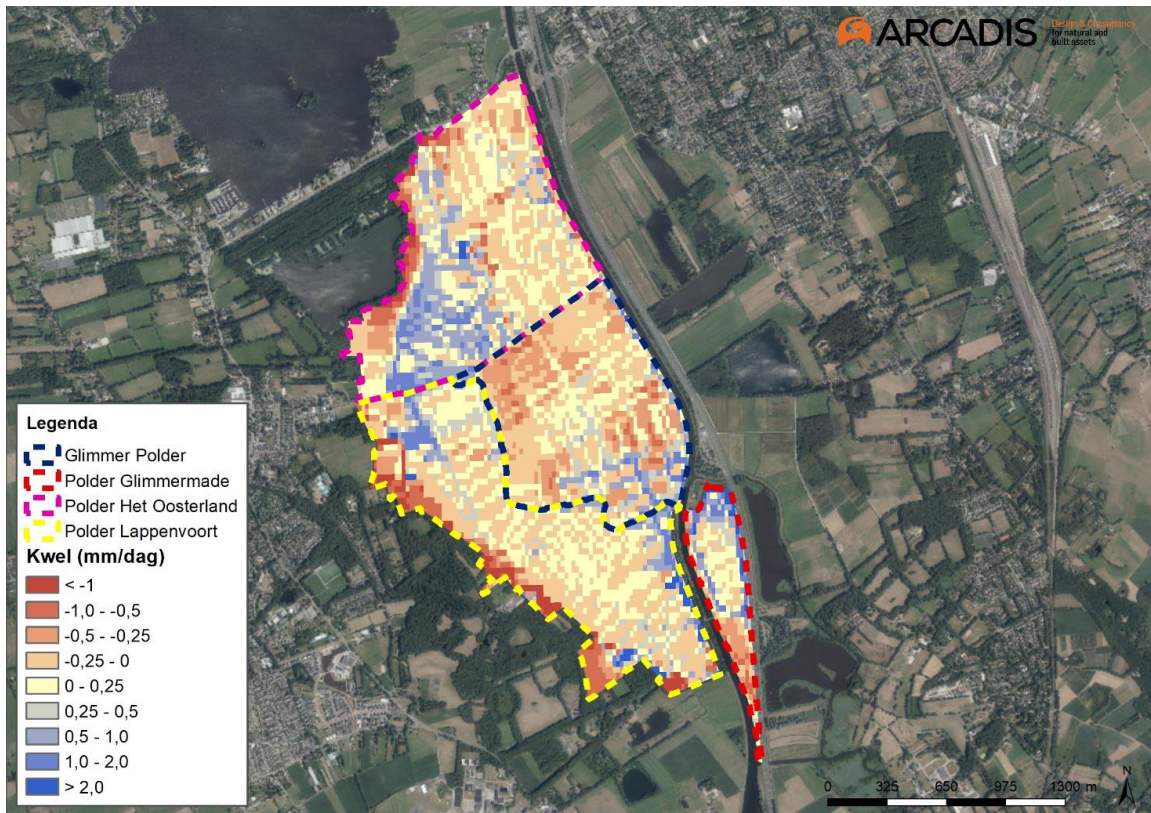
Het plangebied ligt ten zuiden van de stad Groningen, tussen Paterswolde, Glimmen en Haren en bestaat uit de Polders Oosterland, Lappenvoort, Glimmerpolder en Polder Glimmermade (figuur 1). Het vormt de oorspronkelijke benedenloop van de Drentse Aa, in de overgang van het Drentse zandlandschap naar het noordelijke zeekleigebied. De polders liggen tussen de uitloper van de Hondsrug in het oosten en de zandrug van Tynaarlo in het westen. Deze zandruggen voeden van oudsher het beekdal met kwelwater. In het beekdal heeft zich een dik veenpakket afgezet dat op sommige plekken meer dan 7 meters dik kan zijn (Nijborg & Besselink, 2021). In het verleden zijn er inbraken vanuit zee geweest die totaan het beekdal rijkten. Op het veenpakket heeft zich een kleipakket afgezet van circa 2 dm dik.

Een uitgebreide systeemanalyse is uitgevoerd door Nijborg & Besselink (2021). Voor het gebied zijn 4 streefbeelden opgesteld, die onderling verschillen in openheid en dynamiek van het landschap. Deze 4 streefbeelden zijn vertaald in natuurdoeltypen die onder deze streefbeelden gerealiseerd zouden moeten worden, uitgesplitst naar de verschillende polders (tabel 1).

*Tabel 1. Uitwerking van de beheertypes per streefbeeld, met daarbij de polders waar het type gerealiseerd zou moeten worden. Uit: Nijborg & Besselink (2021).*

|                       | 1. Open beekdal           | 2. Dynamisch Moeras                  | 3. Moeras met laagveenbos | 4. Laagveenbos met cultuurlandschap |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Kievitsbloem-hooiland | Oosterland                | Oosterland                           | Oosterland                | Oosterland                          |
| Vochtig hooiland      | Oosterland<br>Lappenvoort | Oosterland<br>Lappenvoort<br>Glimmer | Oosterland<br>Lappenvoort | Oosterland<br>Lappenvoort           |
| Nat schraalland       | Oosterland<br>Lappenvoort | Oosterland<br>Lappenvoort<br>Glimmer | Oosterland<br>Lappenvoort | Oosterland<br>Lappenvoort           |
| Dynamisch moeras      |                           | Overgangen tussen polders            |                           |                                     |
| Moeras (grote zeggen) |                           |                                      | Overgangen tussen polders | Overgangen tussen polders           |
| Laagveenbos           |                           |                                      | Glimmer                   | Glimmer                             |

Uit deze systeemanalyse blijkt dat er sprake is van ernstige hydrologische knelpunten bij het realiseren van de beheertypen. Er is slechts in een klein gedeelte van de polder waarschijnlijk nog sprake van kwel (figuur 1). Daarnaast blijkt dat met name de laagste grondwaterstanden in de percelen te ver wegzakken voor het realiseren van veel doeltypen. In deze systeemanalyse worden ook 4 scenario's geschetst die de hydrologie van het gebied moeten verbeteren. Deze hebben onder andere betrekking op het veranderen van het peilbeheer van de sloten van de verschillende polders van een agrarisch peil (hoog in de zomer, lager in de winter) naar een natuurlijker peilbeheer.



*Figuur 1. Gemodelleerde kwel en inzijging en de ligging van de verschillende polders. Uit: Nijborg & Bes-selink (2021).*

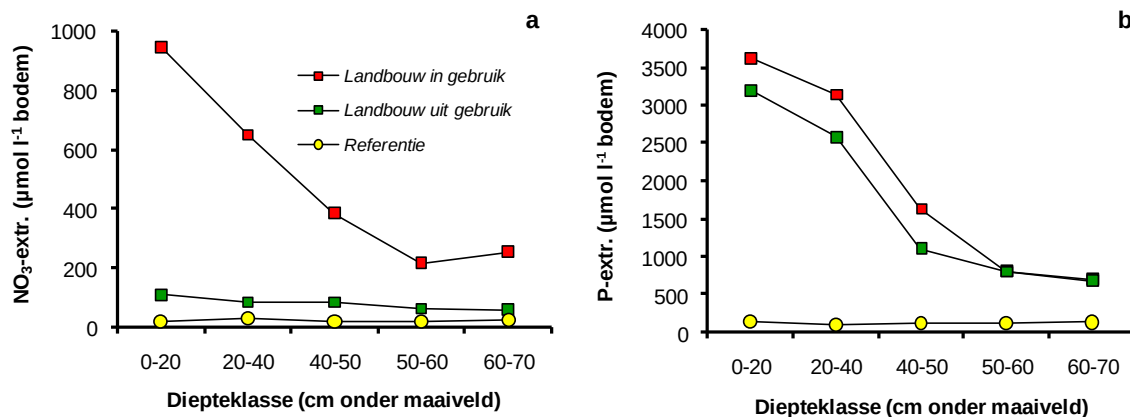
Naast de hydrologie liggen er echter nog veel vragen over de nutriëntenrijkdom van de bodem, en de mogelijkheden voor het realiseren van de beheertypen, eventueel met afgraven of verschralen van de bodem. Om dit te onderzoeken, is het huidige onderzoek opgezet. Het onderzoek is niet vlakdekkend, maar geeft een beeld van wat voor omstandigheden er te verwachten zijn. Om in detail afgravingsdieptes te bepalen, zou een vlakdekkend onderzoek nodig zijn.

## Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden

### Belang fosfaat

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (figuur 1; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (figuur 1; Lamers et al., 2005; Smolders et al., 2006; Lamers et al., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren.

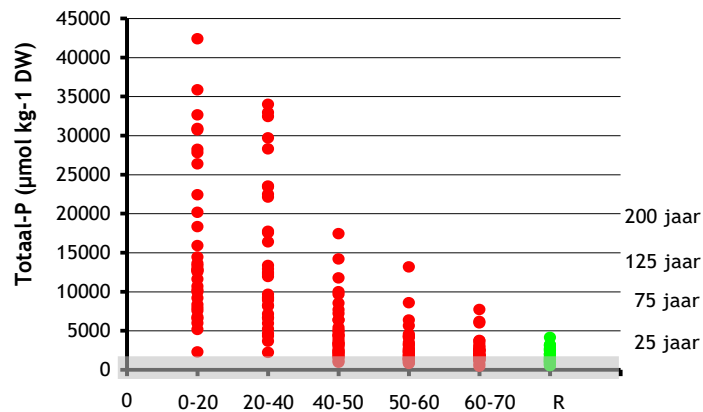


Figuur 1. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedentrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers et al. (2009).

### Fosfaatbeschikbaarheid

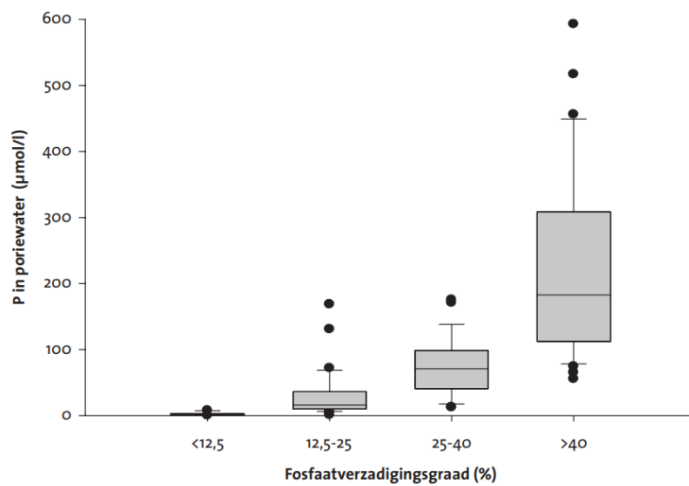
In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet sterk af door uitspoeling. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden meestal onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (figuur 2; Lamers et al., 2005; Smolders et al., 2006; Lamers et al., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers et al., 2005; Smolders et al., 2006; van Mullekom et al., 2013).





**Figuur 2.** Totaal-P-concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500  $\mu\text{mol}$  totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders et al. (2006).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om tevens rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders et al., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen. Onder aerobe (zuurstofrijke) condities bestaat bij een fosfaatverzadigingsgraad van > 25% kans op fosfaatuitspoeling en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld. Onder nattere (anaerobe) omstandigheden komt er door de reductie van deze ijzerverbindingen echter al eerder fosfaat vrij in het poriewater, dat vervolgens weer in het grond- of oppervlaktewater terecht kan komen. Dit gebeurt al bij een fosfaatverzadigingsgraad tussen 12,5 en 25% (figuur 4), terwijl het risico op nalevering boven 25% nog groter is. Bij het een fosfaatverzadiging tussen de 12,5 en 25% wordt in dit onderzoek vanwege de natte omstandigheden in de percelen het risico op nalevering als matig groot beschouwd en boven 25% als groot.



*Figuur 4. Fosfaatverzadigingsgraad (bezetting van de amorfe ijzer- en aluminiumhydroxides met fosfaat) van de bodem als indicator voor de fosforconcentratie in het poriewater na 8 weken vernatten van de bodem. Bij een hoge fosfaatverzadigingsgraad leidt vernatting van de bodem tot hoge fosforconcentraties in het poriewater van de bodem en daarmee tot een hoge risico op fosfaatnalevering (bron: B-WARE brochure Waterbodem en waterkwaliteit).*



## Referentiewaarden

In tabel 1 zijn de abiotische randvoorwaarden voor de hier relevante natuurbeheertypen gegeven. De gewenste natuurbeheertypen Nat schraalland en Vochtig hooiland verschillen in de mate van schraalheid; Vochtig hooiland (Dotterbloemhooiland) is wat voedselrijker dan Nat schraalland. Vaak ontstond dit beheertype vroeger door inundatie met wat voedselrijker beekwater, vaak op beekeerdgronden. Wat betreft hydrologische vereisten verschillen de typen niet veel; 's winters vindt er vaker inundatie plaats met beekwater bij Dotterbloemhooilanden, terwijl natte schraallanden vaak tot in het maaiveld nat zijn door hoge grondwaterstanden. 's Zomers zakken deze standen uit tot ongeveer 40 tot maximaal 80 cm onder maaiveld. Dit is zowel voor Dotterbloemhooiland als voor Blauwgrasland een optimale laagste stand. Deze grondwaterstanden zijn vastgesteld op zandgrond, en zouden op veengrond wat hoger kunnen liggen. Bij Nat heischraal grasland kan de grondwaterstand soms nog wat verder uitzakken. Moerastypen (Grote zeggenmoeras, Rietmoeras) zijn wat natter dan Vochtig hooiland en Nat schraalland en hebben vaak in de zomer het grondwater nog in of net onder maaiveld staan. Hooilanden en schraallanden zijn vervangingsgemeenschappen voor oorspronkelijke bossen, zoals elzenbroekbos (laagveenbos). Het is echter goed om te beseffen dat ook voor bossen de voedselrijkdom niet te hoog mag zijn, omdat anders de ondergroei verruigt (Runhaar et al., 2019).

**Tabel 2.** Abiotische randvoorwaarden (optimumranges) voor de habitattypen en natuurrbeheertypen Nat schraalland, Vochtig hooiland en Moeras en Hoog- en laagveenbos. Olsen-P-concentraties in  $\mu\text{mol/l}$  bodem, pH-H<sub>2</sub>O en pH-NaCl, Ca-NaCl van de bodem en gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand in cm ten opzichte van maaiveld. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data (database GRIP); Runhaar et al. (2016), Loeb et al. 2009; 2017, Loeb, 2014; 2015; Hommel et al., 2006, Van Mullekom et al., 2009, Poelen & Lucassen, 2010, Van den Broek et al., 2009.) Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen.

| Natuurbeheertype     | Specificatie                                   | Olsen-P          | totaal-P  | pH-H <sub>2</sub> O | pH-NaCl   | Ca-NaCl | GHG       | GLG        |
|----------------------|------------------------------------------------|------------------|-----------|---------------------|-----------|---------|-----------|------------|
| Nat schraalland      | Nat heischraal grasland                        | 150 - 400        | 0,5 - 2,5 | 3,8 - 6,0           | 3,5 - 5,5 | 3-10    | 0 - -40   | -40 - -120 |
|                      | Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte Zegge) | 100 - 500        | 1 - 6     | 4,5 - 6,5           | 3,5 - 5,0 | 10 - 50 | +20 - -20 | -40 - -80  |
|                      | Blauwgrasland                                  | 200 - 500        | 2 - 10    | 5,0 - 6,5           | 4,0 - 5,0 | 10 - 50 | 0 - -25   | -40 - -80  |
|                      | Knopbiesverbond                                | 100 - 400        | 1 - 6     | 5,5 - 8,0           | 5,0 - 8,0 | 5 - 250 | +20 - -20 | +10 - -60  |
| Vochtig hooiland     | Dotterbloemhooiland                            | 300 - 800        | 3-10      | 5,0 - 7,0           | (4-) 5-7  | >10     | +20 - -20 | -40 - -80  |
|                      | Kievitsbloemhooiland                           | 400-1000 (-1500) | 10-25     | 5,5 - 6,5           | 4,4 - 6,2 | 50-100  | +20 - -50 | -40 - -80  |
| Moeras               | Grote zeggenmoeras                             | 300-800          | 8-20      | 5-7                 | 4-6       | 5 - 50  | +20 - 0   | +10 - -50  |
|                      | Rietmoeras                                     | 300-1000         | 2-15      | >5                  | >4        | 10-100  | +20 - 0   | +10 - -40  |
| Hoog- en laagveenbos | Berkenbroekbos                                 | 200-600          | 5-15      | <5                  | <4        | <20     | +10 - 0   | -40 - -80  |
|                      | Elzenbroekbos                                  | 300-800 (-1200)  | 5-20      | 5-7                 | 4,5-6     | 10-50   | +20 - -20 | -40 - -80  |

## ***Afplaggen, maaien en afvoeren of uitmijnen***

De snelste manier om de fosfaatbeschikbaarheid afdoende naar beneden te brengen voor de ontwikkeling van onder andere schraalgraslanden is het afplaggen (ontgronden) van de bodem en het afvoeren van de fosfaatrijke top laag. Verschralen kan ook door middel van maaien en het afvoeren van het maaisel, of door uitmijnen. Bij uitmijnen wordt ingezaaid met een gewas en wordt bijgemest met kalium en stikstof, zodat deze elementen niet limiterend kunnen worden. Vaak wordt een gras-klavermengsel gebruikt, waarbij de klaver zorgt voor het vastleggen van stikstof. Er hoeft dan geen stikstof bijgemest te worden. Soms wordt ook het oorspronkelijke gewas of de oorspronkelijke vegetatie gebruikt om uit te mijnen (bijv. Kemmers et al., 2008).

Als vuistregel wordt ervan uitgegaan dat er met maaien & afvoeren jaarlijks 10 kg P/ha afgevoerd kan worden. Ervan uitgaande dat de vegetatie dit fosfor voornamelijk uit de bovenste 20 cm van de bodem haalt (Chardon et al., 2009), zou de afvoer in deze laag ongeveer 0,16 mmol P/l bodem bedragen. Dit betekent dat als de totaal-P-concentratie van de bovenste 20 cm van de bodem teruggebracht moet worden van bijvoorbeeld 20 mmol/l bodem naar 5 mmol/l bodem, dat dit ongeveer 90 jaar zou gaan duren door middel van maaien & afvoeren. Bij deze inschatting wordt uitgegaan van een lineair verband, maar in werkelijkheid zal de verschraling in het begin sneller verlopen (hogere productie) en later langzamer gaan.

Bij uitmijnen kan het fosfor uit de bodem in theorie sneller uitgeput worden. Chardon et al. (2009) gaat uit van een jaarlijkse afvoer van 40 kg P/ha/jaar bij uitmijnen. Uit recent onderzoek door het Louis Bolk Instituut blijkt dat er met uitmijnen 80 (tot 110) kg  $P_2O_5$  per hectare per jaar kan worden afgevoerd, wat overeenkomt met 35 (tot 48) kg P/ha/jaar (Timmermans et al., 2010). Uitgaande van een verschraling van gemiddeld 40 kg P/ha/jaar zou een top laag van 20 cm diepte en een totaal-P-concentratie 20 mmol/l bodem in circa 23 jaar verschraald kunnen worden naar 5 mmol/l bodem onder geschikte hydrologische condities. Er is echter weinig ervaring met uitmijnen onder natte omstandigheden. Onder natte omstandigheden zal niet de maximale opbrengst van het gewas behaald kunnen worden en zal er dus minder P afgevoerd worden. Sival et al. (2011) maten in een experiment waarin uitmijnen en vernatten gecombineerd werden na 5 jaar nog geen significante afname van P in de bodem (Sival et al., 2011). Als gekozen wordt voor uitmijnen als maatregel, is het beter om eerst uit te mijnen, alvorens te vernatten.

## **Aanvoeren van diasporen**

Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van

doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

## Materiaal & Methode

Prolander heeft over het gebied 15 monsterpunten geselecteerd voor dit onderzoek (figuur 5). Deze monsterpunten zijn verdeeld over de Polder Lappenvoort, Glimmerpolder en een locatie in de Polder Oosterland, omdat hier op grond van eerder onderzoek (Loeb et al., 2017) al een beeld van is verkregen. De Polder Glimmermade is in dit onderzoek buiten beschouwing geladen. Eén van de geselecteerde monsterpunten (het oorspronkelijke 4d) is in het veld niet bemonsterd, omdat deze over particulier terrein betreden zou moeten worden, waar geen toestemming voor was. In plaats van dit monsterpunt, is er voor gekozen om op enkele plekken het aantal te analyseren dieptes uit te breiden van 5 naar 6, omdat het bodemprofiel hier aanleiding toe gaf.



**Figuur 5.** Bemonsterde locaties (gele punten) en de locaties waar Arcadis onderzoek heeft uitgevoerd naar de kwaliteit van het ondiepe grondwater (blauwe driehoeken).

Het veldwerk is op 26 en 27 juli 2021 uitgevoerd door Jan Vermeer van ATKb. Tijdens het veldwerk werd een profielbeschrijving gemaakt van de bodem tot 1,5 meter diepte (Bijlage 1). Hierbij werden monsters van vijf (soms 6) genomen: de bovenste 10 cm van de bouwvoor, onderste 10 cm van de bouwvoor, de eerste 10 cm onder de bouwvoor, 10 cm daaronder, en de rest van het profiel tot 80 cm diepte.

## Chemische analyses

### Bodemanalyses

#### **Vochtpercentage, organische-stofconcentratie en bodemdichtheid**

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 24 uur bij 70°C. Uit het vaste volume

van deze bakjes werd de bodemdichtheid berekend. De fractie organische stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt goed overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

#### ***Olsen-extractie***

Plantbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen et al., 1954) bepaald. De fosfaatconcentratie bepaald met een Olsen-extractie is sterk gecorreleerd met de opname van P door de vegetatie en geeft een goede voorspelling van de soortenrijkdom van halfnatuurlijke graslanden (Gilbert et al., 2009). Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ ) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l<sup>-1</sup> natriumbicarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ ) toegevoegd. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

#### ***Zoutextractie (NaCl-extractie)***

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen verdrongen door natrium. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden en de concentratie kationen aan het katio-nadsorptiecomplex van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l<sup>-1</sup> natriumchloride ( $\text{NaCl}$ ) toegevoegd. Gedurende 60 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 rhizons en bewaard bij 4°C tot verdere analyse.

#### ***Bodemdestructie***

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ , 65%) en 1 ml waterstofperoxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milliQ water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

#### ***Oxalaatextractie***

Met een oxalaatextractie kan de concentratie ijzer- en aluminiumgebonden fosfaat worden bepaald. Dit is de adsorptiecapaciteit aan amorfe ijzer- en aluminiumhydroxiden. Op basis van de P-ox, Fe-ox en Al-ox wordt tevens de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) berekend. Hiervoor wordt vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 2,5 gram droog materiaal en met 50 ml extrac-

tiemedium ((COONH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O: 0,12 mol l<sup>-1</sup> en H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: 0,12 mol l<sup>-1</sup>) uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. De extracten worden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat wordt niet-aangezuurd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Met de oxalaatextractie voor de bepaling van de fosfaatverzadigingsgraad (FVG). Bij een FVG > 25% bestaat kans op fosfaatuitspoeling en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld. De FVG wordt als volgt berekend:

$$\text{FVG} = \frac{\text{P-ox}}{0,5 \times (\text{Fe-ox} + \text{Al-ox})} \times 100\%$$

### ***Chemische analyses***

De analyses van calcium, magnesium, kalium, ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel en Olsen-P werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific; of ARCOS MV, Spectro). Nitraat (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>) en ammonium, orthofosfaat werden colorimetrisch bepaald met behulp van een Seal auto-analyser III.

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

## Resultaten

In tabel 3 op de volgende pagina's staan de belangrijkste resultaten opgenomen. In Bijlage 2 worden alle analyseresultaten gegeven. Daaronder worden de resultaten per locatie besproken.

**Tabel 3.** Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses. Diepte in cm, om% = massapercentage organische stof. Totaalconcentraties (-t) in mmol/l bodem, overige concentraties in  $\mu\text{mol/l}$  bodem. Voor legenda kleurgebruik zie tabel 3. MA500 en MA800 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500  $\mu\text{mol/l}$ , respectievelijk 800  $\mu\text{mol/l}$  (verschralingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 20-25 cm bij elkaar worden opgeteld. Let op: de bouwvoor is niet op alle locaties over de gehele diepte geanalyseerd!

| locatie | diepte | om% | Olsen-P | totaal-P | FVG | pH-NaCl | NO3-NaCl | NH4-NaCl | Ca-NaCl | Fe-NaCl | Mn-NaCl | S-NaCl | Al-t | Ca-t | Fe-t | S-tot | MA500 | MA800 |
|---------|--------|-----|---------|----------|-----|---------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 1A      | 0-10   | 4   | 6764    | 16       | 55  | 3,78    | 224      | 161      | 3053    | 6       | 102     | 140    | 75   | 7    | 29   | 8     | 36    | 26    |
| 1A      | 20-30  | 3   | 7883    | 20       | 58  | 3,7     | 164      | 62       | 1781    | 3       | 43      | 148    | 115  | 5    | 33   | 8     | 47    | 37    |
| 1A      | 30-40  | 2   | 6954    | 14       | 28  | 3,89    | 115      | 29       | 1145    | 2       | 46      | 151    | 170  | 4    | 28   | 5     | 29    | 19    |
| 1A      | 40-50  | 2   | 2577    | 7        | 14  | 4,15    | 92       | 27       | 723     | 1       | 35      | 164    | 218  | 5    | 27   | 5     | 8     | 0     |
| 1A      | 50-80  | 1   | 839     | 4        | 6   | 4,4     | 63       | 5        | 639     | 0       | 7       | 156    | 235  | 4    | 26   | 4     | 0     | 0     |
| 1B      | 0-10   | 8   | 2485    | 19       | 18  | 4,76    | 3        | 47       | 11338   | 0       | 19      | 120    | 137  | 26   | 124  | 14    | 44    | 35    |
| 1B      | 20-30  | 5   | 1007    | 7        | 4   | 4,58    | 17       | 8        | 7508    | 0       | 8       | 140    | 205  | 16   | 93   | 10    | 6     | 0     |
| 1B      | 30-40  | 4   | 792     | 5        | 4   | 4,6     | 13       | 18       | 6694    | 1       | 7       | 158    | 265  | 15   | 57   | 8     | 1     | 0     |
| 1B      | 40-50  | 1   | 801     | 7        | 9   | 4,66    | 24       | 10       | 4041    | 0       | 3       | 180    | 301  | 11   | 38   | 5     | 6     | 0     |
| 1B      | 50-80  | 0   | 1583    | 10       | 20  | 4,67    | 27       | 73       | 2601    | 0       | 1       | 207    | 253  | 9    | 36   | 3     | 45    | 16    |
| 1C      | 0-10   | 25  | 1798    | 18       | 24  | 4,76    | 405      | 134      | 12061   | 20      | 239     | 343    | 136  | 37   | 105  | 38    | 39    | 30    |
| 1C      | 15-25  | 45  | 372     | 6        | 5   | 4,16    | 244      | 100      | 14675   | 12      | 166     | 456    | 57   | 49   | 41   | 53    | 3     | 0     |
| 1C      | 25-35  | 61  | 157     | 3        | 3   | 4,07    | 142      | 130      | 13161   | 12      | 134     | 378    | 52   | 33   | 23   | 43    | 0     | 0     |
| 1C      | 35-45  | 67  | 149     | 3        | 4   | 4       | 14       | 236      | 9432    | 2       | 73      | 585    | 62   | 24   | 14   | 23    | 0     | 0     |
| 1C      | 45-70  | 56  | 86      | 3        | <5  | 4,17    | 1        | 184      | 7083    | 90      | 54      | 493    | 143  | 22   | 6    | 25    | 0     | 0     |
| 1C      | 70-80  | 3   | 392     | 4        | 5   | 4,26    | 0        | 506      | 4039    | 224     | 30      | 337    | 334  | 10   | 36   | 10    | 0     | 0     |



| locatie | diepte | om% | Olsen-P | totaal-P | FVG | pH-NaCl | NO3-NaCl | NH4-NaCl | Ca-NaCl | Fe-NaCl | Mn-NaCl | S-NaCl | Al-t | Ca-t | Fe-t | S-tot | MA500 | MA800 |
|---------|--------|-----|---------|----------|-----|---------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 2A      | 0-10   | 41  | 812     | 23       | 2   | 4,43    | 631      | 966      | 13622   | 92      | 241     | 1158   | 109  | 43   | 634  | 40    | 57    | 48    |
| 2A      | 10-20  | 43  | 655     | 19       | 1   | 4,06    | 1867     | 858      | 21958   | 16      | 151     | 1896   | 106  | 61   | 633  | 46    | 44    | 34    |
| 2A      | 20-30  | 57  | 244     | 7        | 2   | 4,28    | 1268     | 708      | 21163   | 16      | 127     | 2238   | 54   | 73   | 145  | 52    | 6     | 0     |
| 2A      | 30-40  | 72  | 89      | 3        | 2   | 4,51    | 1006     | 824      | 20903   | 12      | 125     | 2327   | 15   | 70   | 87   | 42    | 0     | 0     |
| 2A      | 40-80  | 72  | 31      | 2        | 1   | 4,52    | 23       | 449      | 17159   | 13      | 132     | 2936   | 4    | 62   | 61   | 49    | 0     | 0     |
| 2B      | 0-10   | 35  | 1379    | 23       | 13  | 4,3     | 347      | 140      | 20635   | 10      | 321     | 1367   | 122  | 67   | 234  | 48    | 56    | 47    |
| 2B      | 10-20  | 44  | 1037    | 19       | 6   | 4,29    | 592      | 210      | 27528   | 11      | 208     | 1787   | 128  | 72   | 239  | 50    | 45    | 35    |
| 2B      | 20-30  | 63  | 203     | 7        | 1   | 4,63    | 391      | 656      | 22769   | 2       | 82      | 1601   | 36   | 102  | 139  | 48    | 6     | 0     |
| 2B      | 30-40  | 58  | 87      | 3        | 2   | 4,76    | 35       | 998      | 17811   | 0       | 96      | 1320   | 73   | 54   | 55   | 47    | 0     | 0     |
| 2B      | 40-80  | 59  | 59      | 2        | 2   | 5,05    | 1        | 952      | 15652   | 41      | 49      | 1924   | 71   | 54   | 95   | 122   | 0     | 0     |
| 2C      | 0-10   | 20  | 2124    | 14       | 17  | 4       | 637      | 135      | 10141   | 17      | 147     | 947    | 94   | 23   | 78   | 32    | 28    | 19    |
| 2C      | 10-20  | 45  | 1173    | 20       | 6   | 4,01    | 755      | 131      | 18504   | 15      | 199     | 2434   | 153  | 52   | 182  | 53    | 46    | 36    |
| 2C      | 20-30  | 71  | 177     | 4        | 2   | 4,33    | 240      | 67       | 17276   | 15      | 96      | 2930   | 21   | 59   | 70   | 51    | 0     | 0     |
| 2C      | 30-75  | 51  | 50      | 3        | 4   | 4,32    | 8        | 655      | 15974   | 38      | 124     | 3786   | 60   | 40   | 60   | 113   | 0     | 0     |
| 2C      | 75-85  | 18  | 238     | 2        | 8   | 4,84    | 1        | 755      | 16611   | 52      | 102     | 1942   | 65   | 25   | 36   | 50    | 0     | 0     |
| 2C      | 85-95  | 5   | 518     | 3        | 4   | 4,92    | 2        | 833      | 10714   | 60      | 63      | 311    | 217  | 23   | 30   | 14    | 0     | 0     |

| locatie | diepte | om% | Olsen-P | totaal-P | FVG | pH-NaCl | NO3-NaCl | NH4-NaCl | Ca-NaCl | Fe-NaCl | Mn-NaCl | S-NaCl | Al-t | Ca-t | Fe-t | S-tot | MA500 | MA800 |
|---------|--------|-----|---------|----------|-----|---------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 4A      | 0-10   | 55  | 950     | 20       | 17  | 4,08    | 828      | 227      | 14195   | 73      | 307     | 308    | 148  | 51   | 200  | 42    | 47    | 37    |
| 4A      | 10-20  | 61  | 322     | 9        | 6   | 4,51    | 576      | 140      | 21551   | 18      | 120     | 413    | 74   | 88   | 166  | 45    | 12    | 2     |
| 4A      | 20-30  | 73  | 42      | 2        | 2   | 5,01    | 11       | 565      | 18372   | 6       | 85      | 566    | 11   | 77   | 51   | 38    | 0     | 0     |
| 4A      | 30-40  | 59  | 62      | 2        | 2   | 5,15    | 0        | 472      | 17221   | 4       | 49      | 587    | 38   | 65   | 44   | 39    | 0     | 0     |
| 4A      | 40-80  | 57  | 56      | 2        | 3   | 5,14    | 1        | 565      | 18027   | 66      | 65      | 918    | 47   | 67   | 78   | 98    | 0     | 0     |
| 4B      | 0-10   | 44  | 1278    | 21       | 14  | 4,26    | 718      | 142      | 17724   | 28      | 302     | 648    | 123  | 59   | 134  | 45    | 50    | 40    |
| 4B      | 10-20  | 54  | 420     | 11       | 4   | 4,86    | 649      | 971      | 25605   | 14      | 189     | 648    | 91   | 106  | 144  | 53    | 20    | 10    |
| 4B      | 20-30  | 66  | 120     | 4        | 4   | 4,98    | 158      | 823      | 22365   | 5       | 109     | 503    | 33   | 102  | 67   | 49    | 0     | 0     |
| 4B      | 30-40  | 66  | 91      | 3        | 1   | 4,95    | 65       | 485      | 19830   | 1       | 33      | 372    | 19   | 92   | 53   | 46    | 0     | 0     |
| 4B      | 40-80  | 73  | 20      | 2        | 1   | 5,12    | 3        | 569      | 17856   | 10      | 42      | 496    | 7    | 90   | 41   | 48    | 0     | 0     |
| 4C      | 0-10   | 32  | 1205    | 20       | 14  | 4,61    | 367      | 127      | 22285   | 4       | 113     | 791    | 170  | 67   | 160  | 30    | 48    | 39    |
| 4C      | 10-20  | 45  | 388     | 12       | 6   | 4,92    | 1215     | 178      | 26219   | 8       | 76      | 512    | 132  | 127  | 170  | 44    | 21    | 11    |
| 4C      | 20-30  | 69  | 70      | 4        | 1   | 5,13    | 201      | 375      | 18806   | 6       | 16      | 616    | 14   | 105  | 47   | 46    | 0     | 0     |
| 4C      | 30-40  | 72  | 51      | 3        | 1   | 5,11    | 67       | 443      | 17613   | 0       | 14      | 460    | 9    | 91   | 42   | 37    | 0     | 0     |
| 4C      | 40-60  | 67  | 55      | 2        | 1   | 5,17    | 35       | 573      | 16857   | 0       | 22      | 411    | 7    | 81   | 39   | 36    | 0     | 0     |
| 4C      | 60-80  | 74  | 31      | 1        | 0   | 5,32    | 8        | 494      | 17999   | 2       | 37      | 596    | 4    | 82   | 25   | 66    | 0     | 0     |

| locatie | diepte | om% | Olsen-P | totaal-P | FVG | pH-NaCl | NO3-NaCl | NH4-NaCl | Ca-NaCl | Fe-NaCl | Mn-NaCl | S-NaCl | Al-t | Ca-t | Fe-t | S-tot | MA500 | MA800 |
|---------|--------|-----|---------|----------|-----|---------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 5A      | 0-10   | 59  | 874     | 15       | 9   | 4,26    | 547      | 204      | 19886   | 28      | 319     | 732    | 125  | 68   | 122  | 54    | 33    | 23    |
| 5A      | 10-20  | 47  | 178     | 5        | 6   | 4,37    | 291      | 128      | 22283   | 21      | 215     | 654    | 43   | 82   | 73   | 57    | 1     | 0     |
| 5A      | 20-30  | 73  | 73      | 2        | 2   | 4,67    | 18       | 433      | 18368   | 25      | 88      | 978    | 14   | 72   | 41   | 53    | 0     | 0     |
| 5A      | 30-40  | 62  | 65      | 3        | 3   | 4,64    | 20       | 312      | 18427   | 14      | 68      | 5606   | 40   | 60   | 51   | 98    | 0     | 0     |
| 5A      | 40-80  | 44  | 92      | 4        | 9   | 5,29    | 4        | 1516     | 19265   | 1       | 40      | 1046   | 110  | 69   | 64   | 88    | 0     | 0     |
| 5B      | 0-10   | 54  | 511     | 18       | 16  | 4,34    | 553      | 157      | 22126   | 14      | 148     | 1117   | 94   | 98   | 210  | 74    | 40    | 31    |
| 5B      | 10-20  | 65  | 243     | 9        | 3   | 4,62    | 421      | 107      | 22528   | 9       | 89      | 2302   | 62   | 89   | 100  | 63    | 13    | 4     |
| 5B      | 20-30  | 71  | 85      | 3        | 4   | 4,66    | 64       | 44       | 18212   | 5       | 65      | 3786   | 19   | 71   | 61   | 54    | 0     | 0     |
| 5B      | 30-40  | 53  | 128     | 5        | 2   | 4,34    | 5        | 96       | 19469   | 6       | 167     | 5079   | 57   | 65   | 67   | 81    | 0     | 0     |
| 5B      | 40-65  | 47  | 92      | 4        | 4   | 4,69    | 2        | 197      | 20101   | 37      | 135     | 4613   | 56   | 49   | 65   | 111   | 0     | 0     |
| 5B      | 65-75  | 8   | 475     | 4        | 8   | 4,95    | 2        | 84       | 14382   | 25      | 94      | 2642   | 107  | 39   | 51   | 57    | 0     | 0     |
| 6A      | 0-10   | 6   | 1775    | 21       | 12  | 4,08    | 949      | 135      | 15502   | 13      | 399     | 1731   | 205  | 41   | 144  | 42    | 51    | 42    |
| 6A      | 10-20  | 58  | 357     | 8        | 4   | 4,23    | 0        | 356      | 18059   | 3376    | 176     | 24241  | 85   | 81   | 127  | 68    | 10    | 0     |
| 6A      | 20-35  | 62  | 138     | 3        | 2   | 3,9     | 939      | 223      | 16375   | 59      | 87      | 454    | 52   | 39   | 56   | 58    | 0     | 0     |
| 6A      | 35-50  | 63  | 113     | 2        | 1   | 3,41    | 460      | 160      | 25518   | 12      | 20      | 590    | 27   | 39   | 52   | 67    | 0     | 0     |
| 6A      | 50-80  | 66  | 72      | 1        | 1   | 3,08    | 122      | 60       | 17113   | 5       | 6       | 803    | 12   | 37   | 58   | 134   | 0     | 0     |
| 6B      | 0-10   | 55  | 702     | 15       | 15  | 3,88    | 192      | 542      | 24331   | 7       | 382     | 4441   | 139  | 47   | 166  | 47    | 30    | 21    |
| 6B      | 10-20  | 67  | 480     | 12       | 4   | 3,99    | 11       | 558      | 20066   | 13      | 228     | 10720  | 107  | 70   | 248  | 58    | 23    | 13    |
| 6B      | 20-35  | 49  | 275     | 6        | 2   | 4,06    | 3        | 452      | 18253   | 36      | 195     | 15151  | 123  | 55   | 107  | 48    | 4     | 0     |
| 6B      | 35-50  | 64  | 66      | 2        | 1   | 3,48    | 422      | 83       | 17312   | 14      | 266     | 450    | 26   | 36   | 62   | 38    | 0     | 0     |
| 6B      | 50-80  | 3   | 164     | 2        | 5   | 4,23    | 170      | 233      | 17325   | 12      | 245     | 635    | 24   | 25   | 23   | 28    | 0     | 0     |
| 7A      | 0-10   | 40  | 1603    | 20       | 11  | 3,61    | 9        | 198      | 6475    | 29      | 82      | 1194   | 226  | 18   | 174  | 35    | 46    | 37    |
| 7A      | 10-20  | 56  | 445     | 9        | 3   | 3,59    | 0        | 225      | 7676    | 1487    | 117     | 3334   | 108  | 42   | 122  | 67    | 13    | 3     |
| 7A      | 20-30  | 36  | 297     | 4        | 3   | 3,81    | 1        | 133      | 13668   | 25      | 10      | 3743   | 157  | 25   | 64   | 43    | 0     | 0     |
| 7A      | 30-40  | 70  | 89      | 2        | 1   | 3,55    | 3        | 17       | 7774    | 9       | 10      | 2546   | 30   | 23   | 50   | 55    | 0     | 0     |
| 7A      | 40-80  | 56  | 45      | 1        | 1   | 3,79    | 889      | 102      | 9726    | 25      | 495     | 335    | 11   | 22   | 223  | 443   | 0     | 0     |

| Olsen-P | totaal-P | P-NaCl | FVG     | pH-NaCl | Al-t    | Ca-t  | Ca-NaCl     | Fe-t    | NO3-NaCl | NH4-NaCl |
|---------|----------|--------|---------|---------|---------|-------|-------------|---------|----------|----------|
| <200    | <1,5     | 0-4    | 0-12,5  | <4,0    | ≤150    | ≤10   | ≤2000       | ≤20     | <100     | <100     |
| 200-350 | 1,5-2,5  | 5-10   | 12,5-25 | 4,0-5,5 | 151-250 | 11-20 | 2000-4000   | 21-50   | 100-200  | 100-200  |
| 350-500 | 2,5-5    | >10    | >25     | 5,5-6,0 | 251-400 | 21-30 | 4000-8000   | 50-100  | 200-300  | 200-300  |
| 500-600 | 5-7      |        |         | >6,0    | 401-750 | 31-50 | 8000-15000  | 100-150 | >300     | >300     |
| 600-800 | 7-10     |        |         |         | >750    | 51-80 | 15000-40000 | 150-300 |          |          |
| >800    | >10      |        |         |         |         | >80   | >40000      | >300    |          |          |

## Locatie 1a

Locatie 1a was een relatief hooggelegen perceel op de flank van het beekdal. Het bodemprofiel bestond tot 150 cm onder maaiveld uit zand, waarvan de bovenste 30 cm de bouwvoor vormde. De GHG werd geschat op 75 cm onder maaiveld. Op het moment van monsternamen was de waterstand ongeveer 110 cm -mv.



*Figuur 6. Overzicht van locatie 1a (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

Uit de aanwezigheid van een vrij hoge concentratie aluminium in de totaal-destructie en in het oxalaatextract bleek dat het zand een vrij hoge siltfractie heeft. Hierdoor was er enig oppervlak aanwezig om fosfaat te binden. De concentratie fosfor in de bodem was echter tot op grote diepte vrij hoog: tot 40 cm diepte was deze tussen 10 en 20 mmol totaal-P/l bodem. Hierdoor was de beschikbaarheid van fosfaat zeer hoog: op 0-40 cm 7000 - 8000  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l. Op 40-50 cm diepte was de beschikbaarheid nog ongeveer 2500  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l en over de diepte tussen 50 en 80 nog gemiddeld 800  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l. De bouwvoor had een zeer hoge fosfaatverzadigingsgraad, waardoor het risico op fosfaatuitspoeling hoog is, zeker als de bouwvoor en de 10 cm eronder vernat zou worden. Opvallend was verder dat de bovenste 40 cm van de bodem met een pH-NaCl beneden 4,0 behoorlijk zuur was. Ook tot op 80 cm diepte was de bodem met een pH van 4,4 nog zuur. Daarnaast had de bouwvoor een hoge beschikbaarheid anorganisch stikstof (nitraat en ammonium), vooral in de bovenste 10 cm van de bodem.

### Advies

De fosfaatbeschikbaarheid is tot vrij diep in de bodem zo hoog dat de gewenste beheertypen niet gerealiseerd kunnen worden. Pas na afgraven van 50 cm van de bodem wordt een lagere voedselrijkdom bereikt, waarbij het niet duidelijk is of dit al op 50 cm diepte zou zijn, of pas op 60 of 70. Verschralen via maaien en afvoeren zou naar schatting circa 60-100 jaar in beslag nemen. Met uitmijnen zou dit ongeveer 4x zo snel kunnen. Als afgraven gecombineerd wordt met maaien en afvoeren of uitmijnen, zou dit sneller kunnen gaan. De uitgangspositie dan echter nog steeds erg zuur. Omdat dit een hooggelegen perceel is, zal er ook een droog natuurbeheertype op ontstaan. Voor soortenrijke types als droog schraalland is de bodem erg zuur, en zou er bijbekalkt moeten worden. De vraag op deze locatie is of de inspanning die nodig is om een geschikte abiotische uitgangspositie te creëren het resultaat waard is. Er zou hier ook ingezet kunnen worden op fauna- en kruidenrijk grasland. Ook dan moet er via maaien en afvoeren verschraald worden om een kruidenrijker systeem te krijgen. Bekalking is ook dan te adviseren.

## Locatie 1b

Locatie 1b lag eveneens vrij hoog in het landschap op de beekdalflank. De bovenste 40 cm bestond uit kleiig zand, waarvan de bovenste 30 cm de bouwvoor vormde. Beneden 40 cm diepte werd het zand omschreven als leemarm. De grondwaterstand was hoger dan bij 1a: de GHG werd geschat op 30 cm -mv en de GLG op 70 cm -mv. Op moment van monsternamen was de grondwaterstand 40 cm -mv.



*Figuur 7. Overzicht van locatie 1b (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

Uit de bodemanalyses bleek hier eveneens dat het zand een vrij hoge totaal-aluminiumpulverconcentratie had, en dus een grote siltfractie. Met name de bovenste 10 cm van de bodem was rijk aan fosfor (19 mmol/l bodem). De fosfaatbeschikbaarheid was vrij hoog: in de bovenste 10 cm 2500  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l, maar ook tot op 80 cm diepte nog 800-1600  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l. Door de grote aanwezigheid van aluminium- en ijzeroxides was de kans op uitspoeling echter matig, en tussen 20-50 cm diepte klein. De bodem was met een pH-NaCl tussen 4,5 en 5,0 vrij zuur. De beschikbaarheid van anorganische stikstof was vrij laag.

Net ten zuiden van locatie 1b is door Arcadis het ondiepe grondwater bemonsterd bij monsterpunt 10 (Nijborg en Besselink, 2021). Dit monsterpunt was lager gelegen dan locatie 1b en had een veenpakket op de zandondergrond. Ondanks de andere positie in het landschap, zegt de hier aangetroffen kwaliteit van het grondwater deels wel wat over de kwaliteit die bij 1b gezien zou kunnen worden, aangezien de grondwaterstroming waarschijnlijk vanaf deze flank richting monsterpunt 10 stroomt. Voor een ander deel zal dit grondwater echter ook beïnvloed zijn door het inziigende water vanuit de oxiderende veenlaag in de top. Het aangetroffen grondwater was erg zuur met een pH van 4,4 en was dus ook nauwelijks gebufferd. Het had een hoge nitraatconcentratie met bijna 500  $\mu\text{mol/l}$  en eveneens een vrij hoge sulfaatconcentratie (2400  $\mu\text{mol/l}$ ).

## Advies

Afgraven zonder aanvullende verschraling is hier niet zinvol, omdat de fosfaatbeschikbaarheid tot diep hoog is. Verschrallen via maaien en afvoeren zou hier ongeveer een halve eeuw duren. Het effectiefst lijkt hier om de bovenste 10-15 cm van de toplaag te verwijderen en aanvullende te verschalen middels maaien en afvoeren. Mogelijk kan hier dan vochtig hooiland gecreëerd worden. De pH is daarvoor iets aan de lage kant. Geadviseerd wordt om hier bij te bekijken.



## Locatie 1c

Locatie 1c was laaggelegen in het zuiden van de Polder Lappenvoort. De bovenste 25 cm van de bodem bestond hier uit lichte zavel met omgewerkt veen. Daaronder werd tot 70 cm diepte een laag kleiig veen aangetroffen op een dunne laag matig lichte zavel met resten veen (70-90 cm diepte). Het veenpakket was sterk veraard en betrof mogelijk veenmosveen. De bodem daaronder was zandiger met nog steeds een grote leem- of kleifractie. De GLG werd ingeschat op 80 cm onder maaiveld en de GHG op 10 cm diepte. Op het moment van monsternamen was de grondwaterstand ongeveer 20 cm diepte.



*Figuur 8. Overzicht van locatie 1c (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

Wat betreft chemische samenstelling verschilde de bovenste 10 cm van de bodem duidelijk van de bodem eronder. Deze toplaag was met 25% organische stof minder veenig en bevatte met 18 mmol/l bodem veel totaal-P. Ook de Olsen-P-concentratie was hoog: 1800  $\mu\text{mol/l}$ , en de toplaag bevatte veel nitraat en ammonium (samen 440  $\mu\text{mol/l}$  bodem). Hieronder was de bodem weniger tot op een diepte van 70 cm (25-60% organische stof). De fosfaatbeschikbaarheid was hier veel lager; 372  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l onderin de organische zavelaag en nog lager in het veen. Het was ook alleen de bovenste 10 cm die enig risico geeft op fosfaatuitspoeling, daaronder was de fosfaatverzadiging laag. In de veenlaag nam de beschikbaarheid van nitraat af met de diepte, maar de ammoniumconcentratie bleef vrij hoog. De pH van de bodem was laag: 4,8 in de bovenste 10 cm en 4,0-4,3 in het bodemmateriaal daaronder. Samenhangend met de lage pH, de hoge grondwaterstand en de kleiafzettingen in het gebied, was de concentratie NaCl-extraheerbaar mangaan vrij hoog, tot waardes van 335  $\mu\text{mol/l}$  bodem in de bovenste 10 cm van de bodem.

### Advies

Als er niet geplagd of ontgrond wordt, is de fosfaatbeschikbaarheid in de toplaag nu nog te hoog voor het ontwikkelen van de gewenste natuurtypen. Om voldoende fosfaat te verwijderen zou er voor gekozen kunnen worden om ofwel de bovenste 10-15 cm van de zavelige toplaag te verwijderen, of deze geheel af te graven (circa 25 cm), waarna de uitgangssituatie uit kleiig veen bestaat. In beide gevallen is de pH van de bodem laag. Hierop zou een soortenarm kleine zeggenmoeras (Verbond van zwarte zegge) ontwikkeld kunnen worden. Gezien de bodemsamenstelling (kleiig veen), is vochtig heischraal grasland niet te verwachten. Verschralen zonder afplaggen zou waarschijnlijk 40-50 jaar duren. De hoge mangaanconcentraties in de bodem zouden hier kunnen zorgen voor mangaanconcentraties in het maaisel boven de streefwaarde. Bekalking zou kunnen helpen om de pH omhoog te brengen, het perceel geschikter te maken voor doelsoorten

van nat schraalland en de concentratie plantbeschikbaar mangaan naar beneden te brengen, maar hier moet voorzichtig mee omgegaan worden om te voorkomen dat dit veenafbraak verder stimuleert. Het omhoog brengen van de zomergrondwaterstand kan ook voorkomen dat het veen verder afbreekt, wat ook helpt tegen verzuring.

### **Locatie 2a**

Locatie 2a is gelegen aan de noordzijde van Polder Lappenvoort. De locatie was laaggelegen, in een deel van de polders waar volgens modelberekeningen kwel op kan treden (Nijborg & Besselink, 2021). Er was hier sprake van een toplaag van 20 cm humeuze klei op een veenpakket dat tot ongeveer 1,45 m diepte strekte. Daaronder begon een laag met kleiig zand. Het veenpakket bevatte resten riet en was dus waarschijnlijk rietveen. Tot op 40 cm diepte was dit matig veraard, daaronder was het minder sterk veraard en bevatte het meer plantenresten. De geschatte GLG lag op 70 cm onder maaiveld en de GHG op of boven maaiveld. Op het moment van monsternamen was de grondwaterstand ongeveer 20 cm -mv.



*Figuur 9. Overzicht van locatie 2a (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

De humeuze kleilaag was rijk aan fosfor (circa 20 mmol/l) en had eveneens een hoge fosfaatbeschikbaarheid (circa 700-800  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem). Het veenpakket was veel armer aan fosfaat, en vanaf 40 cm diepte echt arm (30  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem). Het gehele doorgemeten profiel had een lage fosfaatverzadigingsgraad, en geeft dus weinig risico op uitspoeling. De humeuze klei en het veraarde veen waren zeer rijk aan nitraat (600-1900  $\mu\text{mol}$ /l bodem) en ammonium (700-1000  $\mu\text{mol}$ /l bodem). De humeuze klei was opvallend rijk aan ijzer (circa 600 mmol/l), zeker ten opzichte van aluminium. Dit duidt erop dat dit ijzer langdurig met kwel is aangevoerd, en niet alleen met de siltfractie (kleideeltjes) is gesedimenteerd. Het minder sterk veraarde deel van het veen bevatte weinig nitraat, maar wel nog een vrij hoge concentratie ammonium (circa 400  $\mu\text{mol}$ /l bodem), wat kan wijzen op anaerobe afbraak van het veen dat hier plaats vindt. De pH was laag, tussen 4,0 en 4,5 (laatste waarde in het diepe deel van het veenpakket).

Vlakbij locatie 2a werd door Nijborg & Besselink (2021) het ondiepe grondwater bemonsterd (monsterlocatie 5). Dit bleek water te zijn met een neutrale pH (6,3) en veel calcium (3250) en bicarbonaat (3280  $\mu\text{mol}$ /l) en was enigszins ijzerhoudend (circa 100  $\mu\text{mol}$ /l). Het is de vraag of



dit water momenteel langdurig tot in de toplaag van het perceel komt, gezien de veel zuurdere omstandigheden in de bodem tot op 80 cm diepte.

### **Advies**

Wat betreft voedselrijkdom en pH zou de locatie geschikt zijn voor de ontwikkeling van rietmoeras. De geschatte GLG is hiervoor echter veel te laag: 70 cm - mv, waar deze 40 of minder zou moeten zijn. Na afgraven van 10 cm zouden de voedselrijkdom en pH geschikter zijn voor de ontwikkeling van grote zeggenmoeras, dotterbloem hooiland, of elzenbroekbos, maar voor grote zeggenmoeras is de GLG eveneens te laag, en voor de andere twee typen is de pH te laag voor een goede ontwikkeling. Advies is om hier de 20 cm dikke humeuze kleilaag weg te halen. Verschralen zonder afgraven zou hier veel tijd in beslag nemen. Na afgraven zou hier een nat schraal-land kunnen worden gerealiseerd. Dit zou aan de zure kant zijn (verbond van zwarte zegge), maar als het zou lukken om hier een flinke kweldruk tot in maaiveld te realiseren, zou blauw-grasland ook mogelijk zijn.

### **Locatie 2b**

Locatie 2b lag in het midden van Polder Lappenvoort. De bovenste 20 cm bestond uit venige zware zavel, met daaronder een 110 cm dikke laag matig veraard rietveen. Op 130 cm -mv begon een sterk lemige zandlaag. De GLG werd ingeschat op 80 cm -mv en de GHG op 10 cm -mv. Op het moment van monsternamen was de waterstand 40 cm -mv.



*Figuur 10. Overzicht van locatie 2b (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

De zavelige toplaag had een hoge concentratie totaal-P (23 mmol/l bodem bovenin en 19 mmol/l bodem onderin) en hierdoor ook een hoge beschikbaarheid van fosfaat (1000-1400  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem). Van de bovenste 10 cm werd ingeschat dat er enig risico op fosfaatuitspoeling is. In de veenlaag was de P-concentratie lager; bovenin nog zo'n 7 mmol/l bodem, maar daaronder 2-3 mmol/l. Op 20-30 cm diepte was de Olsen-P-concentratie nog rond 200  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem, maar daaronder zelfs onder 100  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem. De zavelige toplaag bevatte veel nitraat, en de veenlaag door de hoge grondwaterstand vooral veel ammonium. De zavelige toplaag was zuur met een pH van 4,3. Hier was de beschikbaarheid van mangaan hoog. In het veen was de pH iets hoger, oplopend van 4,6 bovenin het veen tot 5,1 in de laag van 40-80 cm diepte. De mangaanbeschikbaarheid was hier veel lager.

### Advies

De zavelige toplaag is te voedselrijk om de gewenste natuurdoelen te bereiken. Als deze circa 20 cm dikke laag wordt afgegraven, is er al veel meer mogelijk. Verschralen via maaien en afvoeren zonder afplaggen zou hier zeker een eeuw in beslag nemen. De beschikbaarheid van nutriënten is na verwijdering van de toplaag zo laag dat er nat schraalland (verbond van zwarte zegge) zou kunnen worden ontwikkeld. Op plekken waar weinig klei in de bovengrond zit, zouden ook heischrale soorten hun intrede kunnen doen. Als er nog meer wordt ontgrond, circa 40 cm, dan is de bodem iets gebufferder en kunnen mogelijk ook blauwgraslandsoorten tot ontwikkeling komen. Voor heel specifieke soorten van blauwgrasland, zoals Spaanse ruiter, kan de ammoniumbeschikbaarheid echter te hoog zijn.

### Locatie 2c

Locatie 2c lag in het zuiden van polder Lappenvoort, vlakbij locatie 1c. De bodem bestond hier uit circa 10 cm kleiig zand, met daaronder een matig veraard rietveenpakket van 65 cm dik. De 10 cm eronder was kleiiger veen. Deze laag ging op 85 cm diepte over in een zandpakket, dat vanaf 115 cm -mv sterk lemig was. Daaronder werd zandig leem aangetroffen. Het grondwater stond op 60 cm -mv op het moment van monsternamen. De GLG werd ingeschat op 90 cm- mv en de GHG op 20.



*Figuur 11. Overzicht van locatie 2c (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

Tot 20 cm diepte bevatte de bodem veel fosfor (14-20 mmol/l bodem) en was ook de fosfaatbeschikbaarheid hoog (1000-2000  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem). In de bovenste 10 cm werd eveneens ingeschat dat er een risico is op fosfaatuitspoeling. De concentratie totaal-P was vanaf 20 cm diepte laag, net als de P-beschikbaarheid. Op de diepte waar de bodem zandiger en lemiger werd, was de beschikbaarheid wat hoger. De nitraatbeschikbaarheid was tot 20 cm diepte hoog en de ammoniumbeschikbaarheid vanaf 30 cm diepte. De bodem was zuur. De bovenste 20 cm had een pH-NaCl van 4,0; daaronder een pH van 4,3. Pas op 75 cm diepte nam de pH toe tot boven 4,8. Door de lage pH was ook de mangaanbeschikbaarheid vrij hoog met 150-200  $\mu\text{mol}$  Mn-NaCl/l bodem in de bovenste 20 cm.

### Advies

De zavelige bovenste 20 cm van de bodem is hier te voedselrijk om de gewenste natuurdoelen te bereiken. Bij afgraven van 20 cm van de bodem krijgt de bodem een voldoende arme uitgangspositie voor de ontwikkeling van de gewenste natuurtypen. De pH is echter erg laag. Ook hier zou een zuur kleine zeggenmoeras (verbond van zwarte zegge) ontwikkeld kunnen worden.

### **Locatie 4a**

Locatie 4a lag in het laaggelegen gedeelte van Polder Het Oosterland. De bovenste 20 cm van de bodem bestond uit humeuze lichte klei. Daaronder zat een matig veenpakket (rietveen) dat zich tot meer dan 150 cm diepte uitstreckte. De grondwaterstand op het moment van monsternamen was 30 cm -mv, met een geschatte GLG van 70 cm -mv en een GHG van 10 cm -mv.



*Figuur 12. Overzicht van locatie 4a (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

De bovenste 10 cm van de toplaag had een sterk verhoogde P-beschikbaarheid (totaal-P 20 mmol/l bodem, 950  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem, met enige kans op uitspoeling van fosfaat). Daaronder was de fosfaatbeschikbaarheid lager, hoewel de concentratie P-totaal op 10-20 cm diepte nog aan de hoge kant was met 9 mmol/l bodem. Nitraatconcentraties waren hoog in de bovensse 20 cm; daaronder waren ammoniumconcentraties hoog. De bovenste 20 cm van de bodem was zuur (pH-NaCl 4,0-4,5), maar vanaf 20 cm diepte lag de pH boven 5,0. Hierdoor was er ook een verschil in mangaanbeschikbaarheid: hoog in de bovenste 20 cm en veel lager daaronder.

Arcadis heeft vlakbij punt 4a het ondiepe grondwater bemonsterd (locatie 3) (Nijborg & Besselink (2021)). Dit grondwater had een pH van 6,1-6,2 en was gebufferd (bicarbonaatconcentratie 1700-2300  $\mu\text{mol/l}$ ). Opvallend was dat het water lage concentraties Na en Cl had (100 - 200  $\mu\text{mol/l}$ ), wat erop kan duiden dat het weinig door mensen beïnvloed is en mogelijk wat ouder water betreft. Modelberekeningen (Nijborg & Besselink, 2021) laten zien dat in het gebied rond het monsterpunt sprake kan zijn van kwel.

### **Advies**

Momenteel is de toplaag van de bodem nog zo rijk dat pitrus de vegetatie bepaalt. Bij 10 cm afplaggen zouden de omstandigheden geschikt zijn voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland. Afgraven van 20 cm van de toplaag zou zorgen voor een lagere fosfaatbeschikbaarheid en een hogere pH van de bodem. Ook is de beschikbaarheid van mangaan na afgraven van 20 cm



lager, waardoor er minder mangaan in het maaisel op zal hopen. De omstandigheden na afgraven van 20 cm zouden geschikt zijn voor een nat schraalgrasland met een kleine zeggen- of blauwgraslandgemeenschap. De kwaliteit van het grondwater, in combinatie met de gemodelleerde kwel, geven aan dat kwel hier voor aanvoer van bufferstoffen kan zorgen, mits de kwel tot in het maaiveld komt. Als de grondwaterstandfluctuatie verminderd kan worden, zal het veen minder snel veraarden en zal de ammoniumconcentratie verlaagd kunnen worden.

### **Locatie 4b**

Locatie 4b lag eveneens in Polder Het Oosterland, ten zuiden van monsterpunt 4a. De bodemopbouw leek op die van locatie 4a, met eerst 20 cm humeuze lichte klei, met daaronder een pakket van rietveen. Vanaf 90 cm diepte was dit veen slapper en had het een duidelijker vezeligere textuur en was het dus minder veraard. Op 140 cm diepte begon een pakket lichte zavel. De grondwaterstand op het moment van monsternamen was circa 25 cm onder maaiveld. De GHG werd geschat op maaiveldhoogte of daarboven, de GLG op 70 cm onder maaiveld.

Net als op locatie 4a was de bovenste 10 cm van de bodem sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 20 mmol/l bodem, 1300  $\mu$ mol Olsen-P/l bodem), met enig risico op fosfaatuitspoeling. Vlak daaronder was de fosfaatbeschikbaarheid lager (500  $\mu$ mol Olsen-P/l bodem), maar was er nog wel sprake van enige verrijking (11 mmol P/l bodem). De nitraatbeschikbaarheid was hoog in de bovenste 20 cm, terwijl de ammoniumbeschikbaarheid hoog was vanaf een diepte van 10 cm en dieper. De bovenste 10 cm van de bodem was met een pH van 4,3 wat zuur; hieronder was de pH met 4,9 hoger. Door de lage pH in de bovenste 10 cm, was de mangaanbeschikbaarheid met 300  $\mu$ mol/l bodem hoog.

Vlakbij locatie 4b nam Arcadis op punt 4 monsters uit het ondiepe grondwater. Dit water had een pH van 6,6 en was harder dan het monster op punt 3 (4500  $\mu$ mol/l bicarbonaat) en bevatte met 1800  $\mu$ mol/l iets meer calcium. Het monster was gezien de hoge concentraties ammonium, fosfaat en bicarbonaat beïnvloed door anaerobe afbraak in de veenlaag. Ook hier was er volgens de modellen sprake van kwel (Nijborg & Besselink, 2021).

### **Advies**

Bij ontgronden van 20 cm wordt er voldoende fosfaat afgevoerd om een voedselarme uitgangssituatie te creëren. De pH en de kwelsituatie geven kansen voor het ontwikkelen van nat schraalgrasland met elementen van blauwgraslandvegetaties.

### **Locatie 4c**

Locatie 4c lag aan de oostzijde van Polder Lappenvoort. De bovenste 20 cm bestond hier uit venige zware zavel. Hieronder was een 125 cm dikke rietveenlaag, die bovenin veraard was, maar vanaf 60 cm diepte minder veraard. Op 145 cm diepte begon een laag kleiig zand. De GHG kwam aan over boven maaiveld, de GLG was ongeveer 75 cm onder maaiveld. De grondwaterstand op moment van monsternamen was ongeveer 25 cm -mv.



*Figuur 13. Overzicht van locatie 4c (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

De bovenste 10 cm van de bodem was sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 20 mmol/l bodem, 1200  $\mu$ mol Olsen-P/l bodem), met enig risico op fosfaatuitspoeling. Vlak daaronder was de fosfaatbeschikbaarheid lager (400  $\mu$ mol Olsen-P/l bodem), maar was er nog wel sprake van enige verrijking (12 mmol P/l bodem). De nitraatbeschikbaarheid was met name hoog op 10-20 cm diepte, terwijl de ammoniumbeschikbaarheid hoog was vanaf een diepte van 30 cm en dieper. De bovenste 10 cm van de bodem was met een pH van 4,6 wat zuur; hieronder was de pH met 4,9, oplopend tot 5,3 hoger. Door de lage pH in de bovenste 10 cm, was de mangaanbeschikbaarheid hier 100  $\mu$ mol/l bodem.

#### **Advies**

De toplaag van de bodem was te rijk voor het realiseren van doeltypen. Met verwijderen van de bovenste 20 cm van de bodem wordt het uitgangsmateriaal voldoende laag in fosfaat en zou nat schraalland gerealiseerd kunnen worden. De pH zou dan ook voldoende hoog zijn voor de ontwikkeling van blauwgrasland, maar de ligging in een inzijgingssituatie (Nijborg & Besselink, 2021) geeft aan dat er geen sprake zal zijn van aanvoer van bufferstoffen met kwel. Dit kan op den duur tot verzuring leiden, waarbij een zuurdere kleine zeggengemeenschappen zich makkelijker stand kunnen houden. Indien er voldoende aanvoer van gebufferd water vanuit de sloten tot in maaiveld zal plaatsvinden, als de waterstand van de sloten hoger is dan die in het perceel, kan op die manier de buffering op peil worden gehouden. Dit zal vooral langs de slootranden zijn. Bekalken zou ook een maatregel kunnen zijn op het moment dat er verzuring op zou treden.

#### **Locatie 5a**

Locatie 5a lag in de Polder Lappenvoort. Hier lag een 20 cm dikke laag zware, venige zavel op een dik veenpakket dat tot meer dan 150 cm diepte strekte. Het rietveen was tot 80 cm diepte veraard en bevatte kleisporen. Vanaf 80 cm onder maaiveld was het veen intact. De GLG werd geschat op 80 cm -mv; de GHG op of boven maaiveld. Op het moment van monsternamen was de waterstand 30 cm -mv.



*Figuur 14. Overzicht van locatie 5a (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

Alleen in de bovenste 10 cm van de bodem was de fosfaatbeschikbaarheid echt verhoogd (15 mmol P/l bodem; circa 900  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem). Op 10-20 cm diepte was de fosfaatbeschikbaarheid lager met circa 180  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem, en daaronder nog lager. Nitraat was vooral in de bovenste 20 cm aan te treffen. Ammonium was met meer dan 1500  $\mu\text{mol/l}$  bodem dieper in de bodem (> 40 cm) zeer hoog, wat op veenafbraak duidt. De bovenste 20 cm van de bodem was zuur met een pH-NaCl van 4,3. Hierdoor was hier ook de mangaanbeschikbaarheid hoog (200-300  $\mu\text{mol/l}$  bodem). Daaronder was de pH met 4,6 iets hoger.

Vlakbij punt 5a werd door Nijborg & Besselink (2021) het ondiepe grondwater bemonsterd bij punt 12. Dit water had een pH van 6,9 en een bicarbonaatconcentratie boven 4000  $\mu\text{mol/l}$  en 1800  $\mu\text{mol/l}$  calcium. Het monster bevatte relatief weinig natrium en chloride, en was dus weinig antropogeen beïnvloed. Ammonium en sulfaat waren in het monster ook laag. Deze grondwaterkwaliteit is gunstig voor de ontwikkeling van de gewenste doeltypen, alleen treedt er volgens de modelleringen (Nijborg & Besselink, 2021) in deze zone van het gebied momenteel geen kwel op.

#### **Advies**

De toplaag van de bodem was voor de meeste doeltypen te rijk aan fosfaat, behalve voor -wat eutrofer- rietmoeras. Dit doeltypen zou hier alleen haalbaar zijn als de GLG veel hoger zou worden: deze is nu circa 80 cm -mv en zou voor rietmoeras maximaal 40 cm -mv moeten zijn. Geadviseerd wordt echter om 10-20 cm van de toplaag af te halen. De uitgangssituatie is dan geschikt voor de ontwikkeling van de gewenste mesotrofe doeltypen. De zuurgraad is echter op 10 cm diepte vrij hoog (pH vrij laag); bij afgraven van 20 cm is de pH al iets gunstiger. Bij natte omstandigheden kan nat schraalland ontwikkeld worden, dat dan wel aan de zure kant is (verbond van zwarte zegge). Als de hydrologie zodanig verbeterd kan worden dat er weer kwel aan maai-veld komt, zou ook blauwgrasland ontwikkeld kunnen worden.

#### **Locatie 5b**

Locatie 5b lag in het zuiden van polder Lappenvoort. De bovenste 65 cm van de bodem bestond uit veraard mosveen, waarvan met name de bovenste 20 cm sterk veraard was. Deze veenlaag lag op een 10 cm dikke laag lichte zavel, die daaronder overging in kleiig zand. De geschatte GLG



lag op 90 cm diepte, de GHG op 20. Op het moment van monsternamen was de grondwaterstand ongeveer 50 cm onder maaiveld.



*Figuur 15. Overzicht van locatie 5b (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

Op 0-10 en 10-20 cm diepte was de totaal-P-concentratie in de bodem verhoogd. Op 0-10 cm was deze 18 mmol/l bodem en op 10-20 cm diepte 9 mmol/l bodem. Hoewel de fosfaatbeschikbaarheid niet sterk verhoogd leek (0-10 cm diepte 500  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem en 10-20 circa 250  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem), was er in de bovenste 10 cm toch enig risico op uitspoeling. Vanaf 20 cm diepte was totaal-P met 3-5 mmol/l laag, en de fosfaatbeschikbaarheid eveneens. Nitraat was met name hoog in de bovenste 20 cm van de bodem. Ammoniumconcentraties waren laag. De pH was 4,3-4,6 (bovenin het laagst) en bovenin was er een wat verhoogde beschikbaarheid van mangaan.

### **Advies**

Op zich was de fosfaatbeschikbaarheid niet te hoog voor de ontwikkeling van wat rijkere natuurdoeltypen zoals dotterbloemhooiland, grote zeggenmoeras, rietmoeras of laagveenbos. Hiervoor is de pH wel aan de lage kant en zou de grondwaterstand wel flink omhoog moeten. Als dat al mogelijk zou zijn, zou dit ook een risico op fosfaatuitspoeling geven. Het lijkt daarom voor de hand liggender om de bovenste veraarde veenlaag van 20 cm af te graven, zodat de uitgangssituatie voor ontwikkeling niet te voedselrijk is voor schraler typen. De lage grondwaterstand (met name GLG), in combinatie met de relatief lage pH verkleint dan nog wel de kans op iets gebufferdere systemen die een aanvoer van basenrijk water met kwel nodig hebben. Waarschijnlijk zijn er ook hier kansen voor zuurdere kleine zeggengemeenschappen.

### **Locatie 6a**

Locatie 6a lag aan de oostzijde van de Glimmerpolder. De bovenste 10 cm bestond hier uit humeuze, lichte klei op een 100 cm dik rietveenpakket. Dit veen bevatte tot 50 cm diepte restjes klei en fijnere plantenresten; daaronder was het minder sterk veraard. Onder de veenlaag bevond zich een laag lichte zavel tot 140 cm diepte, met daaronder leemarm zand. De GLG werd ingeschat op 60 cm onder maaiveld, en de GHG op of boven maaiveld. Op het moment van monsternamen was de grondwaterstand ongeveer 20 cm onder maaiveld.



*Figuur 16. Overzicht van locatie 6a (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

De bovenste 10 cm van de bodem was sterk verrijkt met fosfor en had een totaal-fosforconcentratie van 21 mmol/l bodem en een fosfaatbeschikbaarheid van bijna 1800  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem. Met een fosfaatverzadigingsgraad van 12% was er ook enig risico op uitspoeling. Ook op 10-20 cm diepte was de concentratie totaal-fosfor nog verhoogd met 8 mmol/l, hoewel de fosfaatbeschikbaarheid op deze diepte wel laag was. Opvallend was dat er tot op 40-80 cm diepte nitraat aangetroffen werd, dus ook onder de grondwaterspiegel. Nitraat kan onder anaerobe condities veenafbraak stimuleren, maar ook voor de oxidatie van pyriet ( $\text{FeS}_x$ ) zorgen, wat tot sterke verzuring kan leiden. Op 40-80 cm diepte was de totaal-zwavelconcentratie hoog ten opzichte van het percentage organische stof. Dit kan er op wijzen dat hier vroeger ijzersulfiden zijn neergeslagen. Deze worden nu blootgesteld aan nitraatrijk grondwater, waardoor er verzuring op kan treden. De zuurgraad op 40-80 cm diepte wijst hier ook op: deze was 3,08, terwijl de pH daarboven juist opliep tot 4,2 bovenin de veenlaag en 4,1 in de toplaag. Ook op 10-20 cm diepte, de diepte tot waarop het grondwater stond op moment van monstername waren de effecten van pyrietoxidatie goed terug te zien in de waarden in het zoutextract. Er zat hier erg veel ijzer aan het adsorptiecomplex (3400  $\mu\text{mol}$ /l bodem) en ook werd er in het extract veel sulfaat (24241  $\mu\text{mol}$ /l bodem) aangetroffen. Dit sulfaat en ijzer zijn waarschijnlijk met de stijgende grondwaterstand mee omhoog gekomen en het ijzer is daarbij aan het wateroppervlak door oxidatie neergeslagen. Op een zelfde wijze kunnen sulfaat, en in mindere mate ook ijzer, uitspoelen naar de sloten op het moment dat het slootpeil lager is dan de stijghoogte in het perceel (Van Diggelen et al., 2020). Dit verklaart ook waarom in de sloten rond het monsterpunten ijzervlokken worden aangetroffen, terwijl er volgens de modellen geen sprake is van kwel (Nijborg & Besselink, 2021). De mangaanconcentratie was het hoogst in de bovenste 10 cm met ongeveer 400  $\mu\text{mol}$ /l bodem.

In de buurt van locatie 6a namen Nijborg & Besselink (2021) monsters uit het ondiepe grondwater bij monsterpunten 8 en 9. Monsterpunt 9 bevatte zeer zuur grondwater waarin de effecten van pyrietoxidatie goed terug te zien waren. Met name het iets diepere monster was met een pH van 3,9 erg zuur en ongebufferd en bevatte met bijna 7000  $\mu\text{mol}$ /l extreem veel sulfaat. Concentraties natrium en chloride waren laag, maar desondanks was het EGV met het bijna 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  zeer hoog, wat veroorzaakt werd door de hoge concentratie sulfaat, met als positief geladen ionen calcium en magnesium die door de verzuring waren uitgespoeld. De ijzerconcentratie was hier extreem hoog met ongeveer 1000  $\mu\text{mol}$ /l. Dit zal in het ondiepste monster van locatie 8 is ook pyrietoxidatie te zien: hier is de pH 5,9 en de sulfaatconcentratie 7000, en het EGV 1200,

eveneens met lage natrium- en chlorideconcentraties, wat ook hier aangeeft dat het sulfaat niet afkomstig is van oude zoutlenzen, maar van pyrietoxidatie. Ook hier lag de ijzerconcentratie rond 1000  $\mu\text{mol/l}$ .

#### **Advies**

De toplaag van de bodem is veel te rijk aan fosfaat voor de ontwikkeling van de gewenste doeltypen. De lichte klei is hier met een pH van 4,1 niet sterk verzuurd. Beneden circa 40 cm diepte is de bodem echter sterk verzuurd door pyrietoxidatie. Omdat dit monster over een diepte van 40-80 cm is gestoken, is echter niet te zeggen op welke diepte deze pyrietlaag precies begint. Onder de huidige hydrologische omstandigheden is er geen geschikte uitgangssituatie voor de doeltypen te creëren. Er zou enerzijds voor gekozen kunnen worden om de huidige toplaag te laten zitten en door middel van maaien en afvoeren verder te verschralen. Er zou dan vooral kruidenrijk grasland kunnen ontstaan. Bij afgraven van 20 cm is het fosfaatgehalte voldoende laag voor de ontwikkeling van nat schraalland, maar de bodem is hier dan weer een stukje zuurder en daarmee zelfs te zuur voor het verbond van zwarte zegge. Voor het ontwikkelen van vochtige heide zakt de grondwaterstand nu nog te diep weg, maar als de hydrologie hersteld is, zou er als pilot gekeken worden welke zuurdere typen hier gerealiseerd kunnen worden. Als er voor gekozen wordt om om te vormen naar bos, dan zou berkenbroekbos hier wat betreft zuurgraad beter passen dan Elzenbroekbos.

#### **Locatie 6b**

Locatie 6b lag ook in de Glimmerpolder, dichterbij het centrum, en had een wat ander profiel dan 6a. De bovenste 20 cm bestond hier uit venige zware zavel. Daaronder werd een relatief klein veenpakket aangetroffen van 30 cm veraard rietveen. Hieronder was er op 50-95 cm diepte sprake van kleiig zand, dat naar beneden overging in leemarm zand. De GLG werd ingeschat op 70 cm -mv en de GHG op maaiveldhoogte. De grondwaterstand was ten tijde van de monstername ongeveer 20 cm onder maaiveld.



*Figuur 17. Overzicht van locatie 6b (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

De zavelige toplaag van 20 cm dik was licht aangerijkt met fosfaat en had op 0-10 cm diepte een P-Olsenconcentratie van 700  $\mu\text{mol/l}$  bodem (totaal-P 15 mmol/l bodem) en op 10-20 cm diepte

van 480  $\mu\text{mol/l}$  (12 mmol P/l bodem). Vanuit de bovenste 10 cm was er enig risico op fosfaatuitspoeling. In de veenlaag en de onderliggende zavelaag was de fosfaatbeschikbaarheid laag (66-275  $\mu\text{mol/l}$  bodem). De ammoniumbeschikbaarheid in de bovenste 35 cm was hoog. Op 10-35 cm was de nitraatconcentratie laag, maar dieper in de bodem werd deze concentratie weer hoger. Over de gehele diepte was de bodem zuur met een pH tussen 3,5 en 4. Hoewel er geen sterk pyriethoudende laag werd aangetroffen, duiden de hoge sulfaatconcentraties in het NaCl-extract rond waterstandshoogte en de lage pH wel op de effecten van sulfideoxidatie. Door de lage pH was de concentratie NaCl-extraheerbaar mangaan ook hoog.

Vrij dichtbij locatie 6b werd door Nijborg & Besselink (2021) het ondiepe grondwater bemonsterd bij monsterpunt 7. Ook dit grondwater was bovenin zuur met een pH van 4,7 en vertoonde duidelijk de effecten van pyrietoxidatie met een sulfaatconcentratie van meer dan 2000  $\mu\text{mol/l}$  bij lage concentraties natrium en chloride, en een hoge ijzerconcentratie, al waren de waarden minder extreem dan op locaties 8 en 9.

#### Advies

De toplaag van de bodem is te zuur voor het realiseren van wat minder schrale doeltypen, zoals grote zeggenmoeras, dotterbloemhooiland, moerasbos en rietmoeras. Daarnaast was voor moerasontwikkeling de GLG te laag. Voor schralere typen was de bodem, naast te zuur, ook te voedselrijk. Na afgraven van de zavelige toplaag is de onderliggende veenlaag arm genoeg voor het ontwikkelen van nat schraalland. De pH is hier echter dan nog steeds te laag voor blauwgrasland of kleine zegge-vegetatie. Gekeken zou kunnen worden of er vochtige heide ontwikkeld zou kunnen worden. Als er voor gekozen wordt om om te vormen naar bos, dan zou berkenbroekbos hier wat betreft zuurgraad beter passen dan Elzenbroekbos. Het laten zitten van de toplaag levert hier, in tegenstelling tot bij locatie 6a geen voordeel op voor de zuurgraad, aangezien ook de toplaag zeer zuur is.

### **Locatie 7**

Locatie 7 lag als enige locatie in het zuiden van de Polder Oosterland. De bodem bestond hier uit een 20 cm dikke laag humeuze klei op een dik veenpakket dat zich tot meer dan 150 cm diep uitstreckte. Tot op circa 80 cm was dit rietveen enigszins veraard; daaronder was het grofvezeliger. Vanaf 125 cm diepte bevatte de veenlaag meer klei. De GLG werd ingeschat op 70 cm -mv en de GHG rond maaiveld. Op moment van monsternamen was de grondwaterstand ongeveer 25 cm -mv.





*Figuur 18. Overzicht van locatie 7 (links) en bodemprofiel van deze locatie (rechts).*

Met name de bovenste 10 cm van de bodem was sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 20 mmol/l bodem; Olsen-P 1600  $\mu\text{mol/l}$  bodem). Hier was er enig risico op fosfaatuitspoeling. Iets daaronder was de fosfaatbeschikbaarheid al iets lager, en vanaf de overgang naar het veen was deze echt laag. Bovenin het profiel was wat ammonium aanwezig, maar niet extreem veel, en geen nitraat. Op 40-80 cm diepte was de nitraatconcentratie bijzonder hoog met circa 900  $\mu\text{mol/l}$  bodem. Dit was eveneens de diepte waarop er aanwijzingen waren voor een pyrietlaag: de totaal-zwavelconcentratie was hier meer dan 400 mmol/l bodem, en totaal-ijzer bijna 900 mmol/l bodem. De bodem was over het gehele doorgemeten profiel zuur met een pH van 3,6-3,8. De concentratie NaCl-extraheerbaar mangaan was het hoogst op 40-80 cm diepte (bijna 500  $\mu\text{mol/l}$  bodem). In de sloten rondom het monsterpunt werden ijzervlokken aangetroffen (Nijborg & Besselink, 2021). Op deze locatie wijst dat duidelijk op het uitspoelen van ijzer dat bij pyrietoxidatie is vrijgekomen. Ook bovenin de bodem, op 10-20 cm diepte, werd veel ijzer aangetroffen aan het adsorptiecomplex (circa 1500 Fe-NaCl  $\mu\text{mol/l}$  bodem).

### **Advies**

De toplaag van de bodem is momenteel te rijk voor vochtig hooiland en nat schraalland en ook iets te rijk voor kievitsbloemhooiland. De pH is voor alle hier beoogde typen te laag. Bij afplaggen van een dun laagje zou de voedselrijkdom geschikt worden voor kievitsbloemhooiland, en ook de grondwaterstanden zouden daarvoor geschikt zijn, maar de pH van de bodem blijft dan veel te laag. Advies is daarom om hier de 20 cm dikke laag humeuze klei te verwijderen. Er komt dan voedselarm veen aan het oppervlak. De pH van het gehele profiel is echter erg laag; te laag voor nat schraalland. Er zou na afgraven van de voedselrijke toplaag gekeken kunnen worden of er hier vochtige heide kan worden ontwikkeld. Als er voor gekozen wordt om om te vormen naar bos, dan zou berkenbroekbos hier wat betreft zuurgraad beter passen dan Elzenbroekbos.



## Conclusies

### *Voedselrijkdom*

De huidige toplaag van de bodem was op de meeste bemonsterde plekken te voedselrijk voor het realiseren van zowel schralere als minder schrale doeltypen. Afgezien van locatie 1a concentreerde de fosfaatverrijking zich in het gebied tot de toplaag van de bodem. Voor het realiseren van de doeltypen had meestal maar 10-20 cm van de toplaag een te hoge beschikbaarheid van fosfaat. Meestal kwam dit overeen met het klei- of zaveldek dat bovenop het veenpakket lag. In de huidige vegetatie is de voedselrijkdom goed terug te zien: op sommige plekken is er een sterke dominantie van pitrus of van grassen van voedselrijke omstandigheden, zoals rietgras. De vraag is echter in hoeverre de onderzochte situaties representatief zijn voor de gehele polder. Tien van de 14 onderzochte locaties waren in bezit van natuurbeheerorganisaties Natuurmonumenten en Staatbosbeheer, terwijl de een groot deel van de polder nog in agrarisch bezit en beheer is. Dit zou kunnen betekenen dat door langduriger en recentere bemesting in andere percelen de fosfaatbeschikbaarheid in de toplaag hoger zou kunnen zijn, er hogere risico's op fosfaatspoeling bij vernatting zouden kunnen zijn. Ook zou de uitspoeling van nitraat groter kunnen zijn. Naast fosfaat in de toplaag kan ook een hoge concentratie ammonium in de bodem slecht zijn voor soorten die hier gevoelig voor zijn (De Graaf et al., 2009). Dit ammonium zit niet zozeer in de toplaag, maar kan over het hele profiel van de veraardende veenlaag in een hoge concentratie aanwezig zijn. Dit geldt zowel gevoelige soorten van blauwgraslanden, zoals Spaanse ruiter (Lucassen et al., 2003), als voor soorten die karakteristiek voor nat heischraal grasland (De Graaf et al., 2009).

### *Hydrologie*

De hoogste waterstanden in de percelen komen op of rond maaiveld. Ook in natte periodes in de zomer, zoals tijdens de monsternamen in augustus 2021, staat het grondwater hoog. In de bodem is echter te zien dat het grondwater in lage periodes erg diep wegzakt. Tijdens het veldwerk voor dit onderzoek door ATKB werd de GLG op de meeste plaatsen ingeschat op 70-90 cm onder maaiveld. Nijborg & Besselink (2021) schatten de GLG nog zelfs veel lager in: op de door hen gemeten transecten werd de GLG op veel plaatsen zelfs dieper dan 1,5 m onder maaiveld ingeschat. Dit is niet het natuurlijke waterstandsverloop in het gebied. Het zeer dikke pakket aan rietveen (of zeggeveen, zoals in Nijborg & Besselink wordt ingeschat), kan alleen ontstaan zijn onder permanent natte omstandigheden, waarbij het geproduceerde plantmateriaal niet verteerde, en onder de waterspiegel veen vormde. De ligging in het landschap op de plek waar de Drentse Aa van het zandlandschap naar het minder verhangende kleilandschap over gaat, ingeklemd tussen de ruggen van Tynaarlo en het uiteinde van de Hondsrug, waarvandaan enige kwel te verwachten is, wijzen ook op een historisch permanent natte situatie. Hoewel er nog sprake is van een omgekeerd peilbeheer en op sommige plekken een diepe drainagebasis, wijzen Nijborg & Besselink (2021) erop dat dit niet de verklaring kan zijn voor het diep wegzakken van de grondwaterstanden in de percelen. In de winter is het oppervlaktewaterpeil hoog, maar door de slechte doorlatendheid van de bodem, komt dit water niet tot midden in het perceel. De dichtbij gelegen drinkwaterwinning heeft op deze lage GLG waarschijnlijk wel een grote invloed.

Het huidige grondwaterstandverloop is ongunstig voor de mogelijkheden voor het creëren van natte natuurtypen. Voor de meeste typen nat schraalland en vochtig hooiland is een GLG van circa 80 cm onder maaiveld ongeveer de maximale laagste optimale grondwaterstand. Dit zijn echter standen die in het zandlandschap voor kunnen komen, en niet in het veen en kleigebied. Het is niet zeker of deze typen ook bij dit soort lage standen in het veen gerealiseerd kunnen worden. In koopveengronden op zegge- of rietveen, zoals hier aanwezig zijn, is 40 cm -mv een gebruikelijke GLG, met uitlopers tot maximaal 60-70 cm -mv (Waternood, versie 3). Voor grote zeggemoeras of rietmoeras is de huidige GLG ook veel te laag. Hiervoor zijn permanent natte omstandigheden nodig met een GLG van niet dieper dan 40-50 cm onder maaiveld.

## **Verzuring**

Door het gehele gebied is er sprake van verzuring. Deze verzuring wordt veroorzaakt door lage grondwaterstanden, waarbij er oxidatie van veen plaatsvindt, en oxidatie van ijzerverbindingen die zich in de klei en zavel bevinden. Bij afbraak van veen komen voedingsstoffen (fosfaat, ammonium en kalium) vrij, wat een eutrofiërend effect kan hebben op de vegetatie. Onder invloed van zuurstof kan het ammonium verder oxideren tot nitraat, waarbij zuur vrijkomt. Dit nitraat kan gemakkelijk uitspoelen naar het grondwater, waar het onder de grondwaterspiegel als elektronenacceptor gebruikt kan worden bij gebrek aan zuurstof, en ook onder de grondwaterspiegel voor veenafbraak kan zorgen.

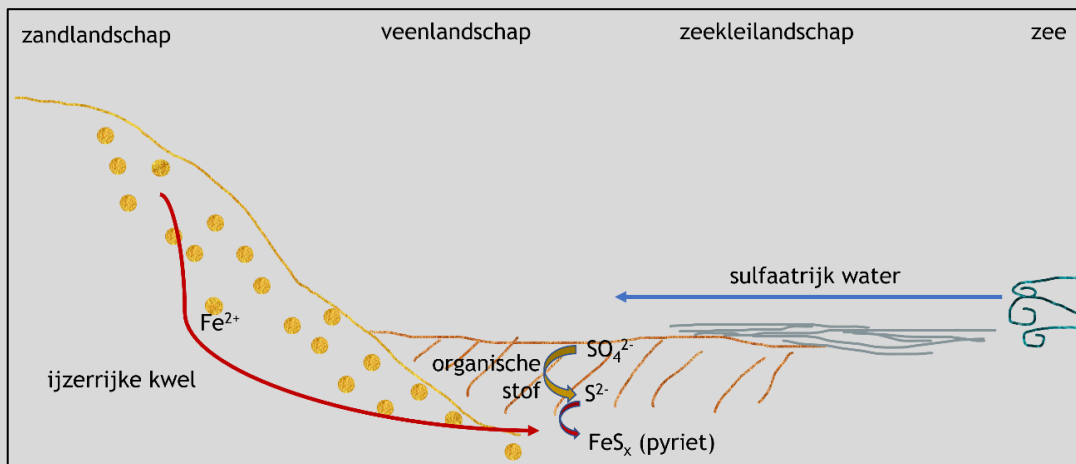
In het oosten van het gebied (Glimmerpolder en Polder Oosterland) zijn sterke aanwijzingen voor de oxidatie van pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) in de ondergrond. Hierdoor ontstaat een sterke verzuring. De lage grondwaterstanden in het gebied, kunnen er voor zorgen dat het pyriet, dat al op een diepte boven de GHG aanwezig is, oxideert. In de bodem werd echter ook dieper in het profiel, beneden de grondwaterstand ten tijde van de bemonstering, nog nitraat aangetroffen. Nitraat is een elektronenacceptor die ook pyriet kan oxideren. Het is niet duidelijk waar dit nitraat in deze polders vandaan komt. Bij locatie 6A was de nitraatconcentratie in de toplaag hoog, maar op locatie 7 was er juist geen nitraat in de toplaag aanwezig, maar alleen onderin het profiel. Op locatie 6A zou er sprake kunnen zijn van uitspoeling van nitraat vanuit de vroeger bemeste toplaag. Op locatie 7 is dit niet waarschijnlijk. Het is dus de vraag waar dit nitraat vandaan komt. Eén mogelijke bron is de oxidatie van veen boven de waterspiegel, waarbij nitraat ontstaat. Een andere mogelijke bron is het naastgelegen Noord-Willemskanaal, van waaruit er kanaalkwel op zou kunnen treden naar de percelen in de Glimmerpolder en de Polder Oosterland. Het is van belang te achterhalen wat de bron is van dit nitraat, omdat de pyrietoxidatie pas zal stoppen als zowel de invloed van zuurstof op de pyrietlaag, als de invloed van nitraat gestopt is. Daarnaast is het belangrijk om een gedetailleerder beeld te krijgen van de aanwezigheid van pyriet in de polders. Nu is er slechts op enkele plekken in de Glimmerpolder en Polder Oosterland geboord. Hierbij is alleen het deel tot 80 cm onder maaiveld chemisch geanalyseerd, waarvan het onderste deel alleen over een grote lengte (van 40 à 50 cm diepte tot 80 cm diepte). Het is daardoor niet bekend op welke diepte de pyrietlaag begint en ook niet of deze zich dieper uitstrekt dan 80 cm onder maaiveld. Op de plekken in deze polders waar de veenlaag zich tot dieper uitstrekt dan tot 80 cm onder maaiveld is het aannemelijk dat er ook beneden de 80 cm onder maaiveld pyriet bevindt.

## Pyrietoxidatie

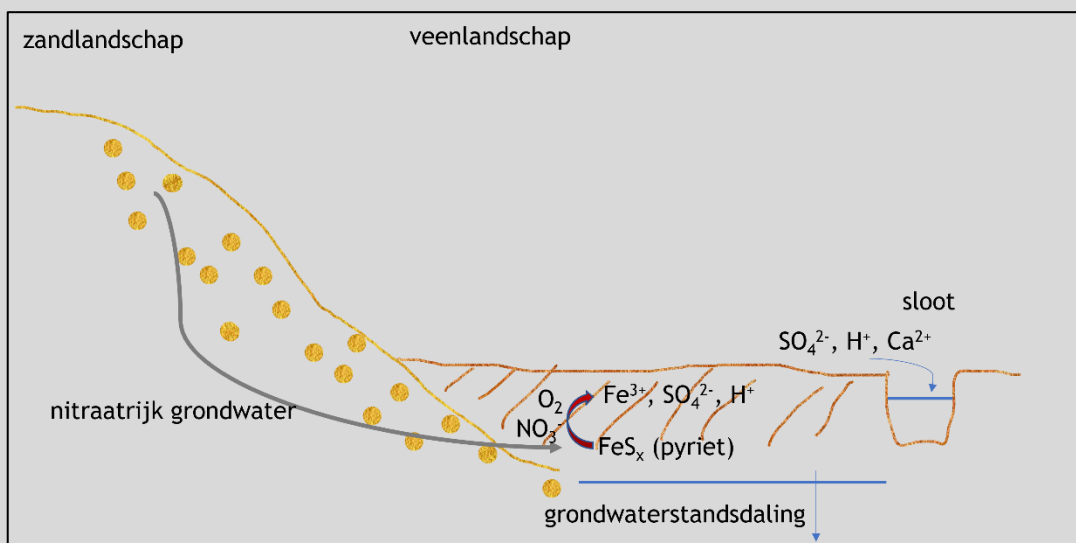
Pyriet ( $\text{FeS}_x$ ; meestal  $\text{FeS}_2$ ) ontstaat als er hoge concentraties sulfaat worden gereduceerd, waarbij sulfide ontstaat. Bij aanwezigheid van ijzer slaat dit sulfide met het ijzer neer als pyriet. Hoge pyrietconcentraties in de bodem worden in Nederland veel aangetroffen op de overgangen van het veen- naar het zeekleilandschap waar er vroeger intrusies met zout of brak water waren (Van der Grift & Stuyfzand, 2019; Vink et al., 2010). Dit (zee-)water bevat veel sulfaat. Onder natte omstandigheden is dit sulfaat vervolgens gereduceerd door het aanwezig organisch materiaal (veen). Dit sulfide vormde vervolgens een neerslag met ijzer. Veel ijzer is bijvoorbeeld te vinden op plekken waar van oudsher ijzerrijke kwel optrad (figuur 11).

Het aanwezig pyriet kan ook weer geoxideerd worden. Als er zuurstof door kan dringen tot de pyrietlaag, doordat bijvoorbeeld de grondwaterstand daalt, wordt pyriet omgezet in sulfaat, protonen (zuur) en gereduceerd of geoxideerd ijzer (figuur 12). Het zuur wordt gebufferd door kalk (calciumcarbonaat) in de bodem, en als dat er niet is, door bicarbonaat in het bodemwater en door uitwisseling tegen kationen aan het adsorptiecomplex, zoals calcium en magnesium. Daarbij gaan de protonen aan het kationadsorptiecomplex zitten, en komen calcium en magnesium in het poriewater terecht, waarna ze samen met het gevormde sulfaat en overgebleven protonen uit kunnen spoelen naar het grondwater of naar aanpalende sloten. Hierdoor blijft er in de bodem steeds minder bufferend vermogen over. Het ijzer blijft als minder mobiel ijzer(hydr)oxide achter in de bodem. Als het pyriet niet volledig geoxideerd wordt, maar alleen het sulfide omgezet wordt in sulfaat en het ijzer tweewaardig ijzer blijft, is het ijzer mobiel. Het kan dan van dieper in de bodem meegevoerd worden naar het grensvlak tussen grondwater en de onverzadigde zone. Door het zuurstof dat hier aanwezig is, oxideert het ijzer hier wel naar driewaardig ijzer, waarbij ook weer zuur vrijkomt. Hierdoor kunnen pyrietlagen dieper in de bodem ook een verzurende werking hoger in de bodem hebben. Naast zuurstof kan ook nitraat zorgen voor oxidatie van pyriet. Hierdoor vindt er momenteel veel pyrietoxidatie plaats op plaatsen waar grondwater dat door uitspoeling uit landbouwgronden verrijkt is met nitraat de pyrietlagen raakt.

De uitspoeling van zuur water naar de sloten bij pyrietoxidatie kan het aquatische milieu sterk beïnvloeden. In de Groene Waterparel, een polder in Zuid-Holland tussen Rotterdam en Gouda, is het slootmilieu door pyrietoxidatie zodanig zuur geworden dat er vensoorten van de Oeverkruidklasse groeien, zoals vlottende bies en kleinste egelskop (Van Diggelen et al., 2020). Bij deze sloten is in chemische samenstelling een groot verschil te zien tussen de momenten waarop de sloten de percelen draineren en er uitspoeling vanuit de percelen naar de sloten plaatsvindt, waarbij de pH onder 3 kan dalen, en de momenten waarop er water vanuit de sloten de percelen intrekt (Van Diggelen et al., 2020).



Figuur 19. Schematische weergave van het ontstaan van pyriet.



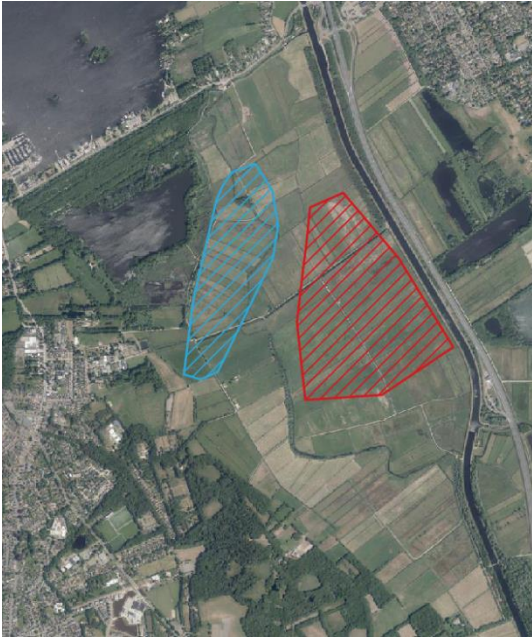
Figuur 20. Schematische weergave van de oxidatie van pyriet.

Als er pyrietoxidatie optreedt in klei, kunnen gele vlekken ontstaan die bestaan uit jarosiet (kaliumijzersulfaat). Deze zure klei, die een hoge beschikbaarheid van toxische zware metalen heeft, heet kateklei. In de klei in de Polders Oosterland zijn visueel nog geen kateklei-verschijnselen waargenomen. Op de lange termijn zou hier echter wel kateklei kunnen ontstaan.

### **Buffering**

De doeltypen die voor de Polders Oosterland gepland zijn, hebben een matig zure tot neutrale pH nodig. Daartoe is er buffering nodig, om de zuurvormende processen te compenseren. Deze buffering kan geleverd worden door de bodem zelf, maar deze blijkt al tamelijk verzuurd te zijn in de Polders Oosterland. De aanwezige klei of zavel is met een totaal-calciumconcentratie die regelmatig onder de 50 ligt, erg arm aan calcium. Mogelijk is een deel van de oorspronkelijk aanwezige calcium al door verzuring uitgespoeld. Hierdoor is aanvoer van buffering via water noodzakelijk. Veel van de doeltypen zijn natuurtypen die hun buffering meestal ontvangen door gebufferd water dat in het winterseizoen tot in maaiveld komt. Op die manier kan de bodem weer opgeladen worden met basische kationen. Overstroming met oppervlaktewater kan hier ook een rol in spelen. Voor kievitsbloemhooilanden kan overstroming een essentiële rol spelen en ook voor rietmoerassen, grote zeggenmoerassen en vochtig hooiland zou overstroming met basenrijk oppervlaktewater een positief effect kunnen hebben, mits dit oppervlaktewater arm is aan nutriëntenrijk slib. In het noorden van de Polder Lappenvoort en net ten zuiden van de Eelder Schipsloot in deze polder is een positieve kweldruk gemodelleerd (Nijborg & Besselink, 2021). De grondwaterkwaliteit is hier eveneens gunstig. Mits kwel tot in het toekomstige maaiveld komt, lijken hier de kansen voor het realiseren van de doeltypen, met name nat schraalland, gunstig (figuur 21). Het gebied met de minst gunstige situatie is gelegen in de Glimmerpolder en (een gedeelte van) de Polder Oosterland. Hier is er, in elk geval in een gedeelte van het gebied, sprake van verzuring door pyrietoxidatie. De grootste hoeveelheid pyriet bevindt zich hier niet in de bovengrond, maar iets dieper in het veen, waardoor het de wortelzone van onderaf verzuurt. Momenteel is de zuurgraad nog zodanig dat er wel planten groeien. Er zijn echter katekleigronden bekend waar de bodem na afgraven geheel open blijft vanwege de zeer lage pH (med. Van Diggelen & Smolders). Gezien de hoeveelheid pyriet die op enkele decimeters diepte werd aangetroffen, is de bodem hier nog lang niet uitverzuurd. Alleen als het lukt om de pyrietoxidatie te stoppen, kan deze verzuring gestopt worden.





*Figuur 21. Zone met hoge potentie voor de ontwikkeling van nat schraalland na afgraven (blauw) en zone met risico op verzuring door pyrietoxidatie (rood). De ligging en grootte van de zones is indicatief.*

### **Mangaantoxiciteit**

Mangaantoxiciteit is een probleem dat al enige tijd in de Polder Oosterland wordt geconstateerd (Loeb et al., 2017). De kleilagen die in de polders zijn afgezet, bevatten op zich niet meer mangaan dan elders, maar doordat er hier sprake is van zure en natte omstandigheden, is het mangaan beter opneembaar voor de vegetatie. Ook in de polders Lappenvoort en de Glimmerpolder werden hoge concentraties in het NaCl-extract aangetroffen, waardoor er een risico bestaat dat ook de vegetatie op deze percelen hoge mangaanconcentraties kan bevatten. Ook elders in Nederland worden dergelijk hoge concentraties in de bodem gezien in natte, wat zuurdere systemen die deels op klei of leem liggen, zoals in sommige elzenbroekbossen. In de Polder Oosterland vormen deze concentraties echter een probleem, omdat het maaisel van de graslanden als diervoeding wordt gebruikt. Bij de verwerking van het maaisel van de percelen in de polders Oosterland moet er dan ook rekening mee gehouden worden dat dit maaisel niet gebruikt kan worden als diervoeding, of moeten de mangaangehaltes eerst doorgemeten worden. Het verhogen van de pH helpt tegen mangaantoxiciteit. Er zal dan minder mangaan in oplosbare vorm aanwezig zijn en minder in de vegetatie terecht komen.

### **Bekalken**

Op plekken waar er geen buffering via water aangevoerd kan worden, zou er bekalkt kunnen worden met dolokalk om de buffering op peil te brengen. Hiermee kan de pH in de bovengrond zodanig verhoogd worden dat er gebufferdere vormen van nat schraalland en vochtig hooiland gerealiseerd kunnen worden. Bekalken zal ook helpen tegen mangaantoxiciteit in bovengrond. Het bekalken moet zorgvuldig gevolgd worden, zodat gecontroleerd kan worden dat het niet leidt tot extra veenaafbraak. Ook moet dan blijken hoe vaak het bekalken herhaald moet worden. Op de plekken met pyrietafbraak moet er rekening mee gehouden worden dat de wat diepere bodem nog steeds zuur blijft bij bekalken en dat dieper wortelende soorten - zoals struiken en bomen - beïnvloed zullen worden door de lagere pH.

## **Maatregelen**

### **Afgraven en/of verschralen**

Omdat de toplaag op de meeste plekken te voedselrijk is voor het realiseren van zowel schrale als minder schrale doelen, lijkt in het grootste deel van de polder het afgraven van de bovenste 20 cm de beste oplossing. Hierbij is de uitgangssituatie dan meestal geschikt om een schraal uitgangstype te creëren. Meestal zou dit betekenen dat het klei- of zaveldek verwijderd wordt, en dat er een veenlaag aan het oppervlak komt. Verschralen door maaien en afvoeren of door middel van uitmijnen zal op veel van de onderzochte locaties erg lang duren. Ook bestaat daarbij het risico dat pitrus die zich eenmaal gevestigd heeft, zich bij verschraling kan handhaven. Bij de keuze voor verschralen of afgraven moet ook het beoogde natuurbeheertype meegenomen worden: kievitsbloemhooiland groeit meestal beter op een klei-, zavel- of zanddek op veen en minder vaak direct op veengrond. Andersom worden natte schraallanden vooral aangetroffen op zand- of veenbodem en niet op zware klei. Afgraven kan ook voorkomen dat er tijdens natte perioden fosfaat uitspoelt uit de toplaag van de bodem, die momenteel nu overwegend een matig risico op fosfaatuitspoeling heeft. Ook kan een voordeel zijn dat het maaiveld lager komt te liggen, zodat de laagste grondwaterstanden gelijk hoger komen te liggen ten opzichte van maaiveld. Het laten liggen van de kleiige toplaag kan volgens Nijborg & Besselink (2021) echter ook juist als voordeel hebben dat in droge perioden de verdamping vanuit de bodem lager is en de grondwaterstand in de percelen juist minder snel wegzakt. Ook zal in de zone van de Glimmerpolder en Polder Oosterland waar er waarschijnlijk pyriet in de ondergrond zit, op sommige plekken de kleilaag een iets hogere pH hebben dan de veenlaag eronder, en zorgt het hogere maaiveld ervoor dat planten met hun wortels minder snel in de zone wortelen die sterk door pyriet beïnvloed wordt.

### **Verhoging van de grondwaterstand**

Zoals ook door Nijborg & Besselink (2021) is aangegeven, moet de grondwaterstand, met name de gemiddeld laagste stand, worden verhoogd om de natuurdoelen te kunnen halen. Het verhogen van de grondwaterstand in de percelen is daarnaast van belang om de veenafbraak (veenoxidatie) te stoppen. Daarnaast is grondwaterstandsverhoging zeer dringend nodig in de zone waar pyriet in de ondergrond zit en dit pyriet nu een deel van het jaar boven de grondwaterspiegel ligt. Deze pyrietoxidatie levert veel meer verzuring op dan de verzuring door de veenoxidatie. Indien er sprake is van kanaalkwel, kan grondwaterstandsverhoging in dit gebied ook de kweldruk vanuit het kanaal kunnen verminderen, waardoor ook een eventuele aanvoer van nitraat met deze kwel wordt verminderd.

### **Pilots op sterk verzuurde bodem**

Het is niet duidelijk wat het best op de door pyrietoxidatie verzuurde bodems kan worden ontwikkeld. Het is niet zeker of de pyrietoxidatie op korte termijn gestopt kan worden en in dat geval zou het nuttig kunnen zijn om met pilots uit te proberen wat er ontwikkeld kan worden en welke maatregelen kunnen helpen tegen verzuring. Er kan dan gedacht worden aan pilots met afgraven in combinatie met het uitrijden van maaisel en plagsel van vochtige heide, of op zeer natte plekken met het aanbrengen van bultvormende veenmossoorten om te kijken of er een ontwikkeling naar hoogveen ingezet kan worden. Dit zijn niet de typen die op deze locaties in het beekdal oorspronkelijk te verwachten zouden zijn, maar de bodem is hier inmiddels zodanig

verzuurd dat de geplande types (zie tabel 1) hier niet gerealiseerd kunnen worden zonder sterke anti-verzuringsmaatregelen. Anti-verzuringsmaatregelen zoals bekalken of begreppelen om meer contact met het oppervlaktewater te maken, zouden met pilots onderzocht kunnen worden, zodat beoordeeld kan worden of het toch mogelijk is om gewenste typen alsnog te realiseren. De kansen voor het realiseren van zuurdere types worden wel beperkt doordat er in de toekomst mogelijk weer inundaties vanuit de beek op zullen treden en doordat de polder een noodbergingsspolder is. Deze zuurdere types verdragen geen overstroming met gebufferd, voedselrijk water.

#### **Maaisel aanbrengen**

Veel van de gewenste soorten zijn nu niet of nauwelijks in het gebied aanwezig. Aan de andere kant zijn er juist veel diasporen van ongewenste soorten, zoals pitrus, in het gebied beschikbaar. Om te voorkomen dat deze ongewenste soorten na afgraven snel de kale bodem kunnen koloniseren en ander soorten niet in staat zijn om het gebied te bereiken ondanks de verbeterde abiotiek, kan het best vers maaisel van doelvegetaties worden aangebracht op de afgegraven bodem.

## Literatuur

Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen, 2016. Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. Vakblad Natuur Bos Landschap maart: 10-13.

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

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

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

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

Hommel, P., E. Brouwer, E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & R.W. de Waal, 2006. Selectie van ecologisch relevante bodemeigenschappen; Een verkennend onderzoek aan de hand van 92 SBB-referentiepunten. Alterra-rapport 1445. Alterra, Wageningen.

Kemmers, R., P. Bolhuis, E.J. Lammers & B. de Jong, 2008. Voorkomen en bestrijden van Pitrusdominantie in natte schraallanden. Praktijkexperiment Gees. Alterra-rapport 1620, Alterra, Wageningen.

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

Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs, 2005. Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. H2O 38(17): 28-30.

Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs, 2009. Verpitruissing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. De Levende Natuur 110 (1): 43-46.

Loeb, R. 2015. Bodemchemisch onderzoek Kievitsbloemhooilanden Buitenlanden Langenholte en Maatgraven. B-ware-rapport 2015.29. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.

Loeb, R., 2014. Bodemchemisch onderzoek Kievitsbloemhooilanden Buitenlanden Langenhalte. B-ware-rapport 2014.17. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.

Loeb, R., J.H. van der Heide, F. Smolders & R. van de Haterd, 2017. Inschatting effecten peilscenario's op biogeochemische processen en natuurwaarden in polder Oosterland. KenB rapport 2017-094. Koeman en Bijkerk bv, Haren.

Loeb, R., L. Kuijpers, C.J.H. Peters, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2009. Nutrient limitation along eutrophic rivers? Roles of N, P and K input in a species-rich floodplain hay meadow. *Applied Vegetation Science* 12: 362-375.

Lucassen, E.C.H.E.T., R. Bobbink, A.J.P. Smolders, P.J.M. van der Ven, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2003. Interactive effects of low pH and high ammonium levels responsible for the decline of *Cirsium dissectum* (L.) Hill. *Plant Ecology* 165: 45-52.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs, 2009. Herstel van schraal-graslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.

Nijborg, N. & D. Besselink, 2021. Watersysteemanalyse Polder Oosterland Lappenvoort. Systeem-beschrijving en effectbeoordeling streefbeelden. D10018046:296. Arcadis, Assen.

Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dpt. of Agriculture circular 939.

Poelen M. & E.C.H.E.T. Lucassen, 2010. Onderzoek naar de fosfaatrijkdom in (voormalige) kievitsbloemhooilanden nabij Landgoed Soeslo. B-ware-rapport 2010.22. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.

Runhaar J., B.R. Raterman en W.J. Zaadnoordijk, 2014. Inundatieregime kievitsbloemhooilanden langs het Zwarte Water. KWR 2014.1056. KWR, Nieuwegein.

Runhaar, H. & S. Hennekens, 2014. Waternood, Hydrologische randvoorwaarden Natuur, versie 3.

Runhaar, J., R.C.M. Verdonschot, C. Swinkels, E.C.H.E.T. Lucassen, R. Loeb & A.J.P. Smolders, 2019. Ontwikkeling broekbossen OBN227-BE, VBNE, Driebergen.

Sival, F., R. Kemmers, P. Bolhuis & B. de Jong, 2011. Natuur- en Pitrusontwikkeling in het beekdal van de Geeserstroom. Bodemtoestand 3-5 jaar na inrichting. Alterra-rapport 2129, Alterra, Wageningen.

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

Timmermans, B., N. van Eekeren, E. Finke & F. Smeding, 2010. Evenwichtige verschraling van natuurpercelen. Eindverslag 2007-2009. Lois Bolk Instituut, Zeist.

Van den Broek, T., M. van der Welle, A. Smolders & M. Bilius, 2010. Terugkeer van paarsgeblokte weelde. Herstelplan voor Kievitsbloemen rond Gouda. *Vakblad Natuur Bos Landschap* september 2010: 14-19.



Van der Grift B. & P.J. Stuyfzand, 2019. Uitloging geochemisch buffervermogen ondergrond. BTO 2019.036. KWR, Nieuwegein.

Van Diggelen, J.M.H., Y.J.M. Verstijnen, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders, 2020. Uniek verschijnsel in de Groene Waterparel. Katteklei in de bodem leidt tot vegetaties van Oeverkruid-klasse in boerensloten. Landschap 2020 (2): 87-97.

Van Mullekom, M., E. Brouwer & M. Poelen, 2009. Kievitsbloemhooilanden Salland-West. B-ware-rapport 2009.18. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.

Vink J., B. van der Grift, Ch. Schmidt, 2010. Arseen in het lokale grondwater van Nederland en indelingen voor regionale beoordeling. 1203842-000. Deltares, Utrecht/Delft.

## **Bijlage 1 Boorprofielen**

Deze bijlage wordt apart verzonden.

## Bijlage 1 Resultaten bodemanalyses

*Coördinaten locaties.*

| locatie | x      | y      |
|---------|--------|--------|
| 1a      | 234613 | 574322 |
| 1b      | 234952 | 573813 |
| 1c      | 235914 | 573112 |
| 2a      | 234796 | 574298 |
| 2b      | 235526 | 573572 |
| 2c      | 236024 | 573195 |
| 4a      | 235105 | 575092 |
| 4b      | 234816 | 574652 |
| 4c      | 235156 | 574103 |
| 4d      |        |        |
| 5a      | 235795 | 573722 |
| 5b      | 236297 | 573210 |
| 6a      | 235775 | 574713 |
| 6b      | 235505 | 574221 |
| 7a      | 235622 | 575133 |

Textuurbeschrijving, vochtpercentage, bodemdichtheid, organische stofpercentage, en concentraties Olsen-P ( $\mu\text{mol/l}$  bodem).

| locatie | diepte | om% | vocht% | bodemdh | Olsen |
|---------|--------|-----|--------|---------|-------|
| 1A      | 0-10   | 4   | 6      | 1,1     | 6764  |
| 1A      | 20-30  | 3   | 8      | 1,3     | 7883  |
| 1A      | 30-40  | 2   | 8      | 1,3     | 6954  |
| 1A      | 40-50  | 2   | 8      | 1,4     | 2577  |
| 1A      | 50-80  | 1   | 10     | 1,4     | 839   |
| 1B      | 0-10   | 8   | 25     | 1,0     | 2485  |
| 1B      | 20-30  | 5   | 23     | 1,2     | 1007  |
| 1B      | 30-40  | 4   | 20     | 1,4     | 792   |
| 1B      | 40-50  | 1   | 16     | 1,5     | 801   |
| 1B      | 50-80  | 0   | 16     | 1,6     | 1583  |
| 1C      | 0-10   | 25  | 46     | 0,6     | 1798  |
| 1C      | 15-25  | 45  | 67     | 0,3     | 372   |
| 1C      | 25-35  | 61  | 77     | 0,2     | 157   |
| 1C      | 35-45  | 67  | 81     | 0,2     | 149   |
| 1C      | 45-70  | 56  | 74     | 0,3     | 86    |
| 1C      | 70-80  | 3   | 23     | 1,4     | 392   |
| 2A      | 0-10   | 41  | 54     | 0,4     | 812   |
| 2A      | 10-20  | 43  | 57     | 0,4     | 655   |
| 2A      | 20-30  | 57  | 72     | 0,3     | 244   |
| 2A      | 30-40  | 72  | 78     | 0,2     | 89    |
| 2A      | 40-80  | 72  | 83     | 0,2     | 31    |
| 2B      | 0-10   | 35  | 54     | 0,5     | 1379  |
| 2B      | 10-20  | 44  | 60     | 0,4     | 1037  |
| 2B      | 20-30  | 63  | 74     | 0,3     | 203   |
| 2B      | 30-40  | 58  | 79     | 0,2     | 87    |
| 2B      | 40-80  | 59  | 78     | 0,2     | 59    |
| 2C      | 0-10   | 20  | 38     | 0,7     | 2124  |
| 2C      | 10-20  | 45  | 56     | 0,4     | 1173  |
| 2C      | 20-30  | 71  | 73     | 0,2     | 177   |
| 2C      | 30-75  | 51  | 81     | 0,2     | 50    |
| 2C      | 75-85  | 18  | 46     | 0,8     | 238   |
| 2C      | 85-95  | 5   | 25     | 1,2     | 518   |
| 4A      | 0-10   | 55  | 63     | 0,3     | 950   |
| 4A      | 10-20  | 61  | 68     | 0,3     | 322   |
| 4A      | 20-30  | 73  | 80     | 0,2     | 42    |
| 4A      | 30-40  | 59  | 80     | 0,2     | 62    |
| 4A      | 40-80  | 57  | 79     | 0,2     | 56    |
| 4B      | 0-10   | 44  | 64     | 0,4     | 1278  |
| 4B      | 10-20  | 54  | 67     | 0,3     | 420   |
| 4B      | 20-30  | 66  | 75     | 0,2     | 120   |

| locatie | diepte | om% | vocht% | bodemdh | Olsen |
|---------|--------|-----|--------|---------|-------|
| 4B      | 30-40  | 66  | 77     | 0,2     | 91    |
| 4B      | 40-80  | 73  | 82     | 0,2     | 20    |
| 4C      | 0-10   | 32  | 60     | 0,5     | 1205  |
| 4C      | 10-20  | 45  | 63     | 0,4     | 388   |
| 4C      | 20-30  | 69  | 78     | 0,2     | 70    |
| 4C      | 30-40  | 72  | 80     | 0,2     | 51    |
| 4C      | 40-60  | 67  | 82     | 0,2     | 55    |
| 4C      | 60-80  | 74  | 83     | 0,2     | 31    |
| 5A      | 0-10   | 59  | 66     | 0,3     | 874   |
| 5A      | 10-20  | 47  | 76     | 0,2     | 178   |
| 5A      | 20-30  | 73  | 81     | 0,2     | 73    |
| 5A      | 30-40  | 62  | 81     | 0,2     | 65    |
| 5A      | 40-80  | 44  | 77     | 0,2     | 92    |
| 5B      | 0-10   | 54  | 64     | 0,4     | 511   |
| 5B      | 10-20  | 65  | 72     | 0,3     | 243   |
| 5B      | 20-30  | 71  | 80     | 0,2     | 85    |
| 5B      | 30-40  | 53  | 78     | 0,2     | 128   |
| 5B      | 40-65  | 47  | 75     | 0,3     | 92    |
| 5B      | 65-75  | 8   | 34     | 1,0     | 475   |
| 6A      | 0-10   | 6   | 56     | 0,4     | 1775  |
| 6A      | 10-20  | 58  | 68     | 0,3     | 357   |
| 6A      | 20-35  | 62  | 80     | 0,2     | 138   |
| 6A      | 35-50  | 63  | 83     | 0,2     | 113   |
| 6A      | 50-80  | 66  | 86     | 0,1     | 72    |
| 6B      | 0-10   | 55  | 61     | 0,4     | 702   |
| 6B      | 10-20  | 67  | 66     | 0,4     | 480   |
| 6B      | 20-35  | 49  | 72     | 0,3     | 275   |
| 6B      | 35-50  | 64  | 79     | 0,2     | 66    |
| 6B      | 50-80  | 3   | 26     | 1,3     | 164   |
| 7A      | 0-10   | 40  | 52     | 0,4     | 1603  |
| 7A      | 10-20  | 56  | 64     | 0,3     | 445   |
| 7A      | 20-30  | 36  | 74     | 0,3     | 297   |
| 7A      | 30-40  | 70  | 81     | 0,2     | 89    |
| 7A      | 40-80  | 56  | 85     | 0,1     | 45    |

*Totaalconcentraties (destructie) van aluminium, calcium, ijzer, kalium, magnesium, mangaan, fosfor, zwavel, silicium en zink (mmol/l bodem).*

| locatie | diepte | Al  | Ca  | Fe  | K  | Mg | Mn | P  | S   | Si | Zn |
|---------|--------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|
| 1A      | 0-10   | 75  | 7   | 29  | 4  | 5  | 1  | 16 | 8   | 12 | 0  |
| 1A      | 20-30  | 115 | 5   | 33  | 5  | 6  | 1  | 20 | 8   | 15 | 0  |
| 1A      | 30-40  | 170 | 4   | 28  | 6  | 9  | 1  | 14 | 5   | 16 | 0  |
| 1A      | 40-50  | 218 | 5   | 27  | 8  | 13 | 1  | 7  | 5   | 15 | 0  |
| 1A      | 50-80  | 235 | 4   | 26  | 8  | 14 | 1  | 4  | 4   | 15 | 0  |
| 1B      | 0-10   | 137 | 26  | 124 | 4  | 6  | 3  | 19 | 14  | 11 | 0  |
| 1B      | 20-30  | 205 | 16  | 93  | 5  | 5  | 1  | 7  | 10  | 15 | 0  |
| 1B      | 30-40  | 265 | 15  | 57  | 6  | 8  | 0  | 5  | 8   | 16 | 0  |
| 1B      | 40-50  | 301 | 11  | 38  | 9  | 17 | 0  | 7  | 5   | 16 | 0  |
| 1B      | 50-80  | 253 | 9   | 36  | 10 | 18 | 0  | 10 | 3   | 12 | 0  |
| 1C      | 0-10   | 136 | 37  | 105 | 5  | 11 | 1  | 18 | 38  | 8  | 0  |
| 1C      | 15-25  | 57  | 49  | 41  | 2  | 3  | 1  | 6  | 53  | 4  | 0  |
| 1C      | 25-35  | 52  | 33  | 23  | 1  | 2  | 0  | 3  | 43  | 3  | 0  |
| 1C      | 35-45  | 62  | 24  | 14  | 1  | 2  | 0  | 3  | 23  | 2  | 0  |
| 1C      | 45-70  | 143 | 22  | 6   | 1  | 3  | 0  | 3  | 25  | 2  | 0  |
| 1C      | 70-80  | 334 | 10  | 36  | 9  | 22 | 0  | 4  | 10  | 18 | 0  |
| 2A      | 0-10   | 109 | 43  | 634 | 4  | 12 | 1  | 23 | 40  | 5  | 0  |
| 2A      | 10-20  | 106 | 61  | 633 | 4  | 11 | 1  | 19 | 46  | 5  | 0  |
| 2A      | 20-30  | 54  | 73  | 145 | 2  | 7  | 1  | 7  | 52  | 4  | 0  |
| 2A      | 30-40  | 15  | 70  | 87  | 1  | 3  | 1  | 3  | 42  | 2  | 0  |
| 2A      | 40-80  | 4   | 62  | 61  | 0  | 3  | 1  | 2  | 49  | 1  | 0  |
| 2B      | 0-10   | 122 | 67  | 234 | 4  | 9  | 2  | 23 | 48  | 7  | 0  |
| 2B      | 10-20  | 128 | 72  | 239 | 5  | 11 | 2  | 19 | 50  | 6  | 0  |
| 2B      | 20-30  | 36  | 102 | 139 | 1  | 4  | 2  | 7  | 48  | 4  | 0  |
| 2B      | 30-40  | 73  | 54  | 55  | 6  | 13 | 1  | 3  | 47  | 3  | 0  |
| 2B      | 40-80  | 71  | 54  | 95  | 6  | 17 | 0  | 2  | 122 | 3  | 0  |
| 2C      | 0-10   | 94  | 23  | 78  | 5  | 12 | 1  | 14 | 32  | 6  | 0  |
| 2C      | 10-20  | 153 | 52  | 182 | 6  | 17 | 1  | 20 | 53  | 5  | 0  |
| 2C      | 20-30  | 21  | 59  | 70  | 1  | 4  | 1  | 4  | 51  | 2  | 0  |
| 2C      | 30-75  | 60  | 40  | 60  | 4  | 10 | 0  | 3  | 113 | 3  | 0  |
| 2C      | 75-85  | 65  | 25  | 36  | 1  | 2  | 0  | 2  | 50  | 6  | 0  |
| 2C      | 85-95  | 217 | 23  | 30  | 5  | 8  | 0  | 3  | 14  | 15 | 0  |
| 4A      | 0-10   | 148 | 51  | 200 | 6  | 13 | 1  | 20 | 42  | 5  | 0  |
| 4A      | 10-20  | 74  | 88  | 166 | 2  | 5  | 1  | 9  | 45  | 4  | 0  |
| 4A      | 20-30  | 11  | 77  | 51  | 0  | 2  | 1  | 2  | 38  | 2  | 0  |
| 4A      | 30-40  | 38  | 65  | 44  | 2  | 9  | 0  | 2  | 39  | 3  | 0  |
| 4A      | 40-80  | 47  | 67  | 78  | 4  | 18 | 0  | 2  | 98  | 3  | 0  |
| 4B      | 0-10   | 123 | 59  | 134 | 6  | 14 | 1  | 21 | 45  | 4  | 0  |
| 4B      | 10-20  | 91  | 106 | 144 | 3  | 10 | 2  | 11 | 53  | 5  | 0  |



| locatie | diepte | Al  | Ca  | Fe  | K  | Mg | Mn | P  | S   | Si | Zn |
|---------|--------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|
| 4B      | 20-30  | 33  | 102 | 67  | 1  | 5  | 1  | 4  | 49  | 3  | 0  |
| 4B      | 30-40  | 19  | 92  | 53  | 1  | 3  | 1  | 3  | 46  | 3  | 0  |
| 4B      | 40-80  | 7   | 90  | 41  | 0  | 3  | 0  | 2  | 48  | 1  | 0  |
| 4C      | 0-10   | 170 | 67  | 160 | 11 | 36 | 3  | 20 | 30  | 5  | 0  |
| 4C      | 10-20  | 132 | 127 | 170 | 8  | 28 | 3  | 12 | 44  | 6  | 0  |
| 4C      | 20-30  | 14  | 105 | 47  | 1  | 7  | 1  | 4  | 46  | 3  | 0  |
| 4C      | 30-40  | 9   | 91  | 42  | 1  | 6  | 1  | 3  | 37  | 2  | 0  |
| 4C      | 40-60  | 7   | 81  | 39  | 1  | 5  | 1  | 2  | 36  | 2  | 0  |
| 4C      | 60-80  | 4   | 82  | 25  | 0  | 5  | 0  | 1  | 66  | 1  | 0  |
| 5A      | 0-10   | 125 | 68  | 122 | 6  | 16 | 2  | 15 | 54  | 5  | 0  |
| 5A      | 10-20  | 43  | 82  | 73  | 2  | 5  | 1  | 5  | 57  | 4  | 0  |
| 5A      | 20-30  | 14  | 72  | 41  | 1  | 2  | 0  | 2  | 53  | 2  | 0  |
| 5A      | 30-40  | 40  | 60  | 51  | 2  | 8  | 0  | 3  | 98  | 3  | 0  |
| 5A      | 40-80  | 110 | 69  | 64  | 8  | 27 | 0  | 4  | 88  | 4  | 0  |
| 5B      | 0-10   | 94  | 98  | 210 | 4  | 14 | 2  | 18 | 74  | 6  | 0  |
| 5B      | 10-20  | 62  | 89  | 100 | 3  | 11 | 2  | 9  | 63  | 3  | 0  |
| 5B      | 20-30  | 19  | 71  | 61  | 0  | 6  | 1  | 3  | 54  | 2  | 0  |
| 5B      | 30-40  | 57  | 65  | 67  | 3  | 12 | 1  | 5  | 81  | 4  | 0  |
| 5B      | 40-65  | 56  | 49  | 65  | 1  | 8  | 0  | 4  | 111 | 3  | 0  |
| 5B      | 65-75  | 107 | 39  | 51  | 2  | 7  | 0  | 4  | 57  | 11 | 0  |
| 6A      | 0-10   | 205 | 41  | 144 | 11 | 34 | 2  | 21 | 42  | 6  | 0  |
| 6A      | 10-20  | 85  | 81  | 127 | 4  | 14 | 2  | 8  | 68  | 4  | 0  |
| 6A      | 20-35  | 52  | 39  | 56  | 3  | 7  | 0  | 3  | 58  | 3  | 0  |
| 6A      | 35-50  | 27  | 39  | 52  | 1  | 4  | 0  | 2  | 67  | 3  | 0  |
| 6A      | 50-80  | 12  | 37  | 58  | 0  | 3  | 0  | 1  | 134 | 1  | 0  |
| 6B      | 0-10   | 139 | 47  | 166 | 8  | 16 | 0  | 15 | 47  | 5  | 0  |
| 6B      | 10-20  | 107 | 70  | 248 | 4  | 10 | 0  | 12 | 58  | 5  | 0  |
| 6B      | 20-35  | 123 | 55  | 107 | 6  | 15 | 0  | 6  | 48  | 4  | 0  |
| 6B      | 35-50  | 26  | 36  | 62  | 1  | 1  | 0  | 2  | 38  | 2  | 0  |
| 6B      | 50-80  | 24  | 25  | 23  | 2  | 0  | 0  | 2  | 28  | 7  | 0  |
| 7A      | 0-10   | 226 | 18  | 174 | 12 | 32 | 3  | 20 | 35  | 4  | 0  |
| 7A      | 10-20  | 108 | 42  | 122 | 5  | 11 | 1  | 9  | 67  | 4  | 0  |
| 7A      | 20-30  | 157 | 25  | 64  | 11 | 23 | 0  | 4  | 43  | 3  | 0  |
| 7A      | 30-40  | 30  | 23  | 50  | 1  | 1  | 0  | 2  | 55  | 2  | 0  |
| 7A      | 40-80  | 11  | 22  | 223 | 0  | 1  | 0  | 1  | 443 | 1  | 0  |

*pH en concentraties in het zoutextract (µmol/l bodem)*

| locatie | diepte | pH   | NO3- | NH4+ | Al   | Ca    | Fe  | K   | Mg   | Mn  | P  | S    | Si  |
|---------|--------|------|------|------|------|-------|-----|-----|------|-----|----|------|-----|
| 1A      | 0-10   | 3,78 | 224  | 161  | 572  | 3053  | 6   | 193 | 780  | 102 | 22 | 140  | 54  |
| 1A      | 20-30  | 3,7  | 164  | 62   | 968  | 1781  | 3   | 241 | 309  | 43  | 39 | 148  | 65  |
| 1A      | 30-40  | 3,89 | 115  | 29   | 1094 | 1145  | 2   | 259 | 169  | 46  | 6  | 151  | 59  |
| 1A      | 40-50  | 4,15 | 92   | 27   | 972  | 723   | 1   | 305 | 98   | 35  | 0  | 164  | 89  |
| 1A      | 50-80  | 4,4  | 63   | 5    | 604  | 639   | 0   | 296 | 110  | 7   | 0  | 156  | 68  |
| 1B      | 0-10   | 4,76 | 3    | 47   | 84   | 11338 | 0   | 90  | 965  | 19  | 0  | 120  | 78  |
| 1B      | 20-30  | 4,58 | 17   | 8    | 415  | 7508  | 0   | 171 | 227  | 8   | 0  | 140  | 98  |
| 1B      | 30-40  | 4,6  | 13   | 18   | 366  | 6694  | 1   | 204 | 221  | 7   | 0  | 158  | 112 |
| 1B      | 40-50  | 4,66 | 24   | 10   | 297  | 4041  | 0   | 202 | 140  | 3   | 0  | 180  | 105 |
| 1B      | 50-80  | 4,67 | 27   | 73   | 221  | 2601  | 0   | 185 | 110  | 1   | 0  | 207  | 105 |
| 1C      | 0-10   | 4,76 | 405  | 134  | 448  | 12061 | 20  | 70  | 1917 | 239 | 0  | 343  | 199 |
| 1C      | 15-25  | 4,16 | 244  | 100  | 290  | 14675 | 12  | 206 | 960  | 166 | 0  | 456  | 146 |
| 1C      | 25-35  | 4,07 | 142  | 130  | 263  | 13161 | 12  | 237 | 926  | 134 | 0  | 378  | 150 |
| 1C      | 35-45  | 4    | 14   | 236  | 112  | 9432  | 2   | 145 | 1118 | 73  | 0  | 585  | 151 |
| 1C      | 45-70  | 4,17 | 1    | 184  | 249  | 7083  | 90  | 165 | 1148 | 54  | 0  | 493  | 146 |
| 1C      | 70-80  | 4,26 | 0    | 506  | 329  | 4039  | 224 | 569 | 1076 | 30  | 0  | 337  | 179 |
| 2A      | 0-10   | 4,43 | 631  | 966  | 299  | 13622 | 92  | 220 | 797  | 241 | 0  | 1158 | 423 |
| 2A      | 10-20  | 4,06 | 1867 | 858  | 272  | 21958 | 16  | 80  | 699  | 151 | 0  | 1896 | 228 |
| 2A      | 20-30  | 4,28 | 1268 | 708  | 119  | 21163 | 16  | 35  | 972  | 127 | 0  | 2238 | 112 |
| 2A      | 30-40  | 4,51 | 1006 | 824  | 75   | 20903 | 12  | 34  | 1018 | 125 | 0  | 2327 | 115 |
| 2A      | 40-80  | 4,52 | 23   | 449  | 22   | 17159 | 13  | 109 | 1298 | 132 | 0  | 2936 | 99  |
| 2B      | 0-10   | 4,3  | 347  | 140  | 209  | 20635 | 10  | 42  | 638  | 321 | 0  | 1367 | 160 |
| 2B      | 10-20  | 4,29 | 592  | 210  | 83   | 27528 | 11  | 30  | 781  | 208 | 0  | 1787 | 167 |
| 2B      | 20-30  | 4,63 | 391  | 656  | 25   | 22769 | 2   | 61  | 744  | 82  | 0  | 1601 | 118 |
| 2B      | 30-40  | 4,76 | 35   | 998  | 27   | 17811 | 0   | 103 | 941  | 96  | 0  | 1320 | 233 |
| 2B      | 40-80  | 5,05 | 1    | 952  | 1    | 15652 | 41  | 132 | 1446 | 49  | 0  | 1924 | 250 |
| 2C      | 0-10   | 4    | 637  | 135  | 455  | 10141 | 17  | 93  | 1744 | 147 | 0  | 947  | 68  |
| 2C      | 10-20  | 4,01 | 755  | 131  | 457  | 18504 | 15  | 91  | 1487 | 199 | 0  | 2434 | 89  |
| 2C      | 20-30  | 4,33 | 240  | 67   | 67   | 17276 | 15  | 79  | 1272 | 96  | 0  | 2930 | 63  |
| 2C      | 30-75  | 4,32 | 8    | 655  | 67   | 15974 | 38  | 137 | 1913 | 124 | 0  | 3786 | 363 |
| 2C      | 75-85  | 4,84 | 1    | 755  | 27   | 16611 | 52  | 166 | 2351 | 102 | 0  | 1942 | 263 |
| 2C      | 85-95  | 4,92 | 2    | 833  | 30   | 10714 | 60  | 222 | 1752 | 63  | 0  | 311  | 143 |
| 4A      | 0-10   | 4,08 | 828  | 227  | 343  | 14195 | 73  | 56  | 694  | 307 | 0  | 308  | 99  |
| 4A      | 10-20  | 4,51 | 576  | 140  | 158  | 21551 | 18  | 34  | 242  | 120 | 0  | 413  | 81  |
| 4A      | 20-30  | 5,01 | 11   | 565  | 18   | 18372 | 6   | 51  | 383  | 85  | 0  | 566  | 65  |
| 4A      | 30-40  | 5,15 | 0    | 472  | 40   | 17221 | 4   | 76  | 871  | 49  | 0  | 587  | 96  |
| 4A      | 40-80  | 5,14 | 1    | 565  | 3    | 18027 | 66  | 117 | 1812 | 65  | 0  | 918  | 115 |

| locatie | diepte | pH   | NO3- | NH4+ | Al   | Ca    | Fe   | K   | Mg   | Mn  | P | S     | Si  |
|---------|--------|------|------|------|------|-------|------|-----|------|-----|---|-------|-----|
| 4B      | 0-10   | 4,26 | 718  | 142  | 264  | 17724 | 28   | 27  | 739  | 302 | 0 | 648   | 237 |
| 4B      | 10-20  | 4,86 | 649  | 971  | 56   | 25605 | 14   | 28  | 942  | 189 | 0 | 648   | 115 |
| 4B      | 20-30  | 4,98 | 158  | 823  | 29   | 22365 | 5    | 38  | 975  | 109 | 0 | 503   | 103 |
| 4B      | 30-40  | 4,95 | 65   | 485  | 8    | 19830 | 1    | 53  | 985  | 33  | 0 | 372   | 70  |
| 4B      | 40-80  | 5,12 | 3    | 569  | 15   | 17856 | 10   | 91  | 1130 | 42  | 0 | 496   | 130 |
| 4C      | 0-10   | 4,61 | 367  | 127  | 91   | 22285 | 4    | 29  | 2787 | 113 | 0 | 791   | 255 |
| 4C      | 10-20  | 4,92 | 1215 | 178  | 74   | 26219 | 8    | 35  | 2591 | 76  | 0 | 512   | 157 |
| 4C      | 20-30  | 5,13 | 201  | 375  | 11   | 18806 | 6    | 32  | 1869 | 16  | 0 | 616   | 99  |
| 4C      | 30-40  | 5,11 | 67   | 443  | 2    | 17613 | 0    | 69  | 1773 | 14  | 0 | 460   | 89  |
| 4C      | 40-60  | 5,17 | 35   | 573  | 1    | 16857 | 0    | 89  | 1660 | 22  | 0 | 411   | 107 |
| 4C      | 60-80  | 5,32 | 8    | 494  | 13   | 17999 | 2    | 140 | 1796 | 37  | 0 | 596   | 156 |
| 5A      | 0-10   | 4,26 | 547  | 204  | 218  | 19886 | 28   | 16  | 897  | 319 | 0 | 732   | 74  |
| 5A      | 10-20  | 4,37 | 291  | 128  | 169  | 22283 | 21   | 20  | 644  | 215 | 0 | 654   | 82  |
| 5A      | 20-30  | 4,67 | 18   | 433  | 50   | 18368 | 25   | 76  | 796  | 88  | 0 | 978   | 138 |
| 5A      | 30-40  | 4,64 | 20   | 312  | 56   | 18427 | 14   | 116 | 873  | 68  | 0 | 5606  | 195 |
| 5A      | 40-80  | 5,29 | 4    | 1516 | 11   | 19265 | 1    | 176 | 1356 | 40  | 0 | 1046  | 292 |
| 5B      | 0-10   | 4,34 | 553  | 157  | 197  | 22126 | 14   | 13  | 2025 | 148 | 0 | 1117  | 187 |
| 5B      | 10-20  | 4,62 | 421  | 107  | 73   | 22528 | 9    | 22  | 2450 | 89  | 0 | 2302  | 143 |
| 5B      | 20-30  | 4,66 | 64   | 44   | 24   | 18212 | 5    | 40  | 2436 | 65  | 0 | 3786  | 206 |
| 5B      | 30-40  | 4,34 | 5    | 96   | 55   | 19469 | 6    | 71  | 3228 | 167 | 0 | 5079  | 316 |
| 5B      | 40-65  | 4,69 | 2    | 197  | 20   | 20101 | 37   | 71  | 4222 | 135 | 0 | 4613  | 283 |
| 5B      | 65-75  | 4,95 | 2    | 84   | 29   | 14382 | 25   | 153 | 2744 | 94  | 0 | 2642  | 170 |
| 6A      | 0-10   | 4,08 | 949  | 135  | 451  | 15502 | 13   | 46  | 3333 | 399 | 0 | 1731  | 164 |
| 6A      | 10-20  | 4,23 | 0    | 356  | 1389 | 18059 | 3376 | 93  | 1671 | 176 | 0 | 24241 | 129 |
| 6A      | 20-35  | 3,9  | 939  | 223  | 359  | 16375 | 59   | 27  | 2230 | 87  | 0 | 454   | 124 |
| 6A      | 35-50  | 3,41 | 460  | 160  | 435  | 25518 | 12   | 85  | 1398 | 20  | 0 | 590   | 66  |
| 6A      | 50-80  | 3,08 | 122  | 60   | 315  | 17113 | 5    | 81  | 679  | 6   | 0 | 803   | 75  |
| 6B      | 0-10   | 3,88 | 192  | 542  | 140  | 24331 | 7    | 25  | 2930 | 382 | 0 | 4441  | 107 |
| 6B      | 10-20  | 3,99 | 11   | 558  | 490  | 20066 | 13   | 82  | 2003 | 228 | 0 | 10720 | 153 |
| 6B      | 20-35  | 4,06 | 3    | 452  | 866  | 18253 | 36   | 90  | 1800 | 195 | 0 | 15151 | 162 |
| 6B      | 35-50  | 3,48 | 422  | 83   | 801  | 17312 | 14   | 52  | 1119 | 266 | 0 | 450   | 116 |
| 6B      | 50-80  | 4,23 | 170  | 233  | 1322 | 17325 | 12   | 116 | 1164 | 245 | 0 | 635   | 210 |
| 7A      | 0-10   | 3,61 | 9    | 198  | 617  | 6475  | 29   | 78  | 313  | 82  | 0 | 1194  | 93  |
| 7A      | 10-20  | 3,59 | 0    | 225  | 284  | 7676  | 1487 | 78  | 317  | 117 | 0 | 3334  | 109 |
| 7A      | 20-30  | 3,81 | 1    | 133  | 415  | 13668 | 25   | 99  | 340  | 10  | 0 | 3743  | 91  |
| 7A      | 30-40  | 3,55 | 3    | 17   | 80   | 7774  | 9    | 95  | 212  | 10  | 0 | 2546  | 65  |
| 7A      | 40-80  | 3,79 | 889  | 102  | 2173 | 9726  | 25   | 54  | 1807 | 495 | 0 | 335   | 153 |

Concentraties in het oxalaatextract ( $\mu\text{mol/l}$  bodem) en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG)

| locatie | diepte | Al     | Fe     | Mn   | P     | FVG |
|---------|--------|--------|--------|------|-------|-----|
| 1A      | 0-10   | 30045  | 23525  | 373  | 14778 | 55  |
| 1A      | 20-30  | 45241  | 24601  | 380  | 20317 | 58  |
| 1A      | 30-40  | 85610  | 13276  | 867  | 13879 | 28  |
| 1A      | 40-50  | 99104  | 7524   | 814  | 7588  | 14  |
| 1A      | 50-80  | 92009  | 1912   | 191  | 2829  | 6   |
| 1B      | 0-10   | 80120  | 118922 | 2363 | 18213 | 18  |
| 1B      | 20-30  | 142747 | 93152  | 114  | 4219  | 4   |
| 1B      | 30-40  | 145410 | 45402  | 81   | 3706  | 4   |
| 1B      | 40-50  | 125436 | 8544   | 22   | 5716  | 9   |
| 1B      | 50-80  | 96246  | 4300   | 11   | 9911  | 20  |
| 1C      | 0-10   | 67043  | 123265 | 335  | 22690 | 24  |
| 1C      | 15-25  | 40383  | 26236  | 167  | 1707  | 5   |
| 1C      | 25-35  | 59090  | 37863  | 114  | 1327  | 3   |
| 1C      | 35-45  | 52652  | 7630   | 73   | 1177  | 4   |
| 1C      | 45-70  | >      | 3353   | 65   | 3078  | <5  |
| 1C      | 70-80  | 135334 | 5159   | 74   | 3833  | 5   |
| 2A      | 0-10   | 35632  | 234457 | 237  | 3149  | 2   |
| 2A      | 10-20  | 25360  | 205209 | 162  | 1470  | 1   |
| 2A      | 20-30  | 13371  | 79720  | 163  | 819   | 2   |
| 2A      | 30-40  | 6298   | 56448  | 93   | 685   | 2   |
| 2A      | 40-80  | 3381   | 54459  | 103  | 169   | 1   |
| 2B      | 0-10   | 54537  | 170126 | 789  | 15164 | 13  |
| 2B      | 10-20  | 30881  | 135111 | 724  | 5174  | 6   |
| 2B      | 20-30  | 879    | 12282  | 49   | 91    | 1   |
| 2B      | 30-40  | 223    | 1884   | 8    | 21    | 2   |
| 2B      | 40-80  | 131    | 1182   | 5    | 12    | 2   |
| 2C      | 0-10   | 43802  | 63587  | 325  | 9071  | 17  |
| 2C      | 10-20  | 30471  | 110541 | 385  | 4053  | 6   |
| 2C      | 20-30  | 6518   | 46291  | 307  | 551   | 2   |
| 2C      | 30-75  | 21643  | 25501  | 140  | 1033  | 4   |
| 2C      | 75-85  | 54789  | 28379  | 230  | 3122  | 8   |
| 2C      | 85-95  | 125593 | 18343  | 178  | 3013  | 4   |
| 4A      | 0-10   | 46618  | 104430 | 486  | 13006 | 17  |
| 4A      | 10-20  | 28807  | 80602  | 856  | 3276  | 6   |
| 4A      | 20-30  | 6365   | 47199  | 189  | 560   | 2   |
| 4A      | 30-40  | 14275  | 32024  | 140  | 512   | 2   |
| 4A      | 40-80  | 9635   | 29845  | 127  | 551   | 3   |
| 4B      | 0-10   | 56870  | 106279 | 527  | 11476 | 14  |
| 4B      | 10-20  | 30677  | 85146  | 515  | 2258  | 4   |
| 4B      | 20-30  | 17471  | 57207  | 383  | 1405  | 4   |
| 4B      | 30-40  | 5618   | 33644  | 196  | 287   | 1   |

| locatie | diepte | Al    | Fe     | Mn   | P     | FVG |
|---------|--------|-------|--------|------|-------|-----|
| 4B      | 40-80  | 4549  | 24042  | 93   | 164   | 1   |
| 4C      | 0-10   | 42829 | 167594 | 1839 | 15058 | 14  |
| 4C      | 10-20  | 34887 | 97562  | 1144 | 4220  | 6   |
| 4C      | 20-30  | 3349  | 27861  | 256  | 227   | 1   |
| 4C      | 30-40  | 2852  | 33087  | 174  | 179   | 1   |
| 4C      | 40-60  | 2159  | 25593  | 123  | 139   | 1   |
| 4C      | 60-80  | 1826  | 12916  | 74   | 22    | 0   |
| 5A      | 0-10   | 48619 | 82777  | 386  | 6222  | 9   |
| 5A      | 10-20  | 32248 | 66606  | 229  | 3186  | 6   |
| 5A      | 20-30  | 6548  | 26406  | 103  | 382   | 2   |
| 5A      | 30-40  | 8973  | 20297  | 72   | 372   | 3   |
| 5A      | 40-80  | 16226 | 6580   | 115  | 1067  | 9   |
| 5B      | 0-10   | 52465 | 124831 | 669  | 13932 | 16  |
| 5B      | 10-20  | 19201 | 78717  | 627  | 1511  | 3   |
| 5B      | 20-30  | 13791 | 47085  | 365  | 1086  | 4   |
| 5B      | 30-40  | 22624 | 44740  | 217  | 786   | 2   |
| 5B      | 40-65  | 31845 | 32205  | 217  | 1349  | 4   |
| 5B      | 65-75  | 61333 | 24367  | 264  | 3288  | 8   |
| 6A      | 0-10   | 73719 | 151536 | 857  | 13686 | 12  |
| 6A      | 10-20  | 27565 | 89334  | 403  | 2315  | 4   |
| 6A      | 20-35  | 23789 | 29789  | 169  | 610   | 2   |
| 6A      | 35-50  | 12159 | 43897  | 108  | 317   | 1   |
| 6A      | 50-80  | 7512  | 19776  | 114  | 79    | 1   |
| 6B      | 0-10   | 37297 | 97180  | 121  | 10263 | 15  |
| 6B      | 10-20  | 49758 | 158530 | 27   | 3801  | 4   |
| 6B      | 20-35  | 39119 | 57056  | 11   | 911   | 2   |
| 6B      | 35-50  | 19787 | 42219  | 7    | 188   | 1   |
| 6B      | 50-80  | 18936 | 12020  | 34   | 728   | 5   |
| 7A      | 0-10   | 89909 | 141262 | 404  | 13135 | 11  |
| 7A      | 10-20  | 46455 | 124466 | 215  | 2709  | 3   |
| 7A      | 20-30  | 46562 | 42720  | 155  | 1242  | 3   |
| 7A      | 30-40  | 18314 | 33142  | 67   | 255   | 1   |
| 7A      | 40-80  | 8692  | 19904  | 102  | 128   | 1   |

**B**  
**ware**

[www.b-ware.eu](http://www.b-ware.eu)