

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES ROODZANDEN



- Eindrapport -

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK ROODZANDEN

Eindrapport

*Sasha Koning
Mark van Mullekom
Fons Smolders*



Titel rapport:

Bodem- en hydrochemisch onderzoek Roodzanden, eindrapport

Auteurs:

Sasha Koning, Mark van Mullekom & Fons Smolders

Rapportnummer: RP-21.094.21.98

Opdrachtgever:

Prolander



Informatie:

Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:

Mark van Mullekom
Tel: 024-2122207
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Onderzoeksvragen bodem- en hydrochemisch onderzoek	8
1.3 Leeswijzer	9
2. Natuurontwikkeling op landbouwgronden	11
2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat	11
2.2 Verschalingsmaatregelen bij natuurontwikkeling	12
2.3 Aanvullend advies	15
3. Materiaal en methoden	19
3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek	19
3.2 Chemische analyse	25
4. Abiotiek referentielocaties en beoogde natuurtypen	27
4.1 Toelichting referentielocaties	27
4.2 Abiotische referentiedata beoogde natuurbeheertypen	29
4.3 Resultaten referentiemetingen Roodzanden	35
5. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek	39
5.1 Inleiding	39
5.2 Bodemtype	39
5.3 Grondwaterstanden en waterkwaliteit	40
5.4 Algemene bodemchemie	43
5.5 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie	46
6. Synthese en conclusies	59
7. Literatuur	69
8. Bijlagen	73
8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem	73

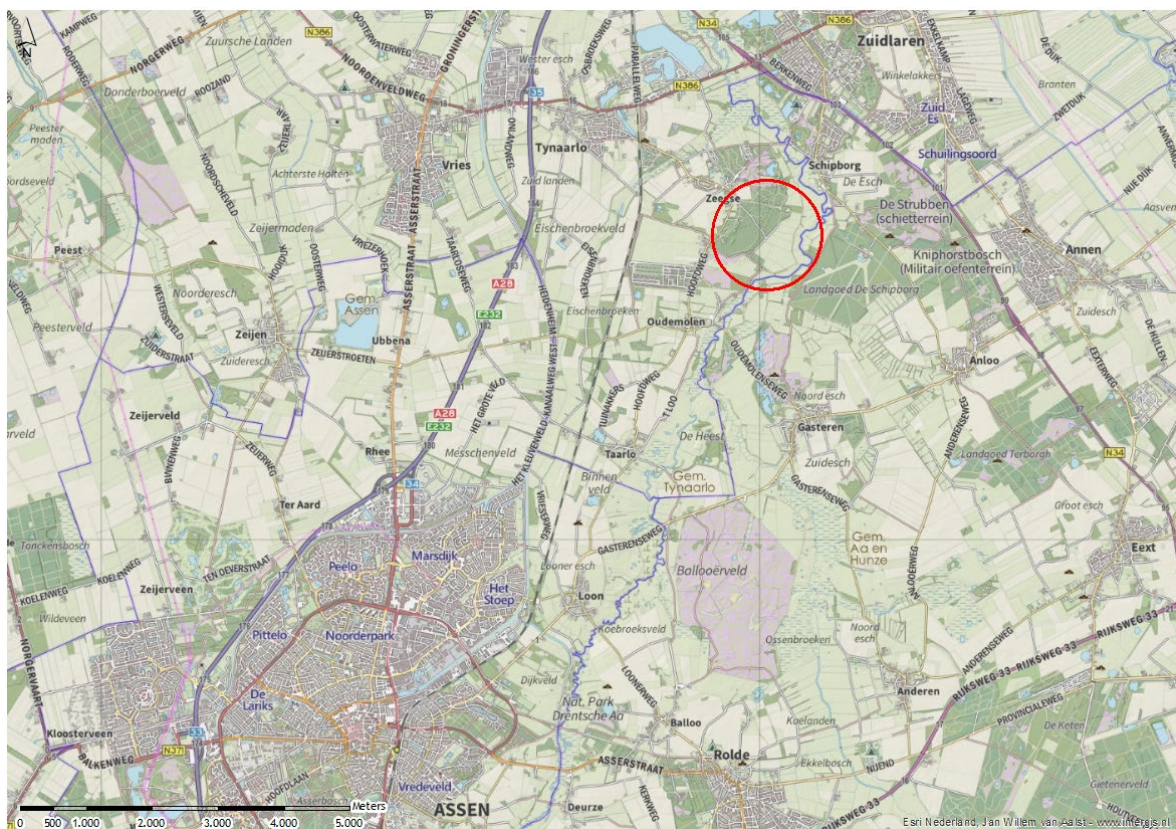
1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Prolander gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal (voormalige) landbouwgronden van deelgebied Roodzanden. Het onderzoek is gericht op de bodem- en grondwaterkwaliteit. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling.

Het deelgebied Roodzanden ligt op de flanken van het beekdal van de Drentsche Aa, gelegen ten noordoosten van Assen (Figuur 1). Het betreft een onderzoeksgebied van circa 39 hectare. Dit onderzoek is onderdeel van het programma 'Natuurlijk Platteland', waarbij de Provincie Drenthe aan de ontwikkeling en realisatie van het Natuurnetwerk Nederland (NNN) werkt.

Met de realisatie van het NNN wordt ook invulling gegeven aan de doelstellingen vanuit Natura 2000, KRW en het Klimaatakkoord. Er wordt gestreefd naar ecohydrologisch herstel. Dit houdt in dat zoveel mogelijk sloten worden gedempt tot aan het maaiveld dan wel verondiept of afgedamd.



Hoge nutriëntenconcentraties kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden van verschillende vegetatietypen belemmeren. Om beter zicht te krijgen in de potenties voor de ontwikkeling van verschillende vegetatietypen werd onderzoek uitgevoerd naar de bodemchemie en grondwaterkwaliteit.

Beoogde doelen zijn de ontwikkeling van voedselarme natuurtypen als N10.01 nat schraalland, N10.02 vochtig hooiland, N11.01 droog schraalgrasland, N06.04 vochtige heide en N07.01 droge heide (Figuur 2). In de regio werden bodemonsters in referentiegebieden verzameld voor analyse. Op basis van grondwaterkwaliteitsmetingen in het onderzoeksgebied en op de referentielocaties is vastgesteld in hoeverre de grondwaterkwaliteit kansen biedt voor de beoogde ontwikkeling.

Op 35 locaties op de voormalige landbouwgronden werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemonsters verzameld. Het bodemchemisch onderzoek is nodig om de kansen en knelpunten vast te kunnen stellen voor de ontwikkeling van de beoogde natuurtypen. Hierbij wordt geadviseerd over concrete inrichtingsmaatregelen (plaggen, bekalken, inbrengen maaisel) en toekomstig beheer (verder verschralen dan wel start- en ontwikkelingsbeheer na plaggen). Door middel van dit onderzoek kunnen zones in beeld worden gebracht waar door middel van een beperkte plagdiepte veel winst kan worden behaald. Tevens wordt duidelijk in welke zones een verschralingsbeheer perspectief biedt.



1.2 Onderzoeksvragen bodem- en hydrochemisch onderzoek

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Door middel van het onderzoek worden de volgende vragen beantwoord:

1. Wat zijn de bodem- en hydrochemische condities op de referentielocaties?
2. Wat is de bodemopbouw op de boorlocaties?
3. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (lager ambitieniveau)?
4. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuurtypen?
5. Zijn er mogelijkheden om natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgroning in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer?
6. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen?
7. Welke natuurpotenties zijn er concreet op basis van de bodemchemie, de grondwaterstanden en de (grond)waterkwaliteit?

.....
Het onderzoek naar de grondwaterkwaliteit is gericht op de volgende vraag:

8. Biedt de grondwaterkwaliteit kansen voor de beoogde ontwikkeling op de voormalige landbouwgronden of vormt deze een knelpunt?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschravingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgroning kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

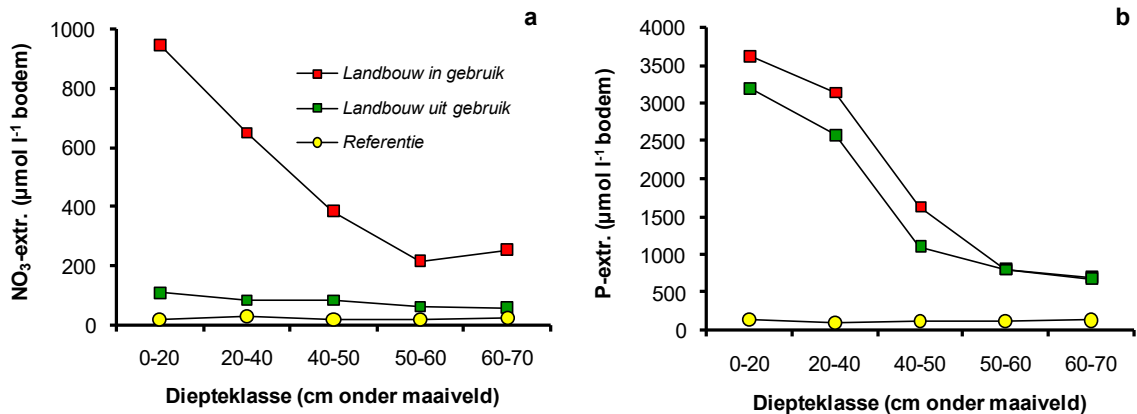
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de onderzochte referentielocaties besproken. De resultaten van het bodemchemisch en hydrochemisch onderzoek worden in hoofdstuk 5 beschreven inclusief de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 6 worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur en hoofdstuk 8 de bijlagen.

2. NATUURONTWIKKELING OP LANDBOUWGRONDEN

2.1 Natuurontwikkeling: belang van 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.

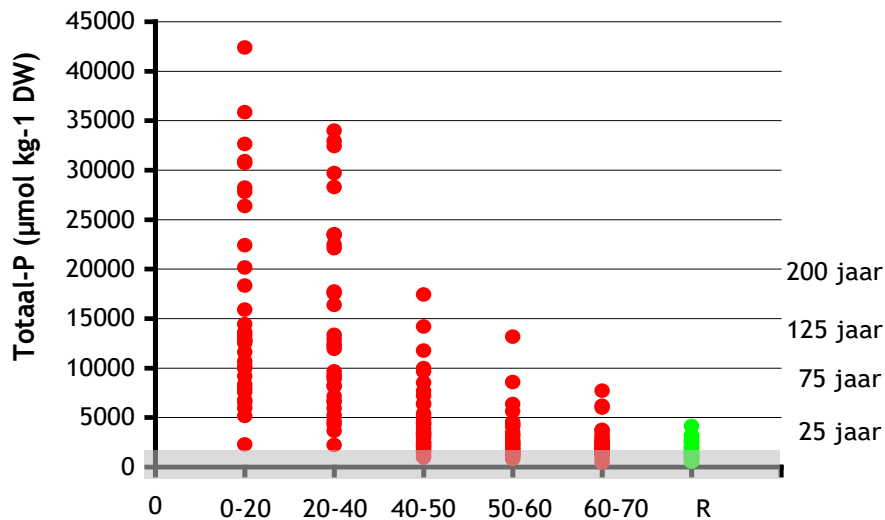
Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.2).



In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 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 e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 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.



Figuur 4. 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 µmol 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 e.a. (2006).

2.2 Verschrallingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschralling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

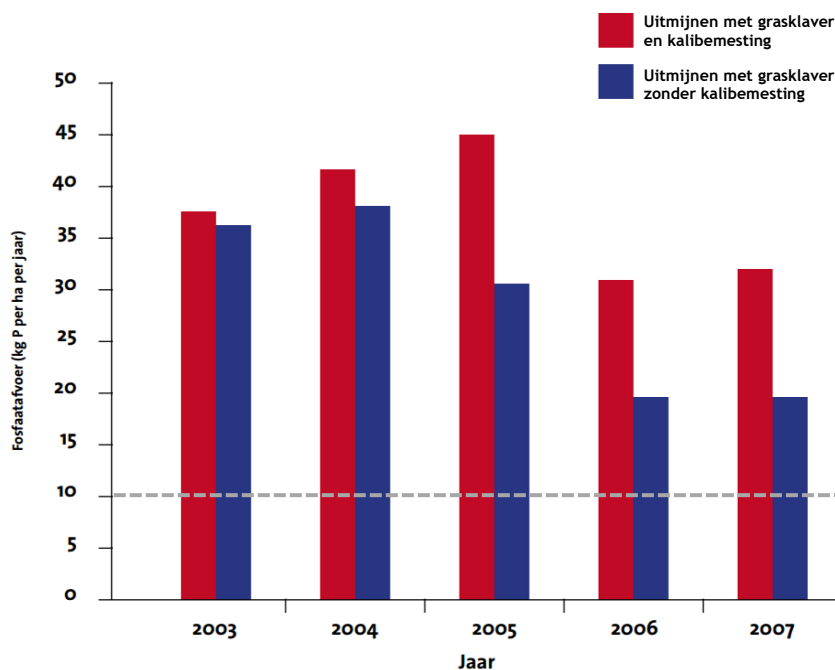
Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

.....

De verschrallingsduur voor maaien en afvoeren is in deze rapportage berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg per hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 $\mu\text{mol Olsen-P/l}$ de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ($(0,5/10) \times 100$). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ($(0,5/5) \times 100$). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschrallingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschrallingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschralling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschrallingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Voor uitmijnen kan de verschrallingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Wanneer aanvullend verschrallingsbeheer vereist is betekent dit dat er onvoldoende voedselarme condities zijn gecreëerd bij de inrichting. Hierdoor is er een kans op verzuuring in de vorm van pitrusontwikkeling onder vochtige tot natte omstandigheden. De verschrallingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschralling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschrallingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke top laag.



Figuur 5. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

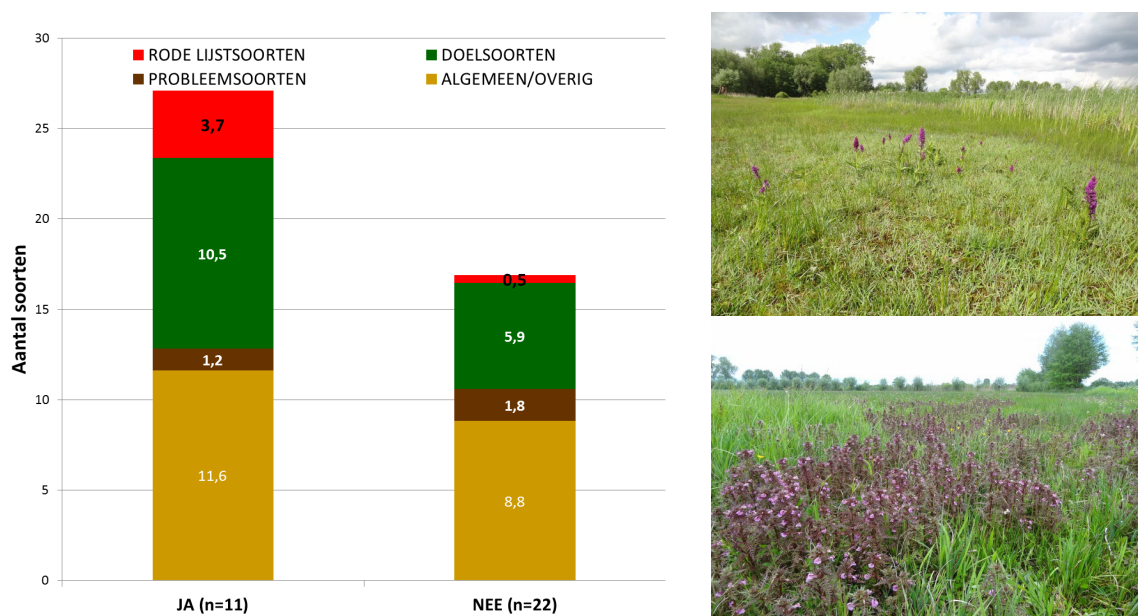
Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgroning kan een snelle vershraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgroning van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.3 Aanvullend advies

Herintroductie

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschrallingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschralling van het terrein. 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).



Figuur 6. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: Mark van Mullekom.

Wanneer plagsel (Figuur 7) 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). Het herintroduceren van doelsoorten (eventueel één of twee opeenvolgende jaren

herhalen zolang de zode nog niet gesloten is) uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 6).



Figuur 7. Het uitstrooien van heideplagsel en het resultaat na vier jaar. Foto's: Michael van Roosmalen, Stichting Het Limburgs Landschap.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 7) waarbij idealiter 1 m² vers verzameld maaisel over 1(-2) m² bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m² verspreiden over 15-25 m²) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd.

Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Beperken risico op groei van watercrassula

Wanneer na een ontgroning nog sprake is van te voedselrijke omstandigheden is het risico op ongewenste uitbundige groei van watercrassula ook groter (Figuur 8). Wanneer sprake is van voedselarme omstandigheden dan is dit risico kleiner. Mocht watercrassula alsnog tot ontwikkeling komen dan is de totale biomassa veelal lager. Ook de inundatie met voedselrijk water kan de ontwikkeling van watercrassula stimuleren. Overigens kunnen zowel de verruiging met pitrus als de woekering van watercrassula worden beperkt door doelsoorten/concurrenten in te brengen (Brouwer et al., 2017). Dit bevestigt de noodzaak van het inbrengen van maaisel na het uitvoeren van een ontgroning.



Figuur 8. Watercrassula is een invasieve exoot plantensoort die met name in natte en vochtige, zandige natuurgebieden inheemse plantensoorten verdringt. De soorten kan gaan woekeren op open plekken na een ontgronding, vooral wanneer de N-concentraties ($> 40 \mu\text{mol/l}$ in het oppervlaktewater) en P-concentraties ($>350 \mu\text{mol/l}$ Olsen-P in de bodem) nog te hoog zijn en/of voldoende CO_2 beschikbaar is ($>200 \mu\text{mol/l}$). Door voldoende voedselarme condities te creëren en de ontwikkeling van concurrenten (o.a. pilvaren, oeverkruid, waterpostelein, vlottende bies, knolrus, veenmos, veelstengelige waterbies en moerashertshooi) te stimuleren kan het risico op de woekering van watercrassula worden beperkt (Van der Loop & van Kleef, 2020; Brouwer et al., 2017). Links: Heerenven (foto: Esther Lucassen). Rechts: Akkereven (foto: Hein van Kleef).

Hydrologie optimaliseren

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie van het systeem dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Een eventuele ontgronding dient binnen dit (eco)hydrologische systeem te passen. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte natuurtypen.

De afvoer van grond- en/of regenwater is een belangrijke vereiste: er dient doorstroming plaats te vinden in plaats van stagnatie. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland kan inundatie met relatief schoon, gebufferd oppervlaktewater volstaan. Inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib kan echter tot verrijking en daarmee tot verzuuring leiden. In de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verzuuring te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.

Tabel 1. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

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

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek

Bodemmonstername

Op 23-25 augustus 2021 werden op 35 locaties boringen gezet tot op 150 cm-mv. De locaties werden in overleg met de opdrachtgever geselecteerd op basis van de actuele en historische perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap en variatie in het bodemtype. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 2). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Casper Kuipers van ATKB (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 2) geschat op basis van hydromorfe kenmerken. De foto's van de boorprofielen en gedetailleerde boorinformatie werden separaat verstuurd naar de opdrachtgever.

Tabel 2. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, monsterdiepte (DIEPTE), maaiveldhoogte (m N.A.P.) landgebruik (GS = grasland; WS = waterspiegel), actuele grondwaterstand (GWS; 23-25 augustus 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. nw = niet waargenomen in het bemonsterde profiel. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 9 en Figuur 10.

LOCATIE	DATUM	DIEPTE	X	Y	MVH	MV	GWS	GHG	GLG
1	24-8-2021	150	239791	564258	5,6	GS	nw	nw	nw
2	24-8-2021	170	239849	564202	4,6	WS	0	nw	nw
3	24-8-2021	150	239915	564154	4,7	GS	40	20	60
4	25-8-2021	150	240584	565138	4,5	GS	90	60	110
5	25-8-2021	150	240440	565159	4,9	GS	110	80	140
6	25-8-2021	150	240513	565203	4,1	GS	50	30	70
7	25-8-2021	150	240409	564504	4,5	GS	70	50	90
8	23-8-2021	150	240297	564299	4,8	GS	80	50	90
9	24-8-2021	150	240363	564804	4,4	GS	30	10	70
10	24-8-2021	150	240543	564751	4,1	GS	40	20	60
11	24-8-2021	150	240545	564893	4,3	GS	60	40	90
12	24-8-2021	150	240465	564654	4,3	GS	60	40	80
13	24-8-2021	150	240311	564708	4,4	GS	30	10	50
14	24-8-2021	150	240480	564828	4,2	GS	30	10	50
15	24-8-2021	150	240333	564643	4,8	GS	80	50	100
16	24-8-2021	150	240433	564599	4,6	GS	70	50	90
17	24-8-2021	150	240422	564725	4,8	GS	80	60	90
18	25-8-2021	150	240339	564462	4,9	GS	90	70	110
19	24-8-2021	150	240257	564619	4,3	GS	30	10	50
20	25-8-2021	150	240184	564517	4,3	GS	70	40	90
21	25-8-2021	150	240278	564559	4,2	GS	60	30	90
22	25-8-2021	150	240464	564438	4,9	GS	110	70	120
23	23-8-2021	150	240284	564392	5,0	GS	110	95	120
24	23-8-2021	150	240159	564297	4,4	GS	75	50	100
25	23-8-2021	150	240130	564455	4,2	GS	20	10	50
26	23-8-2021	150	239991	564391	5,0	GS	70	50	95
27	23-8-2021	150	240017	564310	4,5	GS	60	50	70
28	23-8-2021	150	240108	564374	4,2	GS	20	10	50
29	23-8-2021	150	240472	564277	4,0	GS	70	50	75
30	23-8-2021	150	240383	564348	4,9	GS	85	70	100
31	23-8-2021	150	240442	564161	4,6	GS	70	40	100
32	23-8-2021	150	240362	564212	4,4	GS	65	40	90
33	23-8-2021	150	240268	564090	5,1	GS	120	60	90
34	23-8-2021	150	240209	564189	4,7	GS	90	50	100
35	23-8-2021	150	240116	564168	4,4	GS	70	45	90

Tabel 3. Overzicht van de bemonsterde peilbuizen en oppervlakte- en grondwatermonsters. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 10.

CODE	TYPE	DATUM	DIEPTE BUIS	X	Y	TOELICHTING
66-1	Peilbuis	31-8-2021	3,10 m	240534	564497	Tijdstip 09:50
66-2	Peilbuis	31-8-2021	6,92 m	240534	564497	Tijdstip 09:50
136-1	Peilbuis	31-8-2021	2,60 m	240334	564015	Tijdstip 10:35
136-2	Peilbuis	31-8-2021	5,63 m	240334	564015	Tijdstip 10:35
OW 66	Oppervlakte water	31-8-2021	-	240610	564484	Moerasrolklaver, wateraardbei, blauwe knoop
OW 136	Oppervlakte water	31-8-2021	-	240346	563988	Dotterbloem, grote zeggen
G1	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	240301	564759	
G2	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	240397	564702	
G3	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	240490	564664	
G4	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	240030	564427	
G5	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	240470	564183	
G6	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	240293	564315	
G7A	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	239861	564194	
G7B	Grondwater	31-8-2021	1,50 m	239868	564189	

Tabel 4. Overzicht van de bemonsterde referentielocaties. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 10. * Op 12-10-2021 is op deze locaties tevens freatische grondwater verzameld.

CODE	LOCATIE	DATUM	X	Y	DIEPTE	BODEM	TOELICHTING
R1	Molenveld	31-8-2021	239279	564109	0-15 cm	0-3 humeus zand; 3-15 grijs zand	Droge heide; struikheide, grasklokje, stijf havikskruid en ligt in groeiplaats van valkruid
R2	Molenveld	31-8-2021	239195	564143	0-15 cm		Struikheide, stijf havikskruid, tormentil en ligt in groeiplaats van valkruid
R3*	Schipborgerdiep	1-9-2021	240599	564738	0-15 cm	Zwartgrijs lemig zand	Heischraalgrasland; struikheide, dopheide, tormentil, blauwe knoop, berk, veldrus
R4	Schipborgerdiep	1-9-2021	240560	564681	0-15 cm	Zandig veen veraard	Blauwe knoop, struikheide, tormentil
R5A*	Schipborgerdiep	1-9-2021	240567	564651	0-15 cm	Veraard veen lemig licht zandig	Hoger t.o.v. R4 maar soortgelijke vegetatie
R5B	Schipborgerdiep	1-9-2021	240567	564651	15-30 cm	Lemig zand	
R6	Schipborgerdiep	1-9-2021	240590	564628	0-15 cm	Ijzerrijk veen	Dotters en zeggen
R7	Schipborgerdiep	1-9-2021	240615	564682	0-15 cm		
R8*	Anloërdiepje	1-9-2021	240632	563153	0-15 cm	Sterk zandig veen	Veldrusschraalland
R9*	Anloërdiepje	1-9-2021	240684	563371	0-15 cm	Lemig zand, humeus	Veldrusschraalland, smalle weegbree, moeraskartelblad, kale jonker
R10*	Eexterveld	1-9-2021	243080	559200	0-15 cm	Zwarte sterk humeus zand	Blauwgrasland; blauwe zegge, klokjesgentiaan, blauwe knoop
R11	Eexterveld	1-9-2021	243127	559141	0-15 cm	Zwart grijs humeus zand	Droge/vochtige heide; dopheide, pijpenstrootje, struikheide, blauwe zegge, klokjesgentiaan
R12*	Eexterveld	1-9-2021	243201	559129	0-15 cm	Grijs zwart zand	Droge/vochtige heide; struikheide, dopheide, tormentil, blauwe knoop
R13*	Eexterveld	1-9-2021	243240	559044	0-15 cm	Grijs zwart zand	Heischraalgrasland; tormentil, blauwe knoop
R14*	Eexterveld	1-9-2021	243240	558979	0-15 cm		Heischraalgrasland; blauwe knoop, klokjesgentiaan, tormentil, carex spec, struikheide, dopheide

.....
De globale bemonsteringstrategie was:

- 0-20 cm-mv;
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder bouwvoor;
- 10-20 cm onder bouwvoor.

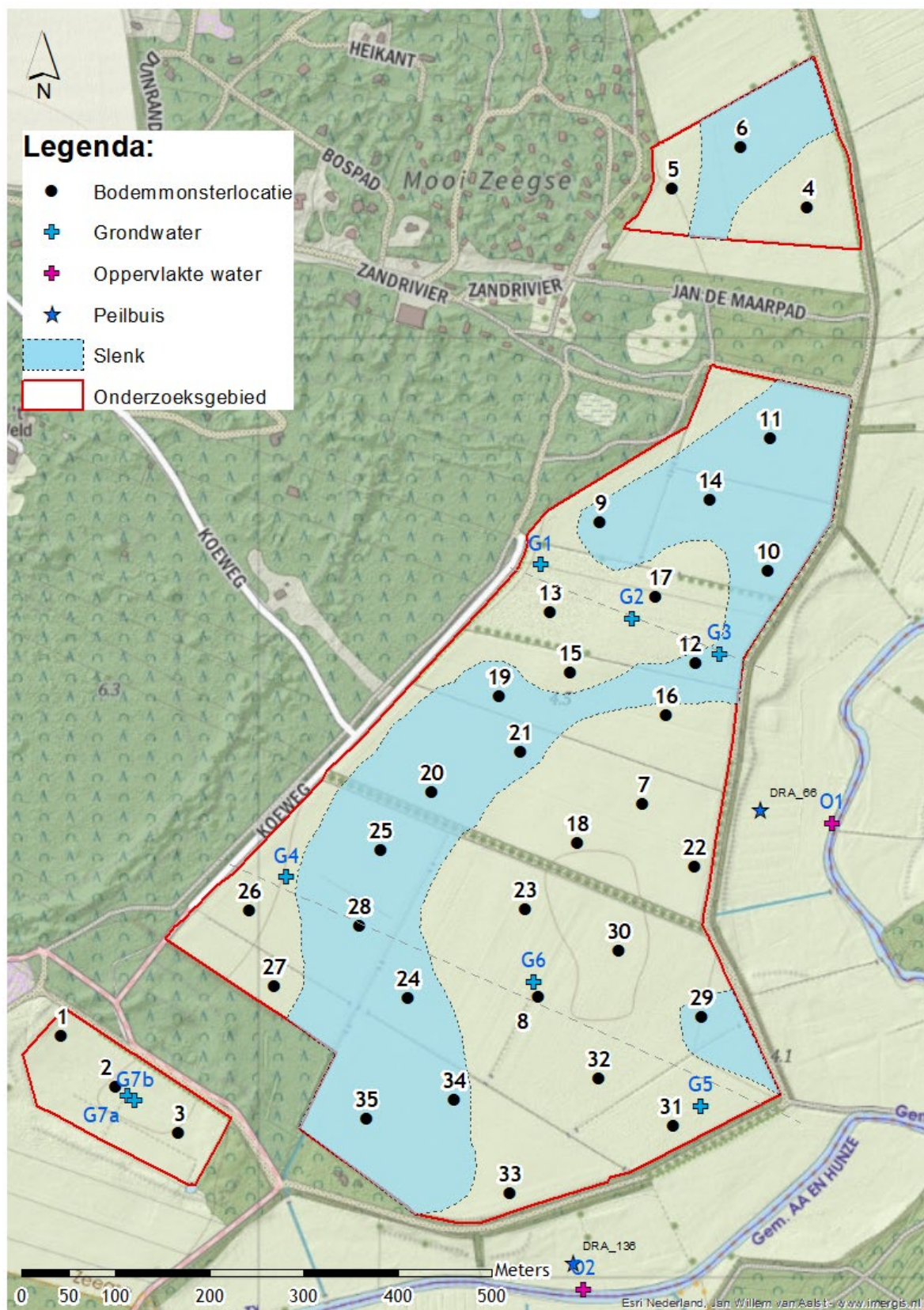
De exacte bemonsteringsdieptes worden afgestemd op de bodemhorizonten. Hierdoor kan het zijn dat er soms van de hierboven genoemde bemonsteringsdieptes wordt afgeweken. De reden hiervoor is dan herleidbaar uit de beschrijving van de bodemprofielen.

Op basis van de boorprofielen zijn per locatie 3 (lokaal 4) dieptes geselecteerd voor analyse. De opdrachtgever gaf aan dat sprake is van een relatief dunne bouwvoor (20-30 cm) waardoor de analyse van het restant van de bouwvoor niet (altijd) relevant zou zijn. Dit varieerde lokaal nogal. Aangezien sprake kan zijn van P-uitspoeling onder de bouwvoor is het relevant om twee dieptes onder de bouwvoor te analyseren. Door tevens kritisch te kijken naar de bodemprofielen in eenzelfde perceel zijn uiteindelijk 131 bodems geselecteerd voor de basisanalyses (drogen, verassen, destructie, Olsen-extractie) en 90 voor de zoutextractie;

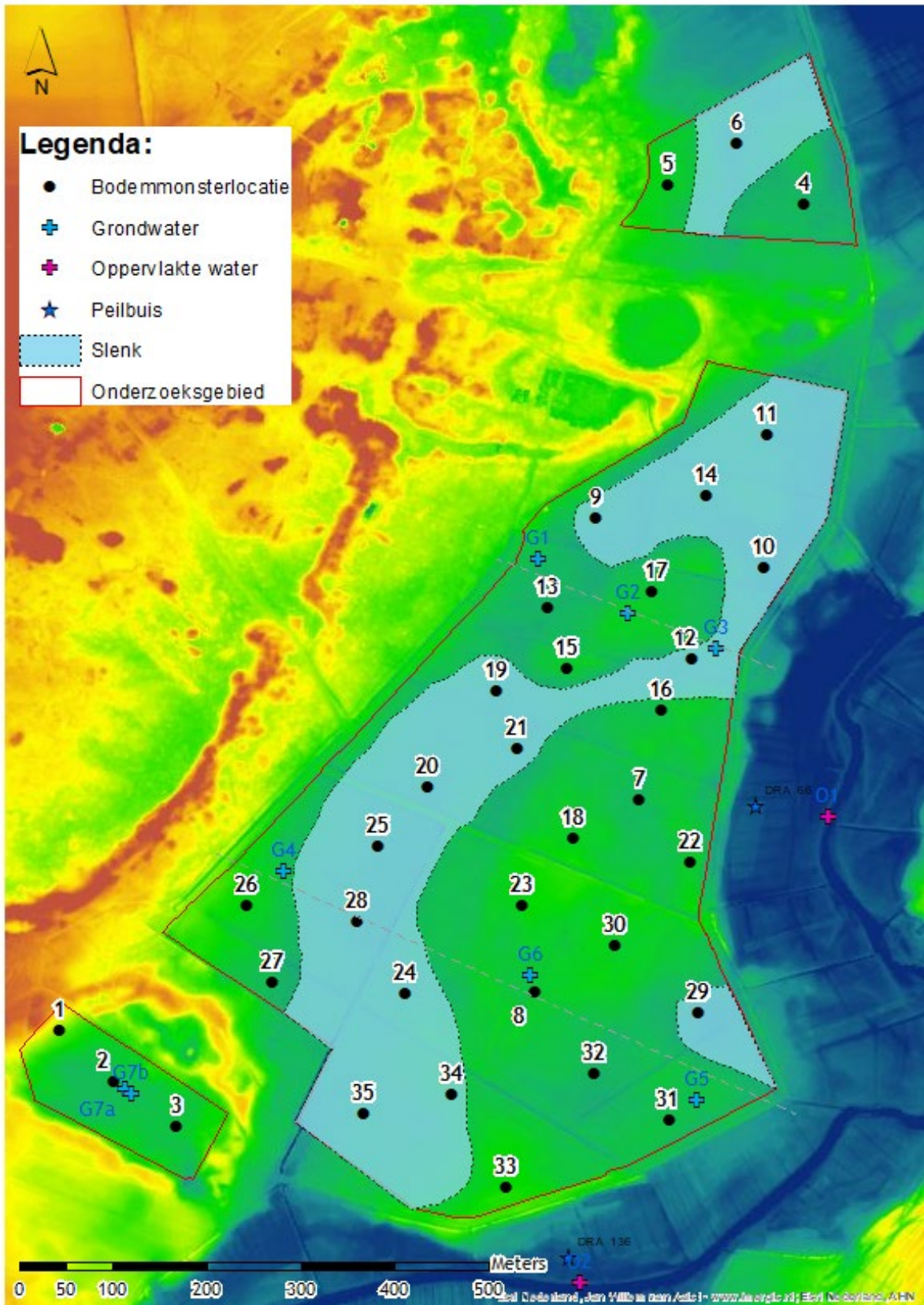
Op 7 locaties (G1-G7) zijn monsters verzameld van het freatische grondwater uit het boorgat met behulp van een keramische cup (lysimeter) op 31 augustus 2021. Op twee locaties (G2 en G6) is op een later moment in het jaar (12 oktober) nogmaals een meting van het freatische grondwater gedaan. Op locatie G7 zou sprake zijn van een uitstuivlakke. Hier zou zowel poriewater/grondwater in de veenlaag als in de onderliggende minerale bodem verzameld worden. Het is echter niet gelukt om poriewater te verzamelen in het sterk veraarde, kleiige veen. Tevens zijn er op twee locaties in het beekdal (DRA 66 en 136) bestaande peilbuizen bemonsterd (2 filterdieptes per locatie). Daarnaast zijn er op twee plekken oppervlaktewatermonsters verzameld in de Drentsche Aa.

Op 14 referentielocaties (droge heide, vochtige heide, blauwgrasland, heischraal grasland, dotterbloemhooiland; Figuur 11) zijn door Onderzoekscentrum B-WARE op 31 augustus en 1 september 2021 bodemmonsters verzameld van de toplaag (0-15 cm-mv; mengmonster van 3 steken). Tevens zijn op 8 referentielocaties monsters verzameld van het freatische grondwater op 12 oktober 2021. De referentiemetingen werden op kosten van Onderzoekscentrum B-WARE uitgevoerd.

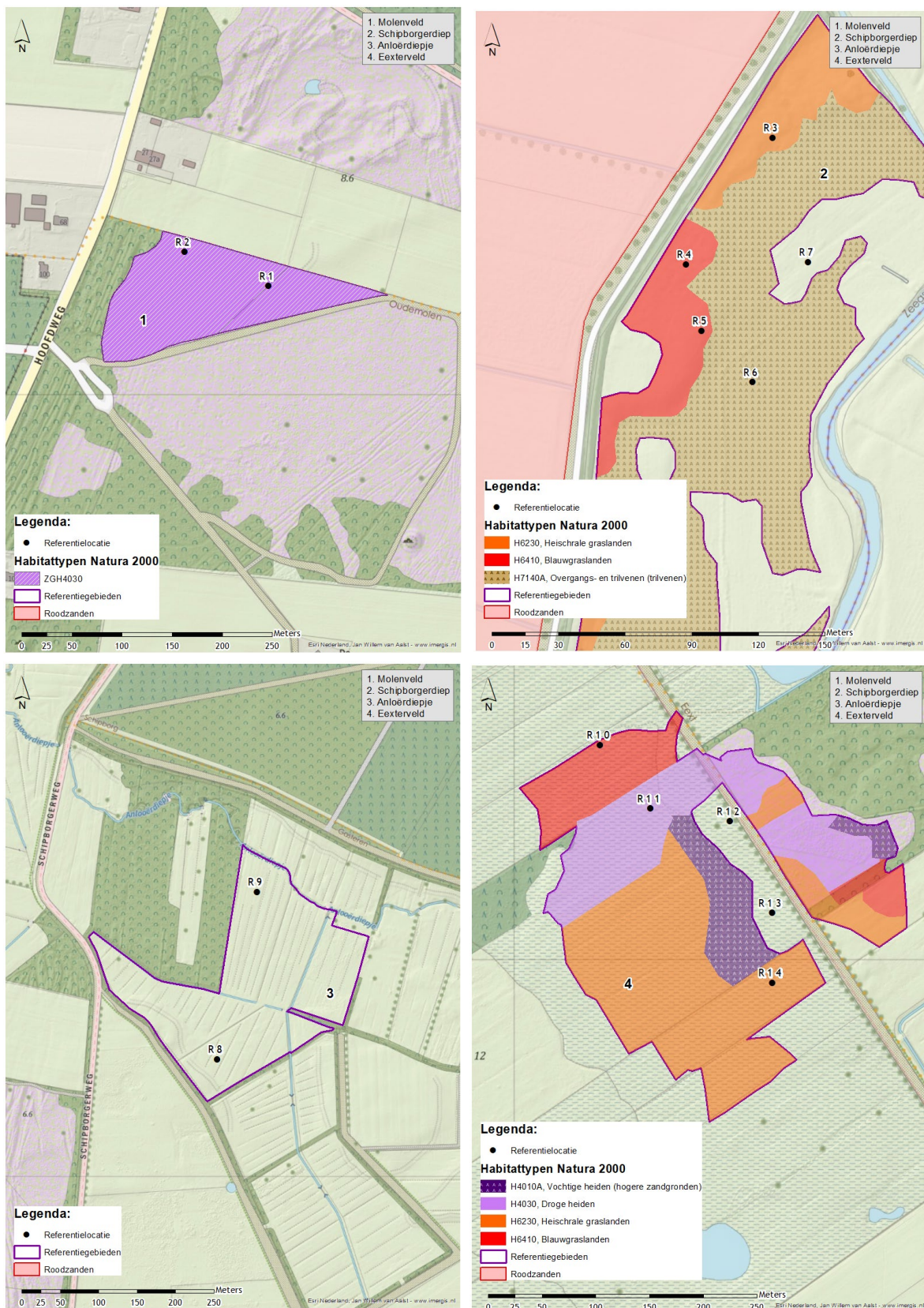
De bodem- en watermonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.



Figuur 9. Overzicht van de ligging van de bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een topografische kaart.



Figuur 10. Overzicht van de ligging van de bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied op een hoogtekartaar (AHN3).



Figuur 11. Overzicht van de ligging van de referentielocaties in het gebied Roodzanden, Molenveld (linksboven), Schipborgerdiep (rechtsboven), Anloërdiepje (linksonder) en Eexterveld (rechtsonder). *Op locaties R3, R5, R8, R9, R10, R12-14 is ook freatisch grondwater verzameld.

3.2 Chemische analyse

Voor de bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

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 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a., 1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat (NaHCO_3) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat (CaCO_3). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml $0,5 \text{ mol l}^{-1}$ natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 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. De Olsen-P concentraties werden berekend in μmol per liter bodem.

Bodemdestructie

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

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de

bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l⁻¹ natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Analyse grondwater, oppervlaktewater en poriewater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂-elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO₂ en HCO₃⁻) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De monsters voor de auto-analysers werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten en watermonsters werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃⁻) en ammonium (NH₄⁺) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl⁻) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

4. ABIOTIEK REFERENTIELOCATIES EN BEOOGDE NATUURTYPEN

In dit hoofdstuk worden de bodem- en hydrochemische condities op de referentielocaties beknopt toegelicht. Deze bodemmonsters dienen als een lokale referentie voor de interpretatie van de bodemchemische analyses van de om te vormen voormalige landbouwgronden.

4.1 Toelichting referentielocaties

Bij Molenveld, Schipborgdiep, Anloërdiepje en Eexterveld werden bodemmonsters verzameld van goed ontwikkeld blauwgrasland, heischraal grasland, vochtige en droge heide (zie Figuur 12). Zie Figuur 11 voor de ligging van de locaties.



Figuur 12. Impressie van referentielocaties in het Molenveld (R1-R2). Foto's: Mark van Mullekom.



Figuur 13 - vervolg. Impressie van referentielocaties in het Schipborgdiep (R3-R7). Foto's: Mark van Mullekom.



Figuur 13 - vervolg. Impressie van referentielocaties in het Anloërdiepje (R8-R9). Foto's: Mark van Mullekom.



Figuur 13 - vervolg. Impressie van referentielocaties in het Eexterveld (R10-R14). Foto's: Mark van Mullekom.



Figuur 13. Impressie van het verzamelen van freatisch grondwater in het Schipborgerdiep. Foto: Mark van Mullekom.

.....
4.2 Abiotische referentiedata beoogde natuurbeheertypen

Droog heischraal grasland en droge heide

Heischrale graslanden behoren tot de soortenrijke ecosystemen op de hogere zandgronden, en kunnen wel 25 tot 30 plantensoorten per m² herbergen. Helaas staat het heischrale grasland sterk onder druk, niet alleen in Nederland maar in heel Europa. Om zowel het areaal als de kwaliteit van heischrale graslanden te behouden en te versterken, zijn heischrale graslanden (H6030) uitgeroepen tot prioritair habitat. Dat betekent dat landen de verplichting hebben om deze graslanden te behouden en te versterken (Weijters e.a., 2020).

In Tabel 5 en Figuur 13 worden de bodemchemische condities weergegeven van goed tot slecht ontwikkelde heischrale graslanden. De slecht ontwikkelde graslanden (aantal kenmerkende soorten gemiddeld 2,0 per opname, typische soorten 0,9 per opname en geen Rode-Lijstsoorten) hadden een gemiddelde pH-NaCl van 3,5 en een concentratie uitwisselbaar calcium van gemiddeld 0,9 mmol Ca/kg bodem. Deze locaties vallen deels in de rompgemeenschap van Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) (19RG02). In de redelijk/goed ontwikkelde graslanden (gemiddeld aantal kenmerkende soorten 6,0, typische soorten 1,8 en Rode-Lijstsoorten 3,0) was de concentratie uitwisselbaar calcium gemiddeld 5,3 mmol/kg bodem en de pH-NaCl gemiddeld 4,4. De concentratie uitwisselbaar aluminium (gemiddeld 1,3 mmol/kg bodem) verschilde niet tussen de ontwikkelingscategorieën, maar de verhouding tussen uitwisselbaar aluminium en calcium (Al/Ca-ratio) wel. Deze was in de slecht ontwikkelde droge heischrale graslanden met gemiddeld 3,5 duidelijk hoger dan in de beter ontwikkelde graslanden (gemiddeld 0,7). In de basenverzadiging is eenzelfde trend zichtbaar. De basenverzadiging was zeer laag in de slecht ontwikkelde graslanden (gemiddeld 19%), wat hoger in de matig ontwikkelde graslanden (gemiddeld 27%) en nog iets hoger in de redelijk ontwikkelde graslanden (34%) (Figuur 13). In heischrale graslanden in het buitenland worden voor de basenverzadiging overigens vaak waarden tussen de 50% en 70% gemeten.

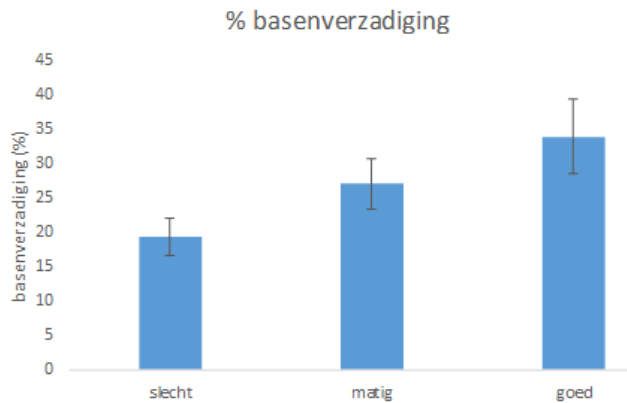
Tabel 5. Bodemchemie van een soortenarme en soortenrijke vorm van de associatie 19Aa1 van habitatype H6230 en de bijbehorende rompgemeenschap, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio), de anorganische ammoniumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (NH₄-NaCl) en de basenverzadiging (BV) in procenten gemeten in het strontiumextract. Bron: Weijters e.a., 2020.

		pH-NaCl	Ca-NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	Al/Ca-ratio	NH ₄ -NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	BV (%)	P-Olsen ($\mu\text{mol/kg}$)
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) soortenarm	Galio hercynici-Festucetum ovinae (19Aa1) soortenarm	3,0-3,5	800-1000	2,5-4,0	-	27%	<400
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) redelijk/goed ontwikkeld	Galio hercynici-Festucetum ovinae (19Aa1) redelijk/goed ontwikkeld	3,8-5,0	2250-6000 (12.000)	<0,8	<200	34%	<400
Slecht ontwikkelde rompgemeenschap (19RG02)	RG Bochtige smele (19RG02)	3,4-3,7	500-1000	2-5	100-250 (350)	19%	

Tabel 6. Randvoorwaarden voor een soortenarme en soortenrijke vorm van twee subassociaties van habitatype H4030, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio) en de anorganische ammoniumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (NH₄-NaCl). Bron: Weijters e.a., 2018.

		pH-NaCl	Ca-NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	Al/Ca-ratio	NH ₄ -NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)
Associatie van Struikhei en stekelbrem (20Aa01)	Genisto anglicae-Callunetum (20Aa01)				
Typische sub associatie	Genisto anglicae-Callunetum typicum (20Aa01b)	2,6-4,3	400-2300	2-10	<250
soortenrijke heischrale subassociatie	Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum (20Aa01d)	3,5-4,3	1500-4000	<2 (2,5)	<200
Vergraste rompgemeenschap	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje en Bochtige smele (20RG1)	3,0-3,5	<1000	2-6	150-600 (1300)
Onderverdeling typische sub-associatie van Struikhei en stekelbrem (20Aa01b)	Onderverdeling Genisto anglicae-Callunetum typicum 20Aa01b				
Typische sub associatie-zonder kruiden, zeer soortenarm	20Aa01b_zeer soortenarm	2,6-3,5	400-2000	2-10	<300
Typische sub associatie- met kenmerkende kruiden, goed ontwikkeld	20Aa01b_goed ontwikkeld	>3,5	>1500	<2	<200

Daarnaast moet de Olsen-P concentratie ook voldoende laag zijn (<400 $\mu\text{mol/kg}$ bodem; bij een soortelijk gewicht van 1,25 kg/l komt dit overeen met <500 μmol per liter verse (zand)bodem). Verder blijkt uit de GRIP-database dat soorten als Tormentil (*Potentilla erecta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*) en Muizenootje (*Hieracium pilosella*) vrijwel alleen voorkomen op locaties waar de ammoniumconcentratie in de bodem lager is dan 200 $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Weijters e.a., 2020).



Figuur 13. Basenverzadiging gemeten in verschillende stadia van ontwikkeling in het vegetatietype 19Aa01: Droge heischrale graslanden in het Pleistocene zandlandschap die behoren tot de Associatie van Liggend walstro en Schapegras. Foutbalken zijn standaardfout. Bron: Grip-database Onderzoekcentrum B-WARE en Van der Zee et al., 2017.

Voor heideontwikkeling in het droog zandlandschap zijn de beschikbaarheid van nutriënten en de zuurgraad belangrijke sturende factoren (o.a. Bobbink 1988; De Graaf *et al.*, 2009).

Binnen de binnenlandse droge heide (Calluno-Genistion pilosae) komen in Nederland twee associaties voor, waarvan verreweg de meest voorkomende de associatie van Struikhei en Stekelbrem (20Aa01: Genisto anglicae-Callunetum) is. Binnen deze associatie worden op dit moment drie subassociaties onderscheiden, waaronder de typische vorm (20Aa01b: Genisto anglicae-Callunetum typicum), de van oorsprong meer soortenrijke heischrale subassociatie (20Aa01d: Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum) en de korstmosrijke subassociatie op vastgelegde stuifzand (20Aa01a). Steeds vaker wordt - en werd - ook de rompgemeenschap van Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en/of Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) (20RG1), een sterk gedegradeerde vorm van de droge heidevegetatie, aangetroffen (Weijters e.a., 2018).

Aan de hand van een analyse van referentiedata (GRIP database B-WARE) zijn bodemchemische randvoorwaarden opgesteld voor het voorkomen van genoemde vegetatie-eenheden (Tabel 6). Hierbij bleek dat pH-zout, de concentratie plantbeschikbaar Ca, de Al/Ca-ratio en de NH_4 -concentratie de belangrijkste sturende parameters zijn voor het al dan niet voorkomen van deze vegetatie-eenheden. Naast de in Tabel 6 genoemde parameters zal ook de voor planten beschikbare fosforconcentratie voldoende laag moeten zijn voor droge heide (150-400 $\mu\text{mol/kg}$ bodem; bij een soortelijk gewicht van 1,25 kg/l komt dit overeen met 185-500 μmol per liter verse (zand)bodem)(Weijters e.a., 2018). Dit is komt overeen met de Olsen-P range voor natte heide (100-500 $\mu\text{mol/l}$).

Natte heide, vochtig-nat heischraal grasland, blauwgrasland en dotterbloemhooiland

Voor de ontwikkeling van soortenrijke vochtige tot natte natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleiigheid van de bodem):

- Natte heide: <(300-)500 µmol/l bodem (totaal-P veelal < 2,5-3,0 mmol/l);
- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;

De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 2).



Figuur 14. Foto van een vochtig heischraal grasland (foto: Mark van Mullekom) en dotterbloemhooiland (foto: Harm Smeenge).

Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn vooral relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Op calciumarme bodems (tot-Ca <10 mmol/l) ligt de ontwikkeling van natte heide voor de hand. Om de ontwikkeling van nat schraalland (N10.01) en vochtig hooiland (N10.02) mogelijk te maken dient de bodem voldoende gebufferd te zijn. Soortenrijke vochtige heischrale graslanden (N10.01) komen over het algemeen voor bij Ca-z concentraties van 4.000-10.000 µmol/l en Olsen-P concentraties van 150-400 µmol/l. Onder zeer natte condities kan een kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling komen. Bij concentraties van circa 10.000-25.000 µmol/l (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 µmol/l kan een blauwgrasland worden ontwikkeld onder de juiste hydrologische omstandigheden (GRIP database B-WARE). Op gebufferde, ijzerrijke bodems kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland; onder zeer natte omstandigheden trilveen). De mate van buffering (en voedselrijkdom) die past bij de verschillende natuurtypen wordt indicatief weergegeven in Tabel 2.

Voor de ontwikkeling van blauwgrasland en vochtig hooiland is niet alleen de buffering van belang maar ook de grondwaterstanden. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed in maaiveld is zijn deze vegetaties mogelijk. Voor vochtig heischraal grasland kan aanrijking van de wortelzone met grondwater via capillaire opstijging ook al voldoende zijn. De periode waarin grondwater in de wortelzone uittreedt bepaalt in combinatie met de mate van buffering met het grondwater en de zuurproductie als gevolg droogval van de toplaag in de zomerperiode en verzurende (stikstof)depositie of bodems voldoende gebufferd blijven of (langzaam) verzuren.

Tabel 7. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor dotterbloemhoilanden en elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van blauwgrasland tot elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Het bekalkingsadvies is weergegeven in kg dolokal per hectare en dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: van Mullekom & Smolders (2012)

						N07.01	N11.01				N14.02		
						N06.04	N06.04	N10.01	N10.01	N10.02	N14.01		
Codes natuurbeheertypen						N06.04	N06.04	N10.01	N10.01	N10.02	N10.02		
Olsen-P (µmol/l)						< 500 (800)	< 300 (600)	< 500 (700)	< 500 (700)	< 600 (900)	< 800 (1000)		
Totaal-P (mmol/l)						< 2,5 (6)	< 3 (7)	< 6 (10)	< 10 (20)	< 15 (35)	< 20 (50)		
Categorie	Ca-NaCl (µmol/l)		Totaal calcium (mmol/l)		Basenverzadiging	Droge heide Natte heide	Droog heischraal grasland Vochtig heischraal grasland	Kleine zeggen vegetatie	Blauwgrasland	Veldrusschraalland	Dotterbloemhoiland & Elzenbroekbossen	Bekalkingsadvies (kg/ha) voor tegengaan verzuring, ammoniumophoping en/of vergroten soortenrijkdom	Risico ammoniumtoxiciteit zonder bekalking
1	<500	en/of	<10	en/of	<30%							2500	+
2	500-1000	en/of	10-15	en/of	30-70%							2000	+
3	1000-2000	en	15-20	en	>70%							2000	+
4	>2000	en	15-20	en	>70%							2000	+/-
5	2000-4000	en	20-30	en	>70%							1000	+/-
6	>4000	en	20-30	en	>70%							0	-
7	8000-14000	en	30-60	en	>90%							0	-
8	>14000	en	30-60	en	>90%							0	-
9	>14000	en	60-100	en	>90%							0	-
10	20000-30000	en/of	>100	en	>90%							0	-
11	>30000	en/of	>100	en	>90%							0	-
						soortenarm	normaal	soortenrijk					

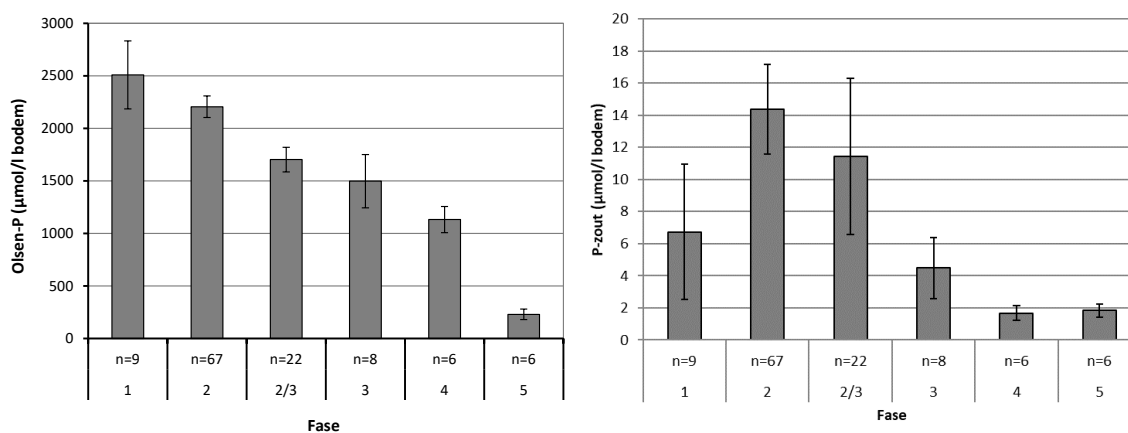
Wanneer na een eventuele ontgronding aanvullend verschrallingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschrallingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren. Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschrallingsbeheer vereist is of wanneer voedselrijke toplagen worden vernat) verzuuring met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling (Figuur 15). Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems. Het is de vraag of dit risico wordt genomen of dat 10 cm extra wordt afgegraven waardoor de ontwikkeling van de doelvegetatie meteen kan gaan plaatsvinden en het risico op pitrusontwikkeling wordt beperkt.



Figuur 15. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig vervuurd zijn met fosfaat (Olsen-P concentraties 600-850 $\mu\text{mol/l}$). Aanvullend verschrallingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: Jan Vermeer en Maarten Veldhuis.

Kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is ($<900\text{-}1200\ \mu\text{mol/l}$; Figuur 14). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet.



Figuur 16. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).



Figuur 17. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: Mark van Mullekom.

De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is ($P-z < 1-2 \mu\text{mol/l}$) en ook de nitraatconcentratie laag is ($< 100-200 \mu\text{mol/l}$).

Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). In het onderzoeksgebied zijn/worden de bodems waarschijnlijk te vochtig voor een dergelijke ontwikkeling (afhankelijk van de beoogde vernattingsmaatregelen).

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: Peter Verbeek) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijderd en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgrasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase, het is nog niet duidelijk of de ontwikkelde vegetaties zich op de lange termijn standhouden en waarom het op sommige gronden wel en niet werkt (mogelijk speelt stikstoflimitatie een rol).

4.3 Resultaten referentiemetingen Roodzanden

In Tabel 8 staan de resultaten van de bodemchemische analyses op de locaties R1-R14 vermeld. In Tabel 9 worden de resultaten van de grondwaterkwaliteitsmetingen op de locaties R3-R14 gegeven. Zie Tabel 4 voor een beknopte omschrijving van de referentielocaties.

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de referentielocaties bij Roodzanden. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties ($\mu\text{mol/l}$), BV = indicatieve basenverzadiging, P-ox = oxalaatextraheerbaar fosfor in mg/kg, FVG = fosfaatverzadigingsgraad. M5/M12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500/1200 μmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	FVG	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	%	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	<10	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	11-25	<10	kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	26-50	11-40	matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	>50	41-80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800		81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200		201-400	ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200		>400	ongeschikt voor verschralling II

Nr	Locatie	Diepte	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M5
R1	Molenveld	0-15	8	16	1,0	332	1,7	0,20	94	1	27	2	2	4	2490	664	3,75	328	511	3,5	21	0	5	160	0
R2	Molenveld	0-15	7	14	0,9	247	2,1	0,12	127	3	35	4	6	4	1190	2839	0,42	797	977	3,7	64	0	3	136	0
R3	Schipborgerdiep	0-15	4	18	1,2	457	2,2	0,21	182	2	43	2	2	5	1637	902	1,82	288	165	4,1	29	0	4	71	0
R4	Schipborgerdiep	0-15	35	53	0,4	545	8,2	0,07	112	4	49	2	2	18	2177	2158	1,01	149	311	3,7	41	0	3	68	3
R5	Schipborgerdiep	0-15	20	41	0,7	834	5,7	0,15	116	5	27	2	1	12	2793	3423	0,82	256	285	3,5	43	0	2	87	11
R5b	Schipborgerdiep	15-30	4	21	1,4	221	2,6	0,08	391	4	561	4	16	5	1724	1129	1,53	216	43	4,2	30	0	8	59	0
R6	Schipborgerdiep	0-15	34	70	0,3	548	32,0	0,02	137	21	654	2	6	17	66	9214	0,01	104	653	5,0	47	0	3	564	13
R7	Schipborgerdiep	0-15	54	77	0,2	330	8,8	0,04	36	44	116	2	4	23	52	17016	0,00	135	1709	4,9	91	0	1	623	0
R8	Anloërdiepje	0-15	21	47	0,7	1466	10,1	0,15	87	11	41	2	2	21	894	8635	0,10	177	526	3,9	83	0	17	159	31
R9	Anloërdiepje	0-15	9	37	0,9	754	6,3	0,12	133	22	90	2	4	10	102	11931	0,01	124	437	4,7	96	0	12	173	10
R10	Eexterveld	0-15	18	35	0,9	398	3,0	0,13	63	19	8	1	1	9	277	14903	0,02	800	2715	4,0	96	0	4	123	0
R11	Eexterveld	0-15	7	22	1,1	174	1,1	0,16	37	3	5	1	0	5	2013	3062	0,66	935	1662	3,1	49	0	6	64	0
R12	Eexterveld	0-15	7	19	1,1	746	3,6	0,21	139	4	18	2	1	6	1635	3101	0,53	543	949	3,7	58	0	4	40	3
R13	Eexterveld	0-15	9	22	1,0	888	4,4	0,20	140	2	14	2	0	8	2750	1603	1,71	443	485	3,6	30	0	12	74	7
R14	Eexterveld	0-15	5	18	1,2	655	2,9	0,23	115	8	10	2	0	4	971	5663	0,17	556	610	4,1	78	0	13	70	0

Tabel 9. Kwaliteit van het grondwater in de referentielocaties. De concentraties zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$.

Code	Type	pH	Alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
R3	gw	5,7	1,1	255	2015	408	1	276	73	432	3,2	461	0,5	117,7	779	21	864
R5	gw	5,6	0,6	71	1577	282	7	51	1	135	1,8	54	0,5	65,4	231	0	173
R8	gw	5,8	1,0	163	1246	299	0	183	18	189	0,4	289	0,3	29,4	555	100	562
R9	gw	7,0	2,0	507	453	1812	0	1804	6	298	0,9	739	1,6	125,8	676	19	1632
R10	gw	5,6	0,7	138	1799	292	17	151	6	251	2,0	219	0,7	88,6	371	3	394
R12	gw	5,7	0,5	94	1241	261	5	49	1	196	2,6	64	0,9	75,5	285	0	374
R13	gw	5,8	0,4	99	718	210	5	74	2	207	2,0	71	30,0	72,2	251	0	404
R14	gw	5,6	0,4	108	1049	190	6	98	54	96	0,5	131	2,5	141,4	309	25	385

De locaties R1 en R2, gelegen in droge heide in Molendiep, zijn zuur (Ca-t: 1-3 mmol/l; Ca-z: 664-2839 $\mu\text{mol/l}$; basenverzadiging 21-64% en pH-z: 3,5-3,7). Op locatie R2 is de basenverzadiging nog relatief hoog maar zijn de concentraties totaal- en zoutuitwisselbaar calcium relatief laag. Het bodemadsorptiecomplex is waarschijnlijk relatief klein. De bodems zijn voedselarm: de totaal-P concentratie varieert van 1,7-2,1 mmol/l en de Olsen-P concentratie van 247-332 $\mu\text{mol/l}$. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn relatief laag. De kruidenrijkere locatie (R2) is het minst zuur.

De bodemonsters op locaties R3-R5 zijn genomen op de flanken van het op de habitattypen kaart aangegeven heischraalgrasland (R3) en blauwgrasland (R4 en R5) Schipborgerdiep. De bodem op

.....
deze locaties is echter zuur tot zeer zwak gebufferd (Ca-t: 2-5 mmol/l; Ca-z: 902-3423 $\mu\text{mol/l}$; basenverzadiging 29-41% en pH-z: 3,5-4,1). De bodems zijn voedselarm: de totaal-P concentratie varieert van 1,7-2,1 mmol/l en de Olsen-P concentratie van 221-834 $\mu\text{mol/l}$. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn eveneens laag. Uit de analyses blijkt dat het freatische grondwater op de locaties R3 en R5 zwak gebufferd (Alkaliniteit: 0,6-1,1 meq/l; 282-408 $\mu\text{mol/l HCO}_3^-$) en voedselarm (P: 1,8-3,2 $\mu\text{mol/l}$) is. Daarnaast is het grondwater bij R3 ijzerrijk (Fe: 73 $\mu\text{mol/l}$). Dit zwak gebufferde grondwater is in principe geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland.

De lage concentraties totaal en uitwisselbaar calcium past bij de ontwikkeling van vochtige tot natte heide. De bodem lijkt te zijn verzuurd, mogelijk door onvoldoende grondwaterinvloed. Hierdoor kunnen de nu nog aanwezige soorten als blauwe knoop op termijn verdwijnen waardoor ontwikkeling van heide meer voor de hand ligt dan heischraal grasland en/of blauwgrasland. Gelukkig worden, in combinatie met de omvorming van de aangrenzende landbouwgronden, ook hydrologische maatregelen genomen waardoor de grondwaterinvloed wordt versterkt. Op basis van deze eenmalige metingen lijkt dit van groot belang.

Locaties R6-R7 zijn gelegen in het lagere gedeelte van het vochtige hooiland en zijn ook beter gebufferd (Ca-t: 21-44 mmol/l; Ca-z: 9214-17016 $\mu\text{mol/l}$; basenverzadiging: 47-91% en pH-z: 3,9-4,7). De ijzerconcentraties zijn op deze locaties hoog (Fe-t: 561-654 mmol/l) en de bodem is voedselarm (Olsen-P: 330-548 $\mu\text{mol/l}$) waardoor dotterbloemhooiland(/trilveen) tot ontwikkeling komt. De hogere ammoniumconcentraties (564-623 $\mu\text{mol/l}$) passen bij dergelijke venige (34-57% organische stof), natte bodems. Het grondwater op de nabijgelegen locatie 66 (Tabel 10) is (sterk) gebufferd (783-3033 $\mu\text{mol/l HCO}_3^-$) en zeer ijzerrijk (261-320 $\mu\text{mol/l}$).

Locaties R8 en R9 zijn gelegen in een veldrusschraalland. De bodem op deze locaties is matig gebufferd (Ca-t: 11-22 mmol/l; Ca-z: 8635-11931 $\mu\text{mol/l}$; basenverzadiging 83-96% en pH-z: 3,5-4,1). Dit komt overeen met de grondwaterkwaliteitsmetingen. Het grondwater is (matig) gebufferd (Alk: 1,0-2,0 $\mu\text{mol/l}$; 299-1812 $\mu\text{mol/l HCO}_3^-$). Dit past bij dergelijke natte schraallanden. De top laag van de bodem is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 6-10 mmol/l en Olsen-P: 754-1466 $\mu\text{mol/l}$). Op de wat voedselrijkere locatie R9 leek de vegetatie ook wat productiever/voedselrijker. Door middel van maaien en afvoeren en de invloed van ijzerhoudend grondwater kan de P-beschikbaarheid verder afnemen.

Locaties R10-R14 zijn gelegen in het Eexterveld. Locatie R10 is gelegen in een blauwgrasland en heeft een voedselarme bodem: de totaal-P concentratie is 3,0 mmol/l en de Olsen-P concentratie 398 $\mu\text{mol/l}$. De bodem is voldoende/goed gebufferd (Ca-t: 19 mmol/l; Ca-z: 14903 $\mu\text{mol/l}$; basenverzadiging 96% en pH-z: 4,0). Dit past bij een dergelijke soortenrijke ontwikkeling. R11 en R12 zijn gelegen in droge/vochtige heide. De bodems op locatie R11 en R12 zijn eveneens voedselarm: 1,1-3,6 mmol/l totaal-P 174-746 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P. De bodems zijn (zeer) zuur tot zeer zwak gebufferd: 3-4 mmol/l Ca-t, 3062-3101 $\mu\text{mol/l}$ Ca-z, basenverzadiging 49-58%, pH-z 3,1-3,7. Locaties R13 (blauw knoop dominantie in een drogere zone) en R14 (dopheide, struikheide, carex spec, blauwe knoop, klokjesgentiaan in een lagere, vochtige zone) zijn gelegen in een heischraalgrasland. Op locatie R13 is sprake van een calciumarme, zure zandbodem: 2 mmol/l Ca-t, 1603 $\mu\text{mol/l}$ Ca-z, basenverzadiging 30%, pH-z 3,6 en Al/Ca ratio 1,7. Dit is erg zuur-zwak gebufferd voor een heischraal grasland (Ca-z >4000 $\mu\text{mol/l}$). Op locatie R14 is de zandbodem zwak gebufferd: 8 mmol/l Ca-t, 5663 $\mu\text{mol/l}$ Ca-z, basenverzadiging 78%, pH-z 4,1 en Al/Ca ratio 0,17. Dit past bij een heischraal grasland. Het grondwater op locatie R10-R14 is zwak gebufferd (Alk 0,4-0,7 $\mu\text{mol/l}$; 190-292 $\mu\text{mol/l HCO}_3^-$; pH: 5,6-5,8). Verder is de ijzerconcentratie op locatie R14 wat hoger (54 $\mu\text{mol/l}$). Nitraatconcentraties zijn relatief laag (88,6-141,4 $\mu\text{mol/l}$) en er zit weinig sulfaat in het grondwater (71-219 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer heischrale graslanden verzuren (bijvoorbeeld locatie R13 en R14), bijvoorbeeld door onvoldoende grondwaterinvloed, kunnen karakteristieke kruiden op termijn verdwijnen.

Het zou interessant zijn om de grondwaterkwaliteitsmetingen, met name in het Eexterveld en op de flanken van het Schipborgerdiep, te herhalen als het systeem 'op druk' is zodat kan worden gemeten in hoeverre het zwak-matig gebufferde grondwater in het maaiveld of in de wortelzone komt. Het zou optimaal zijn wanneer dit ook gekoppeld kan worden aan stijghoogtemetingen van het grondwater en eventueel ook bodemchemische dieptegradiënten.

5. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 5.2 wordt het bodemtype en de bodemopbouw besproken en in paragraaf 5.3 worden de resultaten van het hydrochemisch onderzoek gepresenteerd. In paragraaf 5.4 wordt de algemene bodemchemie toegelicht. In paragraaf 5.5 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur per locatie besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Ten slotte worden enkele algemene aandachtspunten bij natuurontwikkeling gegeven.

5.2 Bodemtype

De bodem in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit zand. Zeer lokaal zijn venige lagen aangetroffen (locaties 2, 13 en 25). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-40 cm, maar is overwegend 30 cm dik. Onder de bouwvoor is lokaal een verstoorde A, AB of AC horizont aangetroffen. De C horizont wordt vaak op 50-60 cm aangetroffen, op enkele locaties nog iets dieper. Bij de adviezen per locatie zal worden beschreven tot op welke diepte de bodem verrijkt is met fosfaat. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.



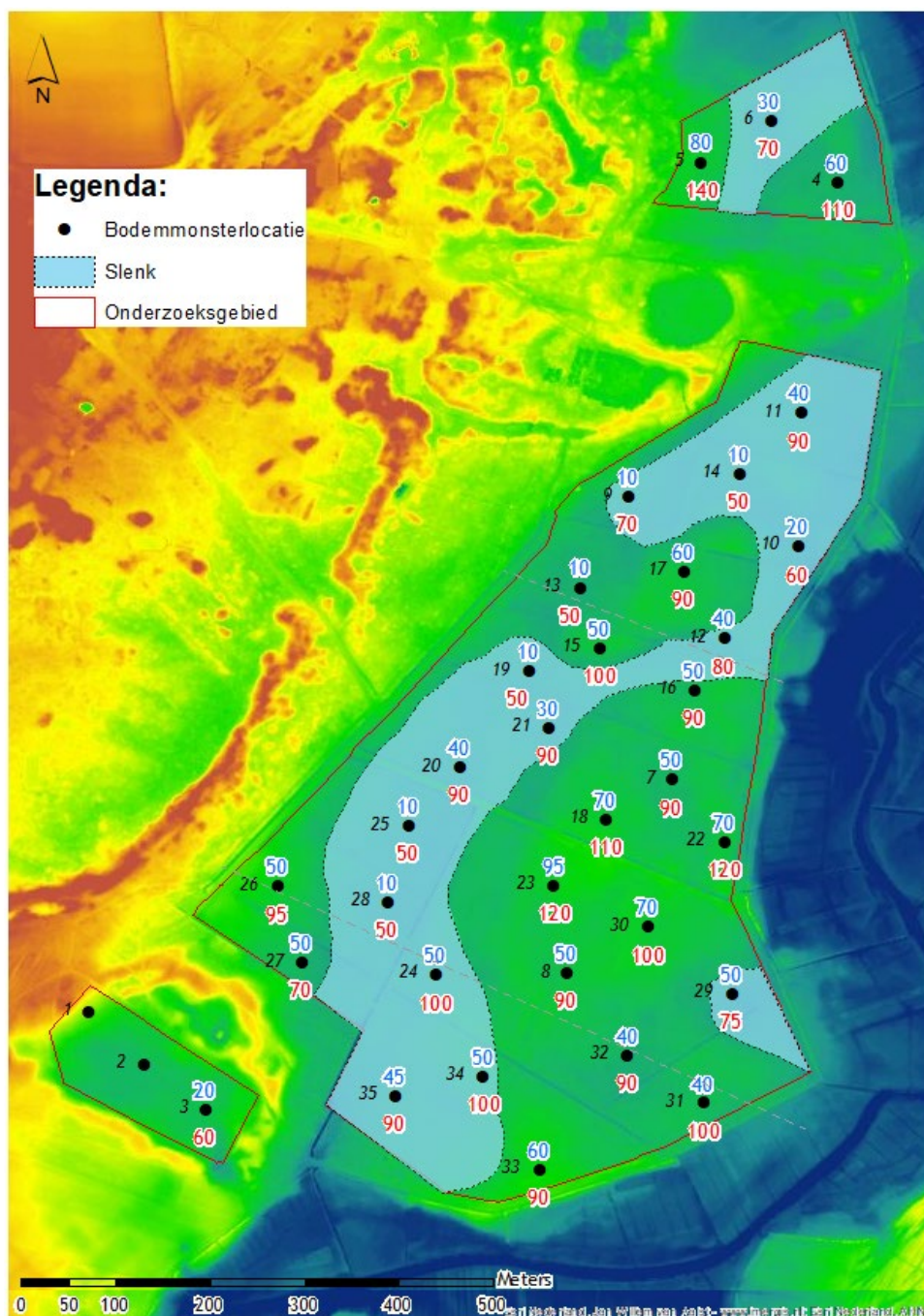
Figuur 18. Foto's van de bodemprofielen op de locaties 2 (linksboven), 4 (rechtsboven), 8 (linksmidden), 17 (rechtsmidden), 20 (linksonder) en 35 (rechtsonder). De bodems zijn uitgelegd per 40 cm (kolom van boven naar beneden) tot een diepte van 150 cm-mv: linksboven ligt 0-10 cm, linksonder 30-40 cm, rechtsboven 120-130 cm-mv. Foto's: Jan Vermeer.

5.3 Grondwaterstanden en waterkwaliteit

Grondwaterstanden

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem, het bodemtype en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

In Figuur 19 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) in het onderzoeksgebied.



Figuur 19. Overzicht van de uit het bodemprofiel afgeleide grondwaterstanden in het onderzoeksgebied. Per bodemmonsterlocatie is de hoogste grondwaterstand (GHG) (in blauw) en de laagste grondwaterstand (GLG) (in rood) aangegeven.

.....

De ruimtelijke variatie van de gemiddeld hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand die per locatie werd afgeleid uit het bodemprofiel wordt weergegeven in Figuur 19. Dit geeft een globale indicatie van de fluctuatie van de grondwaterstand. Door het uitvoeren van vernattingsmaatregelen (sloten dempen of verondiepen) of een maaiveldverlaging (P-rijke toplaag afgraven; mits passend in het ecohydrologisch systeem) kan de grondwaterinvloed in maaiveld worden vergroot. Zie Tabel 2 voor een overzicht per locatie.

Waterkwaliteit

De grondwaterkwaliteit is van invloed op de vegetatieontwikkeling in een gebied. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurtypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant. Vochtig heischraal grasland kan tot ontwikkeling komen bij een GHG van 0-40 cm-mv en een GLG van 40-120 cm-mv. Via capillaire opstijging kan zwak-matig gebufferd grondwater de wortelzone bereiken en voor aanrijking met basen zorgen in de periode tussen oktober en april. Door de tijdelijke aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag afgeremd. Wanneer tevens ijzer wordt aangevoerd kan dit leiden tot fosfaatimmobilisatie.

Wanneer het grondwater niet hoog en/of lang genoeg in de toplaag van de bodem doordringt om aanrijking van de basenvoorraad te bewerkstelligen ter compensatie van de zuurvorming die plaatsvindt als gevolg van oxidatieprocessen in de toplaag (de vereiste periode is afhankelijk van de buffering en de Ca+Mg-concentraties van het grondwater) zal de bodembuffering afnemen. Zowel de mate van buffering van het grondwater als het aantal weken dat grondwater in het maaiveld uittreedt, is hierop van invloed. Dit is lastig te kwantificeren. Het kwantitatieve hydrologische aspect maakt ook geen onderdeel uit van het onderzoek. Bovendien zijn de effecten van eventueel te nemen hydrologische maatregelen onzeker. Een goede parameter voor de mate van buffering is de bicarbonaatconcentratie (HCO_3^-) van het grondwater.

Voor het (indicatieve) hydrochemische onderzoek werden enkele grond- en oppervlaktewatermonsters in het gebied verzameld en geanalyseerd (zie Tabel 3 en Figuur 9). De resultaten worden weergegeven in Tabel 10. Op twee locaties (G2 en G6) is een tweede meting gedaan op 12 oktober 2021.

Het freatische grondwater in het onderzoeksgebied (landbouwpercelen: G1-G7), op de zandige flanken van het beekdal, is zwak gebufferd (pH 5,3-6,2; 128-756 $\mu\text{mol/l}$ HCO_3^-), wat past bij een heischraalgrasland(/blauwgrasland). Daarnaast is het grondwater ijzerarm (1-7 $\mu\text{mol/l}$) en sulfaatarm (68-216 $\mu\text{mol/l}$). Enkel G7 heeft een wat hogere ijzer- en sulfaatconcentratie (38 $\mu\text{mol/l}$; 512 $\mu\text{mol/l}$). Daarnaast is de fosforconcentratie van het grondwater laag (P: 0,4-3,2 $\mu\text{mol/l}$) en lokaal zijn verhoogde nitraatconcentraties te zien (locaties G2, G4 en G6: 40-100 $\mu\text{mol/l}$). Op locatie G6* zien we meer nitraat (231 $\mu\text{mol/l}$) in de meting die is gedaan in oktober dan in de zomermeting. De piek van de nitraatuitspoeling (als het stikstofoverschot uit de landbouwgronden spoelt) ligt meestal tussen november en januari en begint in het najaar als het gewas minder groeit en de neerslag toeneemt. Nitraatuitspoeling kan leiden tot een afname van de concentraties opgelost ijzer in grondwater doordat gereduceerd (goed oplosbaar) ijzer dieper in de bodem onder invloed van nitraat wordt geoxideerd. IJzerhoudend grondwater is in natte natuurgebieden belangrijk voor het immobiliseren van fosfaat (bij een wisselend/natuurlijk waterpeil). Daarnaast kan nitraatuitspoeling leiden tot sulfaatmobilisatie als gevolg van de oxidatie van pyriethoudende (FeSx-verbindingen) bodemlagen.

Tabel 10. Kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en peilbuiswater in Roodzanden. De concentraties zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$ en Fe/P ratio in mol/mol. De monsters zijn op 31-08-2021 verzameld. * Op deze locaties is op 12-10-2021 nogmaals freatisch grondwater verzameld.

Code	Type	pH	Alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	Fe/P	Mg	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
ow 66	ow	7,4	2,6	328	233	2331	0	1330	94	33	212	2,9	159	29,9	3,8	0,41	597	48	719
ow 136	ow	7,3	2,6	328	289	2321	0	1336	92	32	210	2,9	154	27,3	4,1	0,02	609	54	708
66,1	pb	6,5	-	547	2243	3033	0	364	261	15	131	17,6	591	0,3	207,7	-	4298	66	1029
66,2	pb	5,9	-	222	2320	783	0	344	320	24	155	13,6	11	0,3	234,4	-	732	27	1144
136,1	pb	7,3	-	326	295	2442	33	1306	211	18	135	11,6	31	0,3	62,6	-	767	27	936
136,2	pb	7,3	-	308	257	2206	0	1075	28	5	160	5,7	218	0,1	27,8	-	736	27	770
G1	gw	5,7	-	131	3462	756	16	270	2	2	230	0,7	151	0,4	40,3	-	415	5	84
G2	gw	6,2	-	96	798	483	58	63	7	7	182	1,0	102	96,1	47,8	-	477	2	58
G2*	gw	5,5	0,6	133	977	128	51	199	2	2	110	1,3	162	55,6	113,2	-	505	5	277
G3	gw	5,4	-	89	2814	316	23	224	3	7	234	0,4	135	0,5	32,7	-	57	1	35
G4	gw	5,8	-	84	1403	405	48	67	1	1	234	1,0	68	42,4	66,1	-	238	12	45
G5	gw	5,5	-	116	2970	401	20	122	1	1	252	0,8	202	6,0	57,1	-	348	28	24
G6	gw	5,4	-	95	2733	291	111	123	3	3	145	1,1	100	36,3	31,5	-	486	41	52
G6*	gw	5,5	0,5	161	1876	222	48	308	2	1	191	3,2	216	231,2	53,2	-	330	129	259
G7b	gw	5,3	-	178	2434	205	75	279	38	19	339	2,0	512	1,3	85,1	-	191	273	49

Het grondwater uit de peilbuizen in het lagere, venige deel van het beekdal is matig-sterk gebufferd (pH 5,9-7,3, 783-3033 $\mu\text{mol/l}$ HCO₃⁻). De ondiepe buis (x.1) staat op 2,5-3m en de diepe buis (x.2) op 5,5-7m. Op beide locaties is het grondwater ijzerrijk (28-320 $\mu\text{mol/l}$). Ook zijn er verhoogde P-concentraties gemeten (5,7-17,6 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer er meer P in het grondwater zit is er echter ook sprake van ijzerrijker grondwater: de Fe/P ratio is (veel) groter dan 1. Dit is positief. Het grondwater uit peilbuis 66,1 toont opvallend hoge natrium en chloride concentraties (4298 $\mu\text{mol/l}$ en 1029 $\mu\text{mol/l}$). Op deze plek is ook de sulfaatconcentratie verhoogd (591 $\mu\text{mol/l}$). Peilbuis 66 vertoont ook verhoogde ammonium concentraties (207,7-234,4 $\mu\text{mol/l}$), wat past bij de venige beekdalbodem. Het gebufferde, ijzerhoudende grondwater past bij de ontwikkeling van dotterbloemhooilanden en trilvenen.

Wanneer we kijken naar de waterkwaliteit van de beek dan zien we dat er sprake is van fosfaatarm (0,02-0,41 $\mu\text{mol/l}$ PO₄³⁻), sulfaatarm (154-159 $\mu\text{mol/l}$), relatief stikstofarm (<30 $\mu\text{mol/l}$ nitraat en ammonium) oppervlaktewater. Het oppervlaktewater is sterk gebufferd (pH 7,3-7,4, alkaliniteit 2,6 meq/l, 2321-2331 $\mu\text{mol/l}$ HCO₃⁻). Het oppervlaktewater is van goede kwaliteit. Bij eventuele inundaties kan mogelijk alleen de afzetting slibdeeltjes (mochten deze voedselrijker zijn, dat is niet bekend) een knelpunt vormen.

Voor vrijwel alle grondwatermonsters (66.1 en 66.2 uitgezonderd) geldt dat de calcium- en magnesiumconcentraties (basische kationen) relatief laag zijn. Een uitgebreide hydrologische analyse maakt geen onderdeel uit van het onderzoek. De focus ligt op het bodemchemische aspect. Daarnaast kan als gevolg van hydrologisch maatregelen de grondwaterkwaliteit veranderen. Door het nemen van hydrologische maatregelen, kan de grondwaterinvloed in de flanken (en daarmee mogelijk de buffering) toenemen.

5.4 Algemene bodemchemie

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleigehalte van de bodem):

- Heide: 100-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (totaal-P veelal $<2,5$ mmol/l), soortenrijk bij Ca-z $\pm 1500-4000$ $\mu\text{mol/l}$, pH-z $>3,5$, Al/Ca <2 , NH_4 -z <200 $\mu\text{mol/l}$);
- Droog schraalland: ($<$)200-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z $\pm 4000-8000$ $\mu\text{mol/l}$, pH-z $>3,5$, Al/Ca $<1-2$ en basenverzadiging $>30\%$);
- Vochtig heischraalgrasland: 100-400 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z 4.000-10.000 $\mu\text{mol/l}$);
- Blauwgrasland: 200-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z 10.000-30.000 $\mu\text{mol/l}$);
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem (mits P-z < 2 $\mu\text{mol/l}$ en nitraat <100 $\mu\text{mol/l}$).

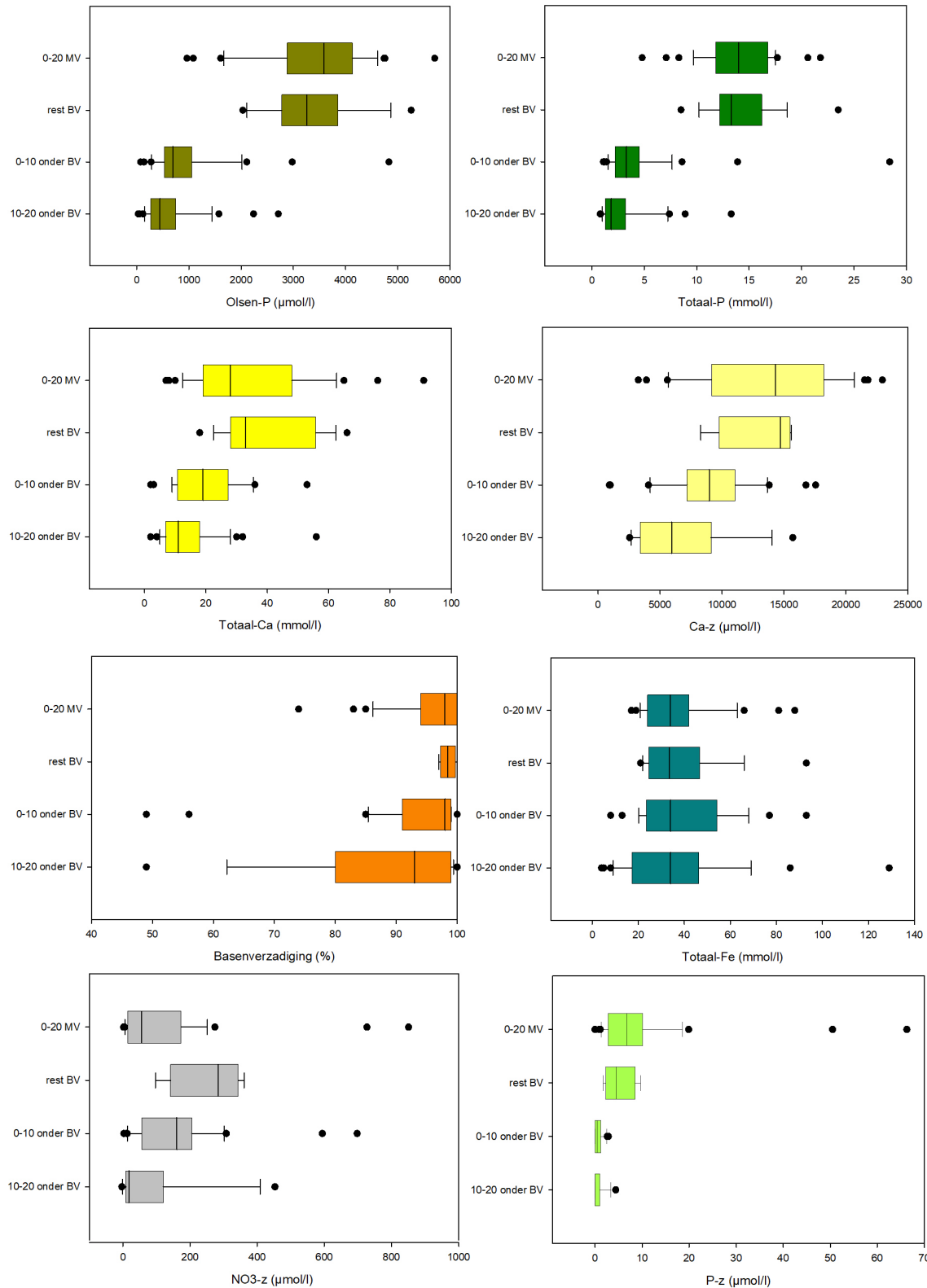
De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

Om een beeld te krijgen van de bodemchemische trends in de diepte zijn boxplots opgesteld voor enkele relevante parameters (Figuur 20). Hierbij is een onderscheid gemaakt in de toplaag van 0-20 cm-mv (AP-horizont), het restant van de bouwvoor (AP-horizont) en de twee bodemlagen onder de bouwvoor (0-10 en 10-20 cm onder de bouwvoor).

Op deze manier wordt duidelijk of er een gradiënt qua voedselrijkdom aanwezig is in de bouwvoor, of de bodem onder de bouwvoor al voldoende voedselarm is en of er sprake is van P-uitspoeling onder de bouwvoor en hoe deze concentraties zich verhouden tot de streefconcentraties. Bij het advies zal hier specifieker op worden ingegaan per locatie.

Wat opvalt, is dat de toplaag van de bodems verrijkt is met fosfaat (plantbeschikbaar fosfaat: ca. 2800-4000 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 12-17 mmol/l totaal-P. De P-concentraties nemen af in de diepte. In de onderkant van de bouwvoor zijn worden nauwelijks lagere P-concentraties gemeten. Onder de bouwvoor zijn de P-concentraties fors lager, maar lokaal nog altijd hoger dan de streefconcentraties van 500 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 2,5-3,0 mmol/l totaal-P. Dit duidt erop dat de bodem onder de bouwvoor in het verleden verstoord is (mogelijk is er incidenteel dieper geploegd) of dat er sprake is van P-uitspoeling uit de zandbodem onder relatief calcium- en ijzerarme condities (ca. 10-20 mmol Ca/l en 30-40 mmol Fe/l).

Wanneer P-arme condities worden gecreëerd op de voormalige landbouwgronden zal de bodem een hogere basenverzadiging en hogere concentraties totaal en uitwisselbaar calcium hebben in vergelijking met de huidige referentielocaties bij Roodzanden. De toplaag van de bodems is sterker verrijkt met calcium, waarschijnlijk als gevolg van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik. In de onderkant van de bouwvoor zijn de concentraties hoger dan in de toplaag: in de toplaag leiden verzurende oxidatieprocessen als gevolg van onder andere bemesting (oxidatie van ammonium genereert zuur) tot wat lagere concentraties. De calciumconcentraties en de basenverzadiging onder de bouwvoor (Figuur 20) bieden perspectief voor de ontwikkeling van onder andere heischraal grasland op voormalige landbouwbodems (bijvoorbeeld in vergelijking met veelal verzuurde bosbodems) onder de juiste hydrologische en voldoende P-arme condities

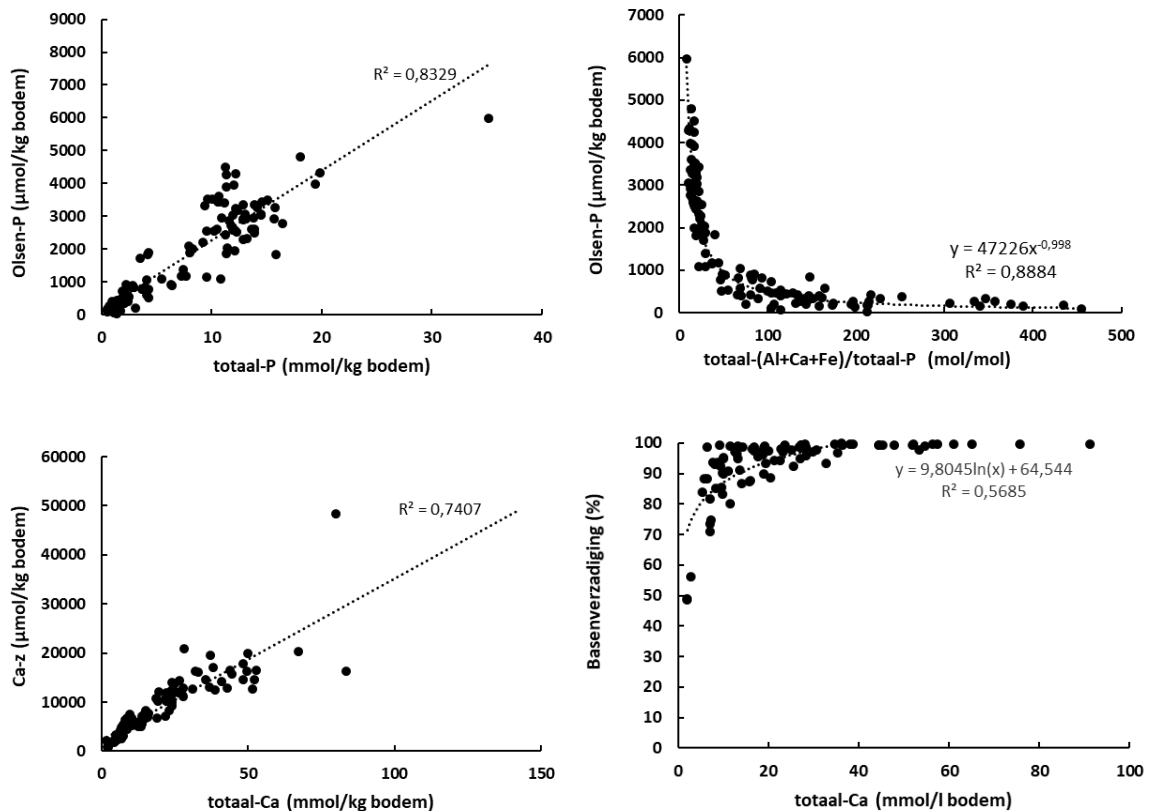


Figuur 20. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, Ca-t, Ca-z, Fe-t, P-z, nitraatconcentraties en de basenverzadiging. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen de toplaag van de landbouwgronden 0-20 cm-mv (n=35), het restant bouwvoor (n=25), 0-10 cm onder de bouwvoor (n=35), 10-20 cm onder de bouwvoor (n=35). De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

Op de lange termijn is het van belang dat de bodems niet verder uitlogten als gevolg van zure depositie (droge locaties; ook N-verrijking is ongewenst) en dat er eventueel aanrijking van basen via het grondwater plaatsvindt op plekken waar vochtige tot natte natuur wordt ontwikkeld. Het is lastig om deze periode te kwantificeren.

Bodemcorrelaties

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van voedselarme natuur. In Figuur 21 worden correlaties tussen een aantal relevante bodemchemische variabelen weergegeven. De concentratie Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat) neemt toe bij een toename van de totale P-voorraad in de bodem. De variatie is beperkt.



Figuur 21. Correlaties tussen enkele bodemchemische variabelen in het onderzoeksgebied.

De concentratie Olsen-P is echter niet alleen afhankelijk van de totaal-P concentratie. Fosfor kan namelijk zeer effectief worden geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaerobe condities) en FePO_4 onder aerobe condities. Ook calcium kan P-immobiliserend werken waarbij de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen belangrijk zijn. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei-/leemdeeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage: keileembodems zijn rijker aan tot-Al) zijn een sterke P-binder. Op plaatsen waar de bodem rijker is aan ijzer, calcium en/of aluminium (Figuur 21, rechtsboven) ten opzichte van totaal-P, is de P-beschikbaarheid voor planten lager. Aangezien in het onderzoeksgebied sprake is van relatief calcium- en ijzerarme bodems zal het vooral van belang zijn dat de totaal-P concentratie voldoende laag is (<2,5-3 mmol/l). Onder calcium- en ijzerarme condities is de P-beschikbaarheid relatief hoog (gemiddeld 24%) waardoor

.....
de voor planten beschikbare P-concentratie hoger uit kan vallen. Door middel van verschrallingsbeheer zal deze verder afnemen.

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Kleideeltjes en organisch materiaal vormen een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem, zo worden vaak bij hoge organische stofgehaltenes ook hogere concentraties zoutuitwisselbaar calcium (Ca-z) gemeten. In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange ($\text{pH}_w < 4,5$) komen. De basische kationen worden dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}); de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering (oplossen van kalk). Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit speelt een belangrijke rol in het onderzoeksgebied. Als het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. Bij totaal-Ca concentraties onder de 20 mmol/l neemt de basenverzadiging steeds verder af (Figuur 21, rechtsonder).

Voor de mate van buffering is de concentratie zoutuitwisselbaar calcium zeer indicatief. In het gebied correleert de hoeveelheid zoutuitwisselbaar calcium goed met de totaal-calcium concentraties (Figuur 21, linksonder). De concentratie totaal-Ca kan in dit gebied dus ook, net als de concentratie Ca-z, worden gebruikt als een indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. De zure (Ca-z <500 $\mu\text{mol/l}$) tot zeer zwak gebufferde bodems (Ca-z 1000-4000 $\mu\text{mol/l}$) passen bij heideontwikkeling. De zwak-matig gebufferde bodems passen bij de ontwikkeling van een droog schraalland of vochtig heischraalgrasland (Ca-z ca. 4000-10000 $\mu\text{mol/l}$). Bij Ca-z concentraties >10000 $\mu\text{mol/l}$ kan een blauwgrasland worden ontwikkeld. De ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen is alleen mogelijk onder de juiste hydrologische condities en voldoende voedselarme omstandigheden

5.5 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van heide, heischraalgrasland en blauwgrasland op een aantal (voormalige) agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 0). In deze paragraaf worden per locatie de belangrijkste bodem- en hydrochemische variabelen kort toegelicht. Per locatie worden de potenties en geschikte maatregelen toegelicht. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht, evenals de toetsing of een eventuele ontgronding past binnen het ecohydrologische systeem.

Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan en welke keuzes per locatie worden gemaakt. Het doel van dit onderzoek is om de potenties en vereiste maatregelen in kaart te brengen zodat vervolgens weloverwogen keuzes kunnen worden gemaakt: gaat men voor de ontwikkeling van voedselarme natuurtypen als heide, heischraal grasland of blauwgrasland of vindt men de vereiste maatregelen te ingrijpend en zet men in op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland op de huidige toplaag? Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter oppervlak voor 'half werk' te kiezen. Dit laatste levert over het algemeen vooral teleurstellingen op (verruiging, noodzaak voor aanvullende beheer, etc.) en is uiteindelijk zonde van de inspanningen, gemaakte kosten en het draagvlak in de omgeving.

We zouden graag samen met de opdrachtgever meekijken naar de keuzes die gemaakt kunnen worden in het onderzoeksgebied zodat de consequenties van bepaalde beslissingen voor de abiotische condities worden gewaarborgd. Op deze manier kunnen we het rapport ook eventueel afsluiten met een concreter inrichtingsvoorstel op basis van de opties die in deze conceptrapportage zijn beschreven.

Tabel 11. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem, Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M5 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschralling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M5	
1	0-20	Zand, matig siltig en humeus	A	7	16	1,1	4739	13,5	0,35	101	7	38	2	3	8	837	3910	0,21	180	646	4,0	74	3,9	167	137	65	
	20-30	Zand, matig siltig	B	2	9	1,1	1923	3,9	0,49	92	2	15	1	0	2	585	922	0,63	189	50	4,2	49	0,0	3	21	3	
	30-40	Zand, matig siltig	B	2	7	1,2	2237	5,0	0,44	113	2	14	2	0	2											6	
	40-50	Zand, matig siltig	B	1	8	1,2																					
2	0-20	Veen, matig zandig	A	9	39	0,9	1711	7,09	0,24	82	16	19	2	4	10	243	9169	0,03	306	2217	4,2	88	0,9	2	1051	26	
	20-30	Veen, matig zandig	A	85	72	0,3	300	1,86	0,16	33	36	13	0	9	13											0	
	30-40	Veen	A	54	71	0,3	51	0,83	0,06	37	21	5	0	7	10	230	12928	0,02	146	6634	3,5	94	2,7	1	37	0	
	40-60	Zand, sterk siltig, matig humeus	B	6	25	1,2	394	1,18	0,33	100	2	4	2	1	5	2118	2551	0,83	208	1370	3,5	49	0,0	-3	18	0	
	60-70	Zand, sterk siltig, matig humeus	B	4	22	1,3																					
	70-80	Zand, matig siltig	BC	2	19	1,4																					
3	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	16	31	0,9	961	4,8	0,20	92	33	17	0	2	11	478	17224	0,03	182	2685	3,9	93	0,0	727	137	11	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus	B	8	23	1,1	435	2,0	0,22	111	16	5	1	1	10	679	8740	0,08	162	1570	3,8	87	0,0	75	48	0	
	30-40	Zand, sterk siltig	B	4	19	1,2	486	1,1	0,45	144	7	8	3	4	7	998	4580	0,22	157	956	3,9	75	0,0	15	56	0	
	40-50	Zand, sterk siltig	B	3	17	1,3	348	1,0	0,34	190	6	21	3	11	5											0	
4	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	15	1,2	4248	12,5	0,34	113	28	22	2	2	6	36	10945	0,00	243	1017	5,0	99	6,9	50	130	59	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	16	1,3	3267	13,1	0,25	115	60	23	2	3	6											31	
	30-40	Zand, sterk siltig	B	2	14	1,2	973	3,5	0,28	179	27	24	4	9	3	41	9778	0,00	231	1422	6,0	99	0,0	34	37	1	
	40-50	Zand, sterk siltig	B	2	14	1,3																					
	50-60	Zand, sterk siltig	BC	1	13	1,4																					
5	0-20	Zand, bv	AP	2	11	1,2	3743	15,9	0,24	115	16	40	4	7	4	35	6182	0,01	234	622	5,4	98	50,5	127	106	81	
	20-30	Zand, bv	AP	2	13	1,3	3667	16,1	0,23	125	28	43	4	8	4											41	
	30-50	Zand, opg	B	1	12	1,4	276	1,4	0,20	114	9	27	3	6	1	12	4741	0,00	436	447	6,4	99	0,1	14	18	0	
	50-65	Zand, opg	B	1	12	1,4	294	1,0	0,28	116	8	26	4	7	1											0	
	65-85	Zand, sterk siltig en humeus	A	8	22	1,1																					
	90-105	Zand, sterk siltig	B	5	18	1,2																					
	105-115	Zand, sterk siltig	B	2	16	1,4																					
6	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	23	1,2	3591	16,2	0,22	132	45	37	3	6	10	24	15987	0,00	200	1736	5,5	99	16,2	158	136	82	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	20	1,1	3101	13,5	0,23	127	44	33	3	6	9	29	14205	0,00	229	1422	5,5	99	9,7	361	86	33	
	30-45	Zand, sterk siltig, matig humeus	A	10	22	1,1	74	1,2	0,06	95	30	14	0	5	11	163	11958	0,01	189	3312	4,3	97	0,0	56	107	0	
	45-60	Zand, sterk siltig	B	4	18	1,2	413	1,5	0,28	192	15	14	6	8	7											0	
	60-70	Zand, matig siltig	BC	2	16	1,3																					
7	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	11	26	1,0	2883	10,6	0,27	146	27	24	3	4	10	228	12538	0,02	231	1039	4,5	95	1,1	175	234	48	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	11	25	0,9	2033	8,5	0,24	139	31	23	2	3	8											17	
	30-40	Zand, sterk siltig, matig humeus	B	8	26	1,1	828	3,9	0,21	275	26	22	5	7	11	501	10736	0,05	134	576	4,3	92	0,0	67	70	3	
	40-50	Zand, sterk siltig	B	4	18	1,3	442	1,3	0,35	383	11	41	9	19	7	928	5937	0,16	157	426	4,2	80	0,0	30	60	0	
	50-60	Zand, sterk siltig	BC	2	15	1,4	367	1,0	0,36	290	8	42	8	19	3											0	
8	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	10	22	1,1	3573	17,2	0,21	169	91	23	4	12	12	18	17753	0,00	116	3945	5,7	100	13,7	159	109	89	
	20-30	Zand	E	10	21	1,1																					
	30-40	Zand, sterk siltig	B	8	21	1,1	893	4,2	0,21	270	56	20	7	16	8	32	15719	0,00	106	4876	5,6	100	2,2	34	53	4	
	40-55	Zand, matig siltig	B	3	16	1,4	505	1,6	0,32	339	12	43	9	22	5											0	
	55-65	Zand, matig siltig	BC	2	14	1,4																					
9	0-10	Zand, sterk siltig en humeus	A	12	33	0,9	2779	13,2	0,21	173	20	17	5	10	17	775	9749	0,08	201	3335	4,0	89	6,9	274	305	32	
	10-30	Zand, sterk siltig en humeus	APB	24	36	0,7	630	4,6	0,14	206	22	6	1	3	19											6	
	30-50	Zand, sterk siltig en humeus	APB	9	34	0,9	1243	6,7	0,19	157	19	22	2	5	11	322	9618	0,03	140	2862	4,4	93	4,4	453	377	23	
	50-60	Zand, sterk siltig	BC	3	20	1,4	586	2,5	0,23	290	10	40	9	20	4											0	

Bodem- en hydrochemisch onderzoek Roodzanden
RP-21.094.21.98

10	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	22	1,0	3499	15,1	0,23	165	14	81	3	8	8	245	5599	0,04	120	1689	4,5	91	2,3	851	301	76	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus	AE	11	28	0,9	1044	8,6	0,12	124	24	174	1	2	8											14	
	30-45	Zand, sterk siltig	B	3	17	1,3	659	2,8	0,23	215	13	52	5	7	4	68	6694	0,01	142	695	4,8	97	1,0	124	226	0	
	45-55	Zand, sterk siltig	B	4	19	1,3	580	3,1	0,19	309	12	70	7	14	5											0	
	55-65	Zand, sterk siltig	BC	1	16	1,4																					
11	0-10	Zand, sterk siltig, matig humeus	A	7	24	1,0	3301	12,4	0,27	182	14	42	5	11	9	314	5963	0,05	191	894	4,5	87	3,9	176	447	29	
	10-30	Zand, sterk siltig	BC	2	13	1,3	1149	3,7	0,31	234	10	56	5	14	3	251	4064	0,06	160	397	4,8	85	2,6	193	488	4	
	30-40	Zand, sterk siltig en humeus, omg	AB	9	26	1,1	2713	13,3	0,20	154	32	35	2	5	7											32	
	40-50	Zand, matig siltig	C	1	11	1,4	203	0,8	0,26	220	8	40	8	15	1	98	3345	0,03	184	669	5,0	94	1,3	71	192	0	
12	0-15	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	19	1,2	3599	14,2	0,25	212	19	51	6	13	6	212	8276	0,03	129	1930	4,9	96	4,5	10	91	53	
	15-25	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	19	1,2	3248	14,7	0,22	219	23	55	5	13	5	132	8289	0,02	140	2108	4,9	97	5,0	277	99	37	
	25-35	Zand, sterk siltig	BC	2	15	1,4	645	3,0	0,22	250	17	44	7	17	3	66	6751	0,01	209	1205	5,0	98	1,2	308	131	0	
	35-55	Zand, sterk siltig en humeus	A	27	45	0,6	700	4,6	0,15	123	18	31	1	4	14											8	
	55-65	Zand, sterk siltig	B	5	23	1,2																					
13	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	23	1,2	2929	11,8	0,25	205	27	39	4	10	8	95	13475	0,01	248	2072	5,0	99	2,8	55	30	55	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	25	1,1	2817	10,6	0,27	200	28	35	4	10	8	128	15235	0,01	198	2769	5,0	98	1,7	97	113	24	
	30-45	Veen, sterk zandig, marig siltig, omg	A	28	42	0,7	615	4,2	0,15	129	35	41	1	7	13	212	11069	0,02	169	3715	4,4	97	0,7	278	89	4	
	45-55	Zand, sterk siltig	B	6	24	1,2	378	1,4	0,26	189	8	14	3	5	11											0	
	55-65	Zand, sterk siltig	B	4	21	1,3																					
14	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	14	32	0,9	1606	14,0	0,11	186	28	56	2	3	12	254	14321	0,02	128	1525	4,6	96	1,5	64	362	60	
	20-35	Zand, sterk siltig	B	4	20	1,3	734	3,0	0,24	235	13	27	4	7	6	194	8682	0,02	174	307	4,7	95	0,7	273	174	0	
	35-45	Zand, sterk siltig	C	2	17	1,4	298	1,2	0,25	312	9	45	8	20	4	196	4475	0,04	170	181	4,7	92	0,0	120	67	0	
	45-55	Zand, sterk siltig	C	1	16	1,5																					
15	0-20	Zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	14	1,2	4238	13,0	0,33	220	8	61	7	13	5	426	3255	0,13	1991	1348	4,4	85	2,7	38	43	63	
	20-30	Zand, matig siltig	BC	1	9	1,3	448	1,7	0,26	192	3	80	7	12	1	384	993	0,39	1448	381	4,6	56	0,0	160	855	0	
	30-40	Zand, matig siltig	BC	1	10	1,3	285	1,6	0,18	202	4	69	9	14	1											0	
	40-50	Zand, matig siltig	C	2	11	1,3																					
16	0-20	Zand, sterk siltig en matig humeus, b	AP	6	17	1,1	3955	10,9	0,36	157	10	22	4	6	6	784	5748	0,14	510	1142	4,3	83	5,1	14	27	49	
	20-30	Zand, matig siltig	B	3	14	1,3	947	2,5	0,38	220	10	30	7	13	2	502	7075	0,07	784	1157	4,6	90	1,0	164	94	0	
	30-40	Zand, matig siltig	B	2	13	1,3	1184	2,9	0,41	204	9	33	7	12	2											0	
	40-50	Zand, matig siltig	C	1	11	1,3	345	1,2	0,30	190	5	32	7	13	1	307	2513	0,12	436	286	4,6	84	0,0	17	38	0	
17	0-15	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	16	1,1	4427	13,5	0,33	143	18	30	4	8	6	218	7990	0,03	317	2870	4,3	95	66,3	3	20	49	
	15-25	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	15	1,1	3836	12,6	0,31	160	18	34	5	7	5											30	
	25-35	Zand, matig siltig	BC	2	12	1,3	571	2,3	0,25	229	9	40	8	14	1	241	6417	0,04	1385	997	4,7	94	2,7	181	133	0	
	35-45	Zand, matig siltig	BC	1	12	1,3	246	1,3	0,19	218	7	46	8	14	1											0	
18	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	17	1,1	3666	11,4	0,32	155	25	24	3	5	7	133	13084	0,01	199	1178	4,6	98	6,8	44	40	52	
	20-40	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	15	1,1	3656	10,4	0,35	147	28	21	3	4	6											46	
	40-60	Zand, matig siltig en humeus, omg	AB	5	15	1,1	2109	4,8	0,44	159	10	22	3	5	4	419	7834	0,05	149	108	4,4	90	1,2	138	302	6	
	60-75	Zand, matig siltig en humeus, omg	AB	3	15	1,3																					
	75-85	Zand, sterk siltig en humeus	A	5	20	1,3																					
	85-95	Zand, matig siltig	BC	2	17	1,5																					
19	0-15	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	15	24	0,9	4444	16,7	0,27	176	23	29	3	7	15	409	11702	0,03	162	2532	4,3	94	5,1	126	34	64	
	15-25	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	16	32	0,9	2119	11,8	0,18	154	28	26	1	4	13											28	
	25-35	Zand, sterk siltig, matig humeus	B	6	22	1,2	139	2,0	0,07	189	11	9	3	4	8	549	8708	0,06	167	1697	4,3	91	0,1	208	141	0	
	35-50	Zand, sterk siltig	B	4	21	1,3	512	1,9	0,27	265	10	22	6	11	8											0	
	50-60	Zand, sterk siltig	BC	2	19	1,4	235	1,5	0,16	276	7	35	9	18	5	579	3645	0,16	217	1131	4,4	82	0,4	20	180	0	
20	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	9	20	1,1	2189	8,3	0,26	145	28	33	3	2	11	125	15053	0,01	123	418	4,8	98	1,7	13	34	33	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	9	21	1,0																					
	30-50	Zand, sterk siltig en humeus, omg	AB	14	37	0,8	4831	28,4	0,17	139	31	58	3	3	20	115	13816	0,01	120	907	4,7	98	2,8	182	79	159	
	50-65	Zand, sterk siltig en humeus, omg	AB	21	42	0,7	1574	8,9	0,18	135	24	36	2	4	19											28	
	65-75	Zand, matig siltig	C	2	16	1,4																					
21	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	24	1,0	1084	10,7	0,10	170	24	37	3	5	9	97	13809	0,01	139	685	4,9	98	1,4	219	106	36	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	24	1,1																					
	30-45	Zand, matig siltig, omg	AB	6	20	1,2	2980	13,9	0,21	211	27	47	4	9	6	19	12871	0,00	220	1345	5,4	99	1,9	133	155	51	
	45-55	Zand, uiterst siltig	C	1	15	1,4	118	0,8	0,15	289	14	45	10	18	4	9	8460	0,00	774	1811	5,6	99	0,0	379	144	0	
22	0-20	Zand, matig siltig, bv	AP	6	17	1,0	3304	12,8	0,26	185	20	56	5	10	6	137	10515	0,01	222								

26	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	17	1,3	5707	14,2	0,40	176	28	28	4	5	7	57	15188	0,00	386	2167	5,1	99	16,3	144	80	35	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	16	1,2	5257	14,0	0,38	171	30	27	4	4	6											51	
	30-45	Zand, matig siltig	B	2	12	1,2	621	2,5	0,25	242	10	32	6	10	2	199	7189	0,03	490	811	5,0	95	0,1	175	146	0	
	45-55	Zand	C	1	11	1,5	261	1,8	0,15	261	6	42	8	13	2	235	2746	0,09	788	352	4,8	88	0,9	9	27	0	
27	0-10	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	12	26	1,1	4756	21,8	0,22	164	55	37	2	6	13	119	21782	0,01	205	3200	5,2	99	17,6	5	30	88	
	10-25	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	11	24	1,2	4822	23,5	0,20	192	66	44	3	8	15											64	
	25-35	Zand, sterk siltig	B	4	18	1,4	757	3,6	0,21	160	23	13	2	4	8	64	10947	0,01	261	2140	5,2	98	0,4	594	288	2	
	35-45	Zand, sterk siltig	BC	3	17	1,4	386	1,5	0,25	178	11	15	3	6	5	53	9118	0,01	304	1875	5,2	99	0,3	64	40	0	
28	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	22	1,3	3773	16,8	0,22	195	57	35	4	10	14	26	21507	0,00	236	4475	5,6	100	9,3	43	48	43	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	22	1,2	3909	16,9	0,23	167	55	31	3	9	13											44	
	30-40	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	A	15	32	0,8	1587	6,7	0,24	143	24	34	3	6	11	42	17563	0,00	145	4367	5,3	99	0,6	214	80	17	
	40-55	Zand, sterk siltig, matig humeus	A	25	49	0,6	1310	7,4	0,18	147	26	40	3	8	18											14	
	55-65	Zand, sterk siltig	C	2	17	1,6	294	1,0	0,29	325	10	51	11	21	3	170	6525	0,03	499	1452	4,7	95	0,0	500	246	0	
29	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	21	1,3	2591	16,1	0,16	262	36	88	8	18	8	9	16191	0,00	422	2967	5,9	100	3,9	15	20	40	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	18	1,3	2456	14,9	0,16	283	35	93	9	20	7	14	15584	0,00	335	2712	5,9	100	4,1	290	88	56	
	30-45	Zand, sterk siltig	AB	3	17	1,3	758	5,4	0,14	266	28	77	7	16	4	5	9256	0,00	760	2339	6,0	100	0,0	698	74	6	
	45-55	Zand, sterk siltig	AB	2	17	1,5	215	2,4	0,09	287	12	86	9	18	2											0	
	55-70	Zand, sterk siltig	C	1																						0	
30	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	19	1,3	4528	17,4	0,26	226	65	32	5	12	10	13	19534	0,00	295	2260	5,7	100	7,1	217	58	90	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	18	1,2																					0
	30-40	Zand, matig siltig	BC	3	12	1,5	640	2,0	0,31	374	17	52	10	24	2	58	8978	0,01	537	4506	5,6	99	1,4	138	165	0	
	40-50	Zand, matig siltig	BC	1	11	1,5	231	1,0	0,23	329	7	51	10	20	1											0	
31	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	20	1,3	3476	20,6	0,17	151	45	66	4	6	8	58	18232	0,00	261	2166	5,6	99	9,6	18	34	110	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	21	1,2	3797	18,1	0,21	128	36	60	3	5	7											47	
	30-40	Zand, sterk siltig, sterk humeus	A	12	27	1,0	535	4,5	0,12	96	53	61	1	7	6	130	13040	0,01	454	3263	4,2	98	0,4	195	46	1	
	40-60	Zand, sterk siltig	B	4	19	1,3	559	1,9	0,29	139	8	10	5	2	4											0	
	75-85	Zand, sterk siltig	BC	2	15	1,6																				0	
32	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	12	17	1,2	4008	17,0	0,24	195	52	34	3	9	13	31	18292	0,00	181	3521	5,1	99	6,7	162	97	88	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	11	26	1,1																					0
	30-45	Zand, sterk siltig	B	7	21	1,3	1088	3,8	0,28	478	19	67	9	24	10	759	9920	0,08	354	1795	4,3	90	1,3	116	72	4	
	45-55	Zand, sterk siltig	BC	2	14	1,6	448	1,3	0,35	398	7	52	10	22	4	1010	3398	0,30	513	737	4,3	71	0,0	14	40	0	
33	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	19	1,2	3935	16,2	0,24	123	48	27	2	4	6	26	16585	0,00	294	2360	5,4	99	19,9	52	96	83	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	18	1,3																					0
	30-45	Zand, sterk siltig, matig humeus	APB	3	17	1,4	553	2,7	0,21	268	19	21	7	10	2	70	9846	0,01	1065	4145	5,7	99	0,0	16	18	0	
	45-55	Zand, sterk siltig, matig humeus	APB	3	18	1,4	472	2,9	0,16	355	18	38	8	16	3											0	
	55-65	Zand, sterk siltig	BC	3	18	1,6																				0	
34	0-20	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	7	19	1,2	3198	17,1	0,19	174	61	34	3	6	9	16	20143	0,00	222	2110	5,6	100	8,9	236	149	88	
	20-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	8	20	1,2	3156	16,5	0,19	174	62	36	2	8	9											42	
	30-40	Zand, sterk siltig	APB	5	19	1,3	506	3,0	0,17	172	28	8	3	4	6	55	12658	0,00	204	2274	5,2	99	0,0	11	43	0	
	40-55	Zand, sterk siltig	APB	4	18	1,3	612	2,4	0,26	225	14	20	4	10	5											0	
	55-65	Zand, sterk siltig	C	1	13	1,5	258	0,8	0,34	283	8	38	8	18	3	172	3779	0,05	394	617	4,8	93	0,6	7	48	0	
35	0-10	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	10	23	1,1	3310	17,7	0,19	213	76	26	4	9	12	29	22944	0,00	204	2994	5,6	100	8,7	173	96	46	
	10-25	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	11	25	1,1																					0
	25-35	Zand, sterk siltig	BC	5	20	1,4	786	3,1	0,25	437	27	48	7	29	6	83	16780	0,00	235	3695	5,3	99	0,5	13	51	0	
	35-45	Zand, sterk siltig	C	4	18	1,4	480	2,5	0,19	483	18	69	10	36	4	174	8308	0,02	373	1770	4,8	97	0,0	6	35	0	

Locatie 1 GHG: - GLG: - (niet af kunnen leiden uit het boorprofiel)

Op deze locatie zou sprake zijn van een uitstuiplakke, waar zand op veen ligt. Het bodemprofiel laat zien dat op deze locatie geen veen is aangetroffen (zie Bijlage 1). De toplaag (0-20 cm-mv) is zwak calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 7 mmol/l, Ca-z: 3910 µmol/l, Fe-t: 38 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4739 µmol/l, P-t: 13,5). Na afgraving van de toplaag van 20 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van 9 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide (Olsen-P: 1923 µmol/l; P-t: 3,9 mmol/l; Ca-z: 922 µmol/l).

Advies: 20 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (9 jaar) t.b.v. de ontwikkeling van heide.

Locatie 2 GHG: - GLG: - (niet af kunnen leiden uit het boorprofiel)

Op deze locatie zou sprake zijn van een uitstuiplakke, waar zand op veen ligt. Hier is veen aan het oppervlak aangetroffen tot 60 cm-mv, maar bestaat de toplaag van 0-20 cm uit weinig zand met maar 9% organisch stof in vergelijking met 54-85% op 40-60 cm-mv (zie Bijlage 1 en Tabel 11). Hieruit blijkt dat het zand zich heeft vermengt met de toplaag veen. Er stond 20 cm water op het maaiveld. De toplaag (0-20 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 16 mmol/l, Ca-z: 9169 µmol/l, Fe-t: 19 mmol/l). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1711 µmol/l, P-t: 7,1 mmol/l). Na afgraving van de toplaag van 20 cm is de bodem voldoende

fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland of kleine zeggenvegetatie, afhankelijk van de grondwaterstanden (Olsen-P: 300 µmol/l; P-t: 1,9 mmol/l; Ca-t: 36 µmol/l). Beperkte droogval (10-20 cm) van de venige toplaag in de zomerperiode is gewenst. Forsere droogval kan tot extra mineralisatie leiden en is ongewenst. In dat geval zou een verdere verschraling van de toplaag ook een optie kunnen zijn.

Advies: toplaag verder verschralen (26 jaar maaien en afvoeren) of 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland/kleine zeggenvegetatie.

Locatie 3 GHG: 20 cm-mv GLG: 60 cm-mv

Op deze locatie zou sprake zijn van een uitstuifvlakte, waar zand op veen ligt. Het bodemprofiel laat zien dat op deze locatie geen veen in aangetroffen (zie Bijlage 1). De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 33 mmol/l, Ca-z: 17224 µmol/l, Fe-t: 17 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 961 µmol/l, P-t: 4,8 mmol/l). Door de beperkte fosfaatverrijking van de bouwvoor is met aanvullend verschrallingsbeheer van circa 11 jaar de ontwikkeling van een heischraalgrasland/blauwgrasland mogelijk (na het bereiken van de gewenste verschraling eventueel de dichte zode, mits soortenarm, verwijderen en maaisel uit een referentieterrein aanbrengen). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van de bouwvoor van 20 cm, hiermee is de ontwikkeling van een heischraalgrasland meteen mogelijk (Olsen-P: 435 µmol/l; P-t: 2,0 mmol/l; Ca-t: 16 mmol/l; Ca-z: 8740 µmol/l).

Advies 1: verschrallingsbeheer van circa 11 jaar op de toplaag t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland/blauwgrasland.

Advies 2: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 4 GHG: 60 cm-mv GLG: 110 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 28-60 mmol/l, Ca-z: ±10945 µmol/l, Fe-t: 22-23 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3267-4248 µmol/l, P-t: 12,5-13,1 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm en een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer (circa 1 jaar) is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland/blauwgrasland (Olsen-P: 973 µmol/l; P-t: 3,5 mmol/l; Ca-t: 27 mmol/l; Ca-z: 9778 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven met minimaal aanvullend verschrallingsbeheer (circa 1 jaar) t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland/blauwgrasland.

Locatie 5 GHG: 80 cm-mv GLG: 140 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en ijzerhoudend (Ca-t: 16-28 mmol/l, Ca-z: ±6182 µmol/l, Fe-t: 40-43 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3667-3743 µmol/l, P-t: 15,9-16,1 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide of een heischraalgrasland (Olsen-P: 276 µmol/l; P-t: 1,4 mmol/l; Ca-t: 9 mmol/l; Ca-z: 4741 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide/heischraalgrasland.

Locatie 6 GHG: 30 cm-mv GLG: 70 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 44-45 mmol/l, Ca-z: 14205-15987 µmol/l, Fe-t: 33-37 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat

.....
(Olsen-P: 3101-3591 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 13,5-16,2 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 74 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 1,2 mmol/l ; Ca-t: 30 mmol/l ; Ca-z: 11958 $\mu\text{mol/l}$).

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland.

Locatie 7 GHG: 50 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 27-31 mmol/l , Ca-z: $\pm 12538 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 23-24 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2033-2883 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 8,5-10,6 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor van 30 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 3 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraalgrasland (Olsen-P: 828 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 3,9 mmol/l ; Ca-t: 26 mmol/l ; Ca-z: 10736 $\mu\text{mol/l}$). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 40 cm om meteen fosfaatarme condities te creëren, dit zou de ontwikkeling van heischraalgrasland mogelijk maken (Olsen-P: 442 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 1,3 mmol/l ; Ca-t: 11 mmol/l).

Advies 1: 30 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 3 jaar t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraalgrasland.

Advies 2: 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 8 GHG: 50 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 91 mmol/l , Ca-z: 17753 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 23 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2033-2883 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 8,5-10,6 mmol/l). Na afgraven van 30 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 4 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraalgrasland, afhankelijk van de hydrologische condities (Olsen-P: 893 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 4,2 mmol/l ; Ca-t: 56 mmol/l ; Ca-z: 15719 $\mu\text{mol/l}$). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 40 cm om meteen fosfaatarme condities te creëren, dit zou de ontwikkeling van een heischraalgrasland mogelijk maken (Olsen-P: 505 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 1,6 mmol/l ; Ca-t: 12 mmol/l).

Advies 1: 30 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 4 jaar t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraalgrasland.

Advies 2: 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 9 GHG: 10 cm-mv GLG: 70 cm-mv

De toplaag (0-10 cm-mv) matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 20 mmol/l , Ca-z: 9749 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 17 mmol/l). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2779 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 13,2 mmol/l). Na afgraving van de toplaag met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 12 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland (Olsen-P: 630 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 4,6 mmol/l ; Ca-t: 22 mmol/l). Het aanvullend verschrallingsbeheer is langer dan 6 jaar doordat de verstoorde bodem op 30-50 cm-mv verrijkt is met fosfaat. Ook kan gekozen worden om het ambitieniveau aan te passen en op deze locatie te richten op de ontwikkeling van een kruiden-en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Advies 1: 10 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 12 jaar t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraalgrasland.

Advies 2: Ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Locatie 10 GHG: 20 cm-mv GLG: 60 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 14 mmol/l, Ca-z: 5599 μ mol/l, Fe-t: 81 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3499 μ mol/l, P-t: 15,1 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 20 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 14 jaar (risico op verzuivering) is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland/heischraalgrasland (Olsen-P: 1044 μ mol/l; P-t: 8,6 mmol/l; Ca-t: 24 mmol/l). Ook kan gekozen worden voor het afgraven van 30 cm (voorkeur) met minimaal aanvullend verschrallingsbeheer om nog fosfaatarmere condities te creëren, dit zou de ontwikkeling van heischraalgrasland mogelijk maken (Olsen-P: 659 μ mol/l; P-t: 2,8 mmol/l; Ca-t: 13 mmol/l, Ca-z: 6694 μ mol/l).

Advies 1: 20 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 14 jaar t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraalgrasland.

Advies 2: 30 cm afgraven met minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland (voorkeur).

Locatie 11 GHG: 40 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De toplaag (0-10 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en ijzerhoudend (Ca-t: 14 mmol/l, Ca-z: 5963 μ mol/l, Fe-t: 42 mmol/l). De toplaag is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3301 μ mol/l, P-t: 12,4 mmol/l). Na afgraven van de toplaag en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 20 jaar (risico op verzuivering) is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide of een heischraalgrasland (Olsen-P: 1149 μ mol/l; P-t: 3,7 mmol/l; Ca-t: 10 mmol/l; Ca-z: 4064 μ mol/l). Het aanvullend verschrallingsbeheer is relatief fors doordat de verstoorde bodem op 30-40 cm-mv verrijkt is met fosfaat. Na 40 cm afgraven is de bodem nog fosfaatarm en is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig. Indien hiervoor gekozen wordt, is direct de ontwikkeling van heide of heischraalgrasland mogelijk (Olsen-P: 203 μ mol/l; P-t: 0,8 mmol/l; Ca-t: 8 mmol/l, Ca-z: 3345 μ mol/l).

Advies 1: 10 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 20 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heide/heischraalgrasland.

Advies 2: 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide/heischraalgrasland.

Locatie 12 GHG: 40 cm-mv GLG: 80 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 19-23 mmol/l, Ca-z: 8276-8289 μ mol/l, Fe-t: 51-55 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3248-3599 μ mol/l, P-t: 14,2-14,7 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 25 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 4 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Olsen-P: 645 μ mol/l; P-t: 3,0 mmol/l; Ca-t: 17 mmol/l; Ca-z: 6751 μ mol/l).

Advies: 25 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 4 jaar t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

.....
Locatie 13 GHG: 10 cm-mv GLG: 50 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 27-28 mmol/l, Ca-z: 13475-15235 µmol/l, Fe-t: 35-39 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2817-2929 µmol/l, P-t: 10,6-11,8 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 4 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Olsen-P: 615 µmol/l; P-t: 4,2 mmol/l; Ca-t: 35 mmol/l Ca-z: 11069 µmol/l). Na 45 cm is de bodem nog fosfaatarm en is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig (Olsen-P: 378 µmol/l; P-t: 1,5 mmol/l; Ca-t: 8 mmol/l). Dit is echter een relatief forse inrichtingsmaatregel.

Advies: 30 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 4 jaar t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland.

Locatie 14 GHG: 10 cm-mv GLG: 50 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 28 mmol/l, Ca-z: 14321 µmol/l, Fe-t: 56 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1606 µmol/l, P-t: 14,0 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 20 cm en een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Olsen-P: 734 µmol/l; P-t: 3,0 mmol/l; Ca-t: 13 mmol/l Ca-z: 8682 µmol/l). Na het afgraven van 35 cm is de bodem nog fosfaatarm, is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig en is de ontwikkeling van heide of heischraalgrasland mogelijk (Olsen-P: 298 µmol/l; P-t: 1,2 mmol/l; Ca-t: 9 mmol/l; Ca-z: 4475 µmol/l).

Advies 1: 20 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Advies 2: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide of heischraalgrasland.

Locatie 15 GHG: 50 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 8 mmol/l, Ca-z: 3255 µmol/l, Fe-t: 61 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4238 µmol/l, P-t: 13,0 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 20 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heide (Olsen-P: 448 µmol/l; P-t: 1,7 mmol/l; Ca-t: 3 mmol/l; Ca-z: 993 µmol/l) in combinatie met een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal per hectare.

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heide.

Locatie 16 GHG: 50 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 10 mmol/l, Ca-z: 5748 µmol/l, Fe-t: 22 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3955 µmol/l, P-t: 10,9 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 20 cm en met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland (Olsen-P: 947 µmol/l; P-t: 2,5 mmol/l; Ca-t: 10 mmol/l; Ca-z: 7075 µmol/l).

Advies: 20 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland.

Locatie 17 GHG: 60 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 18 mmol/l, Ca-z: 7990 µmol/l, Fe-t: 30-34 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3836-4427 µmol/l, P-t: 12,6-13,5 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 25 cm en met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland (Olsen-P: 571 µmol/l; P-t: 1,3 mmol/l; Ca-t: 9 mmol/l; Ca-z: 6417 µmol/l).

Advies: 25 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland.

Locatie 18 GHG: 70 cm-mv GLG: 110 cm-mv

De bouwvoor (0-40 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 25-28 mmol/l, Ca-z: 13084 µmol/l, Fe-t: 21-24 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3656-3666 µmol/l, P-t: 10,4-11,4 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor en met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 6 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Olsen-P: 2109 µmol/l; P-t: 4,8 mmol/l; Ca-t: 10 mmol/l; Ca-z: 7834 µmol/l). Er kan ook gekozen worden voor het aanpassen van het ambitieniveau en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door middel van maaien en afvoeren.

Advies 1: 40 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland.

Advies 2: aanpassen van het ambitieniveau en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door middel van maaien en afvoeren.

Locatie 19 GHG: 10 cm-mv GLG: 50 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 23-28 mmol/l, Ca-z: 11702 µmol/l, Fe-t: 26-29 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2119-4444 µmol/l, P-t: 11,8-16,7 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 25 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Olsen-P: 139 µmol/l; P-t: 2,0 mmol/l; Ca-t: 11 mmol/l; Ca-z: 8708 µmol/l).

Advies: 25 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 20 GHG: 40 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 28 mmol/l, Ca-z: 15053 µmol/l, Fe-t: 33 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2189 µmol/l, P-t: 8,3 mmol/l). De bodem is echter sterk verstoord (omgewerkt) en tot op grote diepte (65 cm-mv) verrijkt met fosfaat. Geadviseerd wordt om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Advies: aanpassen van het ambitieniveau en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Locatie 21 GHG: 30 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 24 mmol/l, Ca-z: 13809 µmol/l, Fe-t: 37 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1084 µmol/l, P-t: 10,7 mmol/l). De bodem is na 45 cm afgraven fosfaatarm, maar dit is een relatief

.....
forse inrichtingsmaatregel. Geadviseerd wordt om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Advies: aanpassen van het ambitieniveau en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Locatie 22 GHG: 70 cm-mv GLG: 120 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 20-23 mmol/l, Ca-z: 10515 µmol/l, Fe-t: 56-63 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3191-3304 µmol/l, P-t: 12,8-12,9 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 7 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Olsen-P: 1351 µmol/l; P-t: 5,3 mmol/l; Ca-t: 23 mmol/l) of blauwgrasland onder de juiste hydrologische condities. Na afgraven van 40 cm is de bodem nog fosfaatarm en de ontwikkeling van heide mogelijk (Olsen-P: 29 µmol/l; P-t: 1,9 mmol/l; Ca-t: 6 mmol/l; Ca-z: 4530 µmol/l).

Advies 1: 30 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 7 jaar t.b.v. de ontwikkeling van heischraalgrasland (of blauwgrasland onder de juiste hydrologische condities).

Advies 2: 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heide.

Locatie 23 GHG: 95 cm-mv GLG: 120 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 38-39 mmol/l, Ca-z: 18823 µmol/l, Fe-t: 22 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4130-4484 µmol/l, P-t: 11,8-13,0 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 25 cm met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een droog heischraalgrasland (Olsen-P: 1035 µmol/l; P-t: 2,9 mmol/l; Ca-t: 19 mmol/l, Ca-z: 8394 µmol/l).

Advies: 25 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van een droog heischraalgrasland.

Locatie 24 GHG: 50 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 38 mmol/l, Ca-z: 15758 µmol/l, Fe-t: 49 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3645 µmol/l, P-t: 17,1 mmol/l). Na het afgraven van de bouwvoor van 30 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heischraalgrasland (Olsen-P: 292 µmol/l; P-t: 1,1 mmol/l; Ca-t: 13 mmol/l, Ca-z: 8577 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 25 GHG: 10 cm-mv GLG: 50 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 52-58 mmol/l, Ca-z: 19300 µmol/l, Fe-t: 24-25 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2663-2777 µmol/l, P-t: 12,3-12,9 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 11 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Olsen-P: 650 µmol/l; P-t: 3,6 mmol/l; Ca-t: 36 mmol/l, Ca-z: 10929 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 11 jaar t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland.

Locatie 26 GHG: 50 cm-mv GLG: 95 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 28-30 mmol/l, Ca-z: 15188 µmol/l, Fe-t: 27-28 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 5707-5257 µmol/l, P-t: 14,0-14,2 mmol/l). Na het afgraven van de bouwvoor van 30 cm met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van heide of heischraalgrasland (Olsen-P: 621 µmol/l; P-t: 2,5 mmol/l; Ca-t: 10 mmol/l, Ca-z: 7189 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van heide of heischraalgrasland.

Locatie 27 GHG: 50 cm-mv GLG: 70 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 55-66 mmol/l, Ca-z: 21782 µmol/l, Fe-t: 37-44 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4756-4822 µmol/l, P-t: 21,8-23,5 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 25 cm en met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 2 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland of heischraalgrasland (Olsen-P: 757 µmol/l; P-t: 3,6 mmol/l; Ca-t: 23 mmol/l). Na afgraven van 35 cm is de bodem nog fosfaatarm en de ontwikkeling van een heischraalgrasland mogelijk (Olsen-P: 386 µmol/l; P-t: 1,5 mmol/l; Ca-t: 11 mmol/l; Ca-z: 9118 µmol/l).

Advies 1: 25 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 2 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland.

Advies 2: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 28 GHG: 10 cm-mv GLG: 50 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 55-57 mmol/l, Ca-z: 21507 µmol/l, Fe-t: 31-35 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3773-3909 µmol/l, P-t: 16,8-16,9 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm en met een aanvullend verschrallingsbeheer circa 31 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm, maar het risico op verzuuring is hierdoor erg groot. Pas op 55 cm-mv is de voedselarme C-horizont aangetroffen. Geadviseerd wordt om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Advies: aanpassen van het ambitieniveau en te richten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland door middel van maaien en afvoeren.

Locatie 29 GHG: 50 cm-mv GLG: 75 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 35-36 mmol/l, Ca-z: 15584-16191 µmol/l, Fe-t: 88-93 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2456-2591 µmol/l, P-t: 14,9-16,1 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm en met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 6 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland of heischraalgrasland (Olsen-P: 758 µmol/l; P-t: 5,4 mmol/l; Ca-t: 28 mmol/l Ca-z: 9256 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 6 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland.

.....
Locatie 30 GHG: 70 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 65 mmol/l, Ca-z: 19534 µmol/l, Fe-t: 32 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4528 µmol/l, P-t: 17,4 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm en met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Olsen-P: 640 µmol/l; P-t: 2,0 mmol/l; Ca-t: 17 mmol/l Ca-z: 8978 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 31 GHG: 40 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 36-45 mmol/l, Ca-z: 18232 µmol/l, Fe-t: 60-66 mmol/l). De bouwvoor is (sterk) verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3476-3797 µmol/l, P-t: 18,1-20,6 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm en met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 535 µmol/l; P-t: 4,5 mmol/l; Ca-t: 53 mmol/l; Ca-z: 13040 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Locatie 32 GHG: 40 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 52 mmol/l, Ca-z: 18292 µmol/l, Fe-t: 34 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4008 µmol/l, P-t: 17,0 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor met een verschrallingsbeheer van circa 4 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland (Olsen-P: 1088 µmol/l; P-t: 3,8 mmol/l; Ca-t: 19 mmol/l; Ca-z: 9920 µmol/l). Na afgraven van 45 cm is de bodem nog fosfaatarm, maar dit is een relatief forse inrichtingsmaatregel (Olsen-P: 448 µmol/l; P-t: 1,3 mmol/l; Ca-t: 7 mmol/l; Ca-z: 3398).

Advies: 30 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland.

Locatie 33 GHG: 60 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 48 mmol/l, Ca-z: 16585 µmol/l, Fe-t: 27 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3935 µmol/l, P-t: 16,2 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm en met een minimaal verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland of heischraalgrasland (Olsen-P: 553 µmol/l; P-t: 2,7 mmol/l; Ca-t: 19 mmol/l; Ca-z: 9846 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland.

Locatie 34 GHG: 50 cm-mv GLG: 100 cm-mv

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 61-62 mmol/l, Ca-z: 20143 µmol/l, Fe-t: 34-36 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3156-3198 µmol/l, P-t: 16,5-17,1 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 30 cm met een minimaal verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een

.....
blauwgrasland of heischraalgrasland (Olsen-P: 506 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 3,0 mmol/l; Ca-t: 28 mmol/l; Ca-z: 12658 $\mu\text{mol/l}$).

Advies: 30 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland.

Locatie 35 GHG: 45 cm-mv GLG: 90 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 76 mmol/l, Ca-z: 22944 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 26 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3310 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 17,7 mmol/l). Na afgraven van de bouwvoor van 25 cm en met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 786 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 3,1 mmol/l; Ca-t: 27 mmol/l; Ca-z: 16780 $\mu\text{mol/l}$). Na afgraven van 35 cm is de bodem nog fosfaatarm en de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland mogelijk (Olsen-P: 480 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 2,5 mmol/l; Ca-t: 18 mmol/l; Ca-z: 8308 $\mu\text{mol/l}$).

Advies 1: 25 cm afgraven met een minimaal aanvullend verschrallingsbeheer t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.

Advies 2: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland of heischraalgrasland.

6. SYNTHESE EN CONCLUSIES

AANLEIDING EN OPZET ONDERZOEK

- Onderzoekcentrum B-WARE heeft in opdracht van Prolander een bodem- en hydrochemisch onderzoek uitgevoerd om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal (voormalige) landbouwgronden van deelgebied Roodzanden, gelegen op de flanken van het beekdal van de Drentsche Aa. Als gevolg van het verleden van (mogelijk intensief) agrarisch gebruik en bemesting zijn waarschijnlijk maatregelen vereist om de nutriëntenconcentraties te verlagen voor de ontwikkeling van N10.01 nat schraalland, N11.01 droog schraalgrasland, N06.04 vochtige heide en N07.01 droge heide.
- Ten behoeve van hydrologisch herstel van het gebied kan ervan uit worden gegaan dat de meeste watergangen worden gedempt tot aan maaiveld, behalve waar afwatering voor bebouwing of wegen vereist blijft. Het toekomstig hydrologisch systeem is gericht op afvloeien over maaiveld in de laagtes en zo lang mogelijk vasthouden van gebiedseigen (grond)water.
- Het onderzoek is primair gericht op de bodemchemie. Tevens zijn enkele grond- en oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen uitgevoerd. Het uitvoeren van een (ecohydrologische) systeemanalyse en het opstellen van een inrichtingsplan maken geen deel uit van het onderzoek. Met behulp van de resultaten van dit onderzoek kan de opdrachtgever gericht keuzes maken bij de gebiedsontwikkeling. Op 35 locaties werden profielbeschrijvingen uitgevoerd en bodemonsters verzameld voor analyse. Daarnaast werden referentiemonsters verzameld in de regio en enkele aanvullende grond- en oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen in de landbouwpercelen en het natuurgebied uitgevoerd.

REFERENTIEMETINGEN OMGEVING ROODZANDEN

- In het Molenveld, Schipborgdiep, Anloërdiepje en Eexterveld werden bodemonsters verzameld van goed ontwikkeld blauwgrasland, heischraalgrasland, vochtige en droge heide. Daarnaast is op enkele locaties eenmalige freatisch grondwater verzameld. Uit de referentiemetingen blijkt dat er overwegend sprake is van voedselarme condities. De mate van buffering bepaalt of een soortenarme heide (zeer zuur), soortenrijke heide (zuur-zeer zwak gebufferd), heischraal grasland (zwak-matig gebufferd), blauwgrasland (goed gebufferd) of vochtig hooiland (goed gebufferd en zeer ijzerrijk) tot ontwikkeling kan komen. In Molendiep (droge heide) is sprake van zure zandbodems. De bodems van het heischraalgrasland en blauwgrasland op de flanken van het Schipborgerdiep zijn zuur tot zeer zwak gebufferd. Het freatische grondwater is zwak gebufferd en lokaal ijzerrijk. De lage concentraties totaal en uitwisselbaar calcium passen bij de ontwikkeling van vochtige tot natte heide. De bodem lijkt te zijn verzuurd, mogelijk door onvoldoende grondwaterinvloed, waardoor heischrale en blauwgraslandsoorten kunnen verdwijnen. Gelukkig worden, in combinatie met de omvorming van de aangrenzende landbouwgronden, ook hydrologische maatregelen genomen waardoor de grondwaterinvloed wordt versterkt. Op basis van deze eenmalige metingen lijkt dit van groot belang. In het lager gelegen dotterbloemhooiland en trilveen zijn ijzerrijke, gebufferde veenbodems aanwezig. Het grondwater is eveneens gebufferd en zeer ijzerrijk. In het Anloërdiepje zijn met name veldrusschraallanden aanwezig. De bodem op deze locaties is matig gebufferd, wat ook overeen komt met de grondwaterkwaliteitsmetingen.

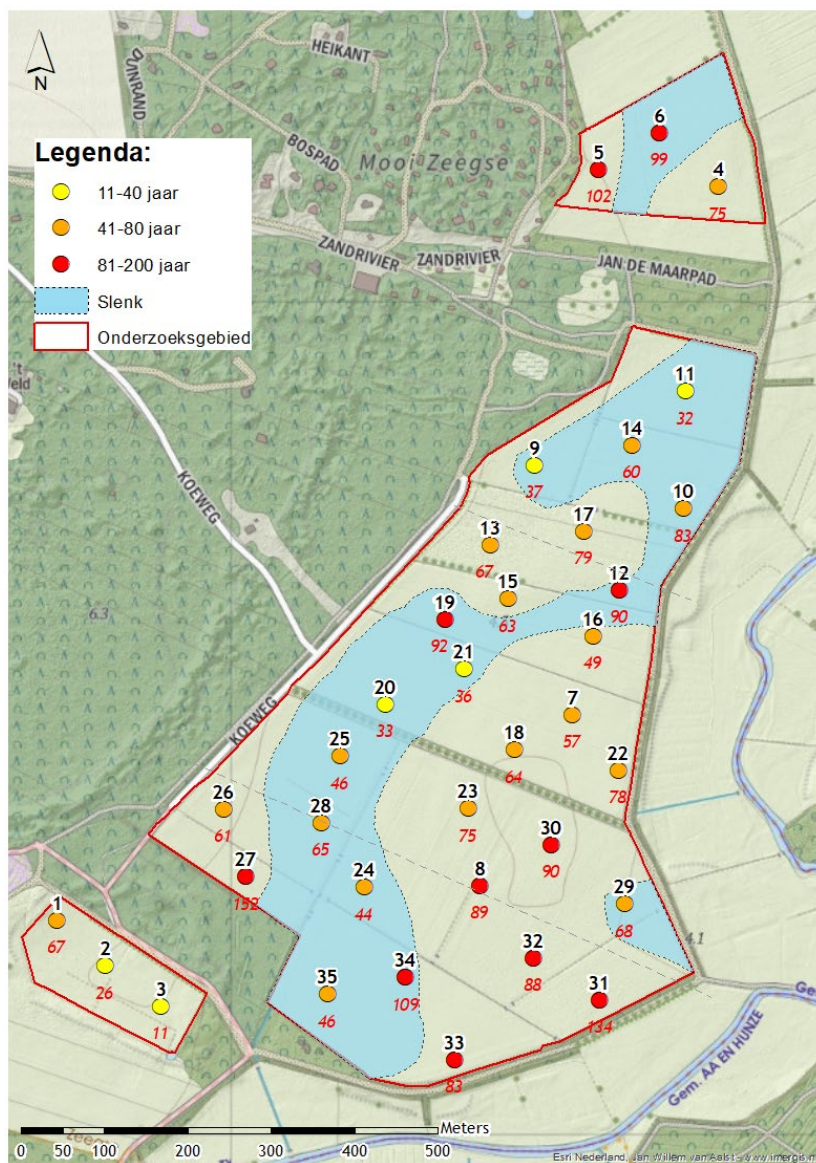
De toplaag van de bodem is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 754-1466 $\mu\text{mol/l}$). Door middel van maaien en afvoeren en de invloed van ijzerhoudend grondwater kan de P-beschikbaarheid verder afnemen. In het Eexterveld is blauwgrasland, heischraalgrasland en droge-vochtige heide aanwezig. Op twee locaties lijkt sprake van verzuring van heischraalgrasland. Het grondwater is zwak gebufferd. Mogelijk is de grondwaterinvloed onvoldoende om de buffering te waarborgen (verdroging). Hierdoor kunnen karakteristieke soorten op termijn verdwijnen. Het zou interessant zijn om de grondwaterkwaliteitsmetingen, met name in het Eexterveld en op de flanken van het Schipborgerdiep, te herhalen als het systeem 'op druk' is (einde natte seizoen/voorjaar) en het begin van het natte seizoen (einde droge zomerperiode), zodat kan worden gemeten in hoeverre het zwak-matig gebufferde grondwater in het maaiveld of in de wortelzone komt. Het zou optimaal zijn wanneer dit ook gekoppeld kan worden aan stijghoogtemetingen van het grondwater en de analyse van bodemchemische dieptegradiënten.

P-GELIMITEERDE NATUURONTWIKKELING (VOORMALIGE) LANDBOUWPERCELEN

De bodem in het onderzoeksgebied Roodzanden bestaat voornamelijk uit matig tot sterk lemig zand. Zeer lokaal zijn venige lagen aangetroffen (locaties 2, 13 en 25; Tabel 11). De dikte van de bouwvoor varieert van circa 20-40 cm, maar is overwegend 30 cm dik. Onder de bouwvoor is lokaal een verstoorde A, AB of AC horizont aangetroffen. De C horizont wordt vaak op 50-60 cm aangetroffen, op enkele locaties nog iets dieper (zie Bijlage 1).

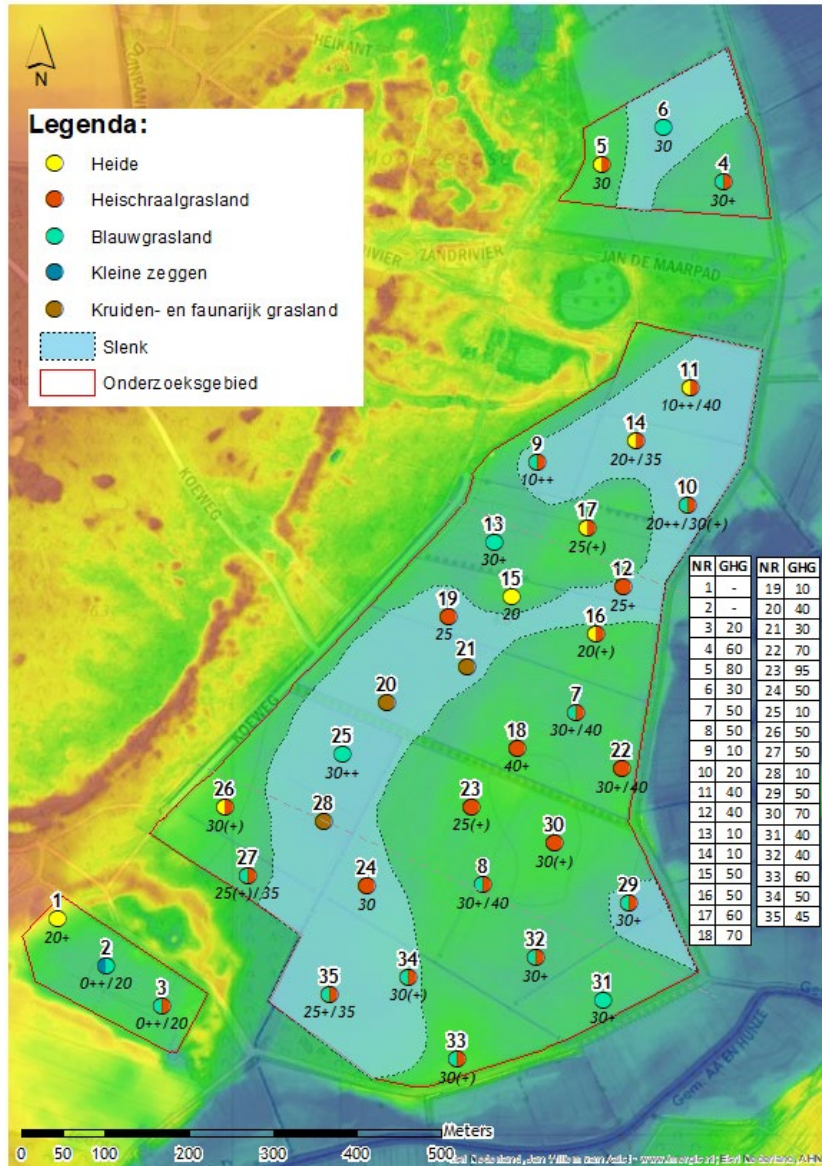
- Voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen kunnen de volgende streefconcentraties worden gehanteerd (GRIP database Onderzoekcentrum B-WARE):
 - Heide: Olsen-P 100-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (totaal-P veelal $<2,5$ mmol/l), soortenrijk bij Ca-z ± 1500 -4000 $\mu\text{mol/l}$, pH-z $>3,5$, Al/Ca <2 , NH_4 -z <200 $\mu\text{mol/l}$);
 - Droog schraalland: Olsen-P ($<$)200-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z ± 4000 -8000 $\mu\text{mol/l}$, pH-z $>3,5$, Al/Ca <1 -2 en basenverzadiging $>30\%$);
 - Vochtig heischraalgrasland: Olsen-P 100-400 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z 10.000-30.000 $\mu\text{mol/l}$);
 - Blauwgrasland: Olsen-P 200-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-z 10.000-30.000 $\mu\text{mol/l}$).
- Uit de bodemchemische analyses blijkt dat de toplaag van de (voormalige) landbouwgronden verrijkt is met fosfaat: Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat): ca. 2800-4000 $\mu\text{mol/l}$ en ca. 12-17 mmol/l totaal-P). De toplaag van de bouwvoor (AP-horizont) is het sterkst verrijkt. In de onderkant van de bouwvoor variëren de P-concentraties. Lokaal zijn deze net zo hoog en lokaal zijn ze lager maar overwegend (veel) te hoog voor de beoogde ontwikkeling. Onder de bouwvoor nemen de P-concentraties fors af (Figuur 20). Op een groot deel van de locaties is de bodem onder de bouwvoor relatief P-arm maar nog niet meteen voldoende P-arm voor de beoogde natuurontwikkeling waardoor in eerste instantie lokaal verzuiging kan ontstaan en aanvullend verschravingsbeheer (maaien en afvoeren) van circa 5-15 jaar vereist is om de gewenste abiotische condities te realiseren. Een alternatief is om 10 cm extra af te graven (bouwvoor + 10 cm: circa 40-50 cm-mv), maar dit lijkt niet gewenst in het gebied aangezien de opdrachtgever een ontgraving van maximaal 20-30 cm wil uitvoeren.
- Wanneer P-arme condities worden gecreëerd op de voormalige landbouwgronden zal de bodem, o.a. als gevolg van de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik, een hogere basenverzadiging en hogere concentraties totaal en uitwisselbaar calcium hebben in vergelijking met de huidige referentielocaties. Dit biedt perspectief voor de ontwikkeling

van zwak gebufferde natuur op voormalige landbouwbodems, bijvoorbeeld in vergelijking met veelal verzuurde bosbodems of verzuurde heideterreinen. Het is echter onzeker of deze ontwikkeling van heischraal grasland op de lange termijn stabiel is of dat de ontwikkeling uiteindelijk toch meer richting heide zal gaan. Dit is momenteel door ons niet goed in te schatten. De bodembuffering is nu geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Echter, op de lange termijn is het van belang dat de bodems niet verder uitlogen als gevolg van regen/zure depositie (zeker op droge locaties is ook N-verrijking ongewenst) en dat er eventueel aanrijking van basen via het grondwater plaatsvindt op plekken waar vochtige tot natte natuur wordt ontwikkeld. Het is echter niet duidelijk hoe lang het grondwater de wortelzone zal bereiken (de hydrologische omstandigheden veranderen) en of de samenstelling van het grondwater nog veranderd (afname buffering) wanneer de voedselrijke toplaag wordt afgegraven. De toplaag van de bodems is sterker verrijkt met calcium, waarschijnlijk als gevolg van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik.

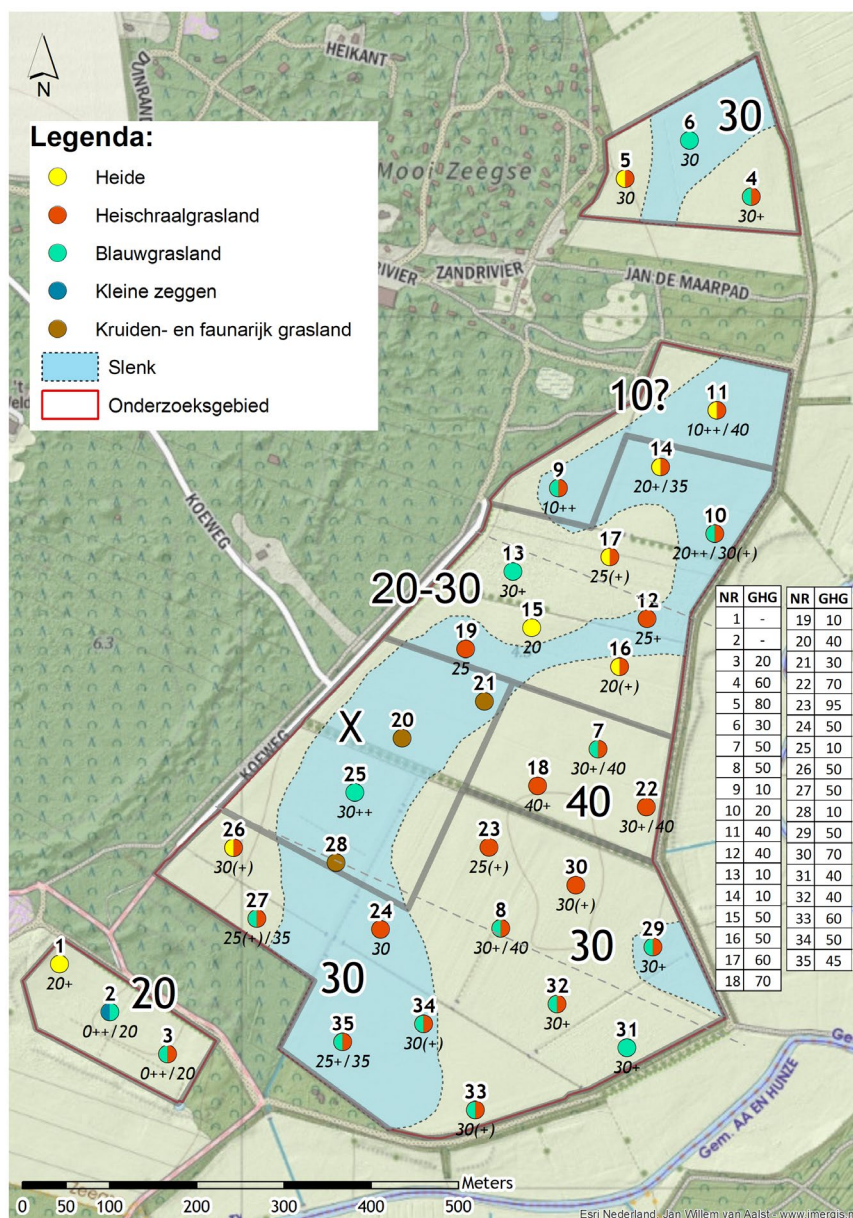


Figuur 22. Overzicht van de verschrallingsduur van de toplaag (0-25 cm-mv). De verschrallingsduur is gebaseerd op M5 (berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500 μmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Dit betreft de verschrallingsduur van een bodempakket van 25 cm.

- In Figuur 22 wordt de verschravingsduur van de toplaag (0-25 cm-mv) tot een Olsen-P concentratie van 500 µmol/l (totaal-P ondergrens: 3 mmol/l) ruimtelijk weergegeven per locatie. Deze varieert over het algemeen van circa 50-80 jaar bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jr. Een gericht uitmijnbeheer (met een grasklaver-mengsel of productieve graszode in combinatie met K- en/of N-bemesting) gaat vier keer sneller. Gemiddeld bedraagt de P-afvoer 40 kg/ha/jr. Voor een gericht uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Het is de vraag of uitmijnen reëel is in dit gebied in verband met de beoogde vernattingsmaatregelen, omdat dit wellicht problemen oplevert in het vroege voor- en najaar. Bovendien dient na het realiseren van de vereiste verschraving de zode te worden geplagd (doelsoorten ontbreken waarschijnlijk) waarna maaisel uit een schraalland of heide kan worden opgebracht.
- In Figuur 23 wordt ruimtelijk weergegeven welke (ontgrondings)maatregelen nodig zijn voor de ontwikkeling van P-arme condities voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen als heide, heischraal grasland of blauwgrasland op de voormalige landbouwgronden. Verwacht werd dat de locaties die in de slenk liggen meer gebufferd of ijzerrijk zouden zijn, maar dit blijkt niet het geval. Verschillen tussen locaties in de slenk en locaties op hoger gelegen delen zijn klein. Op de locaties 7, 18 en 22 zou met een ontgravingsdiepte van 40 cm tot heischraalgrasland/blauwgrasland kunnen ontwikkelen. Dit wordt echter gezien als een te forse ontgrondingsdiepte. Het perceel met de locaties 20, 21 en 28 is het minst kansrijk doordat het bodemprofiel tot >40 cm verrijkt is met fosfaat waardoor beter kan worden ingezet op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. In paragraaf 5.5 worden de natuurontwikkelingsadviezen per locatie nader toegelicht. In Figuur 24 zijn enkele zones begrensd met als label een globale ontgrondingsdiepte per zone.
- Let op: deze ontwikkeling lukt alleen wanneer daadwerkelijk voldoende P-arme condities worden gecreëerd. Wanneer een + of ++ achter de vereiste ontgrondingsdiepte wordt vermeld zijn de condities (nog) niet optimaal en is aanvullend beheer vereist. Op veel plekken biedt een ontgroning tot 30 cm perspectief (en wordt een groot deel van het fosfaat afgevoerd) maar is aanvullend beheer vereist om verdere verschraving te realiseren. Het afgraven van 10 cm extra is meestal ook een optie (om meteen voldoende P-arme condities te realiseren) maar dit is minder gewenst. Door middel van het inbrengen van maaisel uit een referentieterrein kan de ontwikkeling van ruigtesoorten worden onderdrukt en de ontwikkeling van de doelvegetatie worden gestimuleerd.



Figuur 23. Overzicht van de ontgrondingsdieptes (in cm, weergegeven op een hoogtekaart) die nodig zijn om P-arme condities te realiseren waarbij (+) = totaal-P <3 mmol/l maar Olsen-P >500 µmol/l, + = <10 jaar en ++ = 10-20 jaar aanvullend verschralingsbeheer vereist (beiden geen optimale situatie voor de beoogde natuurdoelen). De kleuren geven een beeld van de natuurpotenties. De natuurpotenties zijn gebaseerd op de Ca-z concentraties (µmol/l) op <4000 = heide, 4000-10000 = heischraal grasland, 10000-20000 = blauwgrasland. Het natuurdoeltype (droog/nat) is afhankelijk van de hydrologische situatie. De huidige GHG (t.o.v. huidig maaiveld) wordt in de figuur gegeven. Er worden echter nog vernattingsmaatregelen uitgevoerd. Op plekken waar de vereiste maatregelen te fors (niet gewenst) zijn wordt geadviseerd om op de toplaag een kruiden- en faunarijk grasland te ontwikkelen.



Figuur 24. Overzicht van de ontgrondingsdieptes (in cm, weergegeven op een topografische kaart) die nodig zijn om P-arme condities te realiseren waarbij (+) = totaal-P <3 mmol/l maar Olsen-P >500 µmol/l, += <10 jaar en ++ = 10-20 jaar aanvullend verschralingsbeheer vereist (beiden geen optimale situatie voor de beoogde natuurdoelen). De kleuren geven een beeld van de natuurpotenties. De natuurpotenties zijn gebaseerd op de Ca-z concentraties (µmol/l) op <4000 = heide, 4000-10000 = heischraal grasland, 10000-20000 = blauwgrasland. In de figuur zijn grofweg enkele plagzones weergegeven (groot zwart cijfer de globale ontgrondingsdiepte per zone die grijs omlind is).

- Of een droge of vochtige/natte variant tot ontwikkeling komt is tevens afhankelijk van de hydrologische omstandigheden. In dit onderzoek is alleen de actuele GHG en GLG (afgeleid uit het bodemprofiel) beschikbaar (Figuur 19). Locaties 4, 5, 17, 18, 22, 23, 30, 33 hebben een GHG van 60-95 cm-mv. Deze locaties zijn ook gelegen op de hogere delen van de percelen. Er worden echter ook vernattingsmaatregelen genomen, zoals het dempen van sloten (Figuur 25). Ook de omvorming van het westelijk gelegen bos naar bijvoorbeeld heide draagt bij aan het optimaliseren/herstel van het ecohydrologische systeem. Hierdoor kunnen op plekken met een GHG <60-70 cm-mv na het afgraven van de P-rijke toplaag mogelijk vochtige tot natte condities ontstaan. Deze effecten van eventuele

vernattingsmaatregelen zijn nog niet bekend. Dit hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van de opdracht.



Figuur 25. In het onderzoeksgebied liggen enkele forse ontwateringsloten die zullen worden gedempt bij de inrichting van het gebied. Foto's: Mark van Mullekom

- Een eventuele ontgronding dient getoetst te worden op de inpassing in het ecohydrologische systeem. Dit maakt geen onderdeel uit van het onderzoek. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan en welke keuzes op welke locatie worden gemaakt. Het doel van dit onderzoek is om de potenties en vereiste maatregelen in kaart te brengen zodat vervolgens weloverwogen keuzes kunnen worden gemaakt per locatie zodat het systeem (in combinatie met standplaatscondities) kan worden hersteld: gaat men voor de ontwikkeling van voedselarme natuurtypen als heide of heischraal grasland of vindt men de vereiste maatregelen te ingrijpend en zet men in op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland op de huidige toplaag. Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter oppervlak voor 'half werk' te kiezen.
- Op basis van de Ca-z concentratie kan een inschatting worden gemaakt van de natuurpotenties. Op plekken met een Ca-t concentratie <10 mmol/l en/of een Ca-z concentratie <4000 $\mu\text{mol/l}$ wordt na ontgronding een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal per hectare aanbevolen om de mate van buffering op peil te brengen en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Dit bekalkingsadvies is van toepassing op de locaties 1, 11 en 15. Wanneer de K-z concentratie $<200-250$ $\mu\text{mol/l}$ is zou dit gecombineerd kunnen worden met het opbrengen van een kalihoudend steenmeel (bijvoorbeeld 1000 kg Vulkamin per hectare). Uit onderzoek (De Graaf e.a., 2009) is namelijk gebleken dat in soortenarme heideterreinen de kaliumconcentraties in het zoutextract lager zijn dan in soortenrijke heiden en heischrale graslanden. K-gebrek leidt niet alleen tot groeistoornissen (o.a. slechte doorworteling) maar induceert ook een stikstofoverschot in de plant en maakt deze daardoor gevoeliger voor vraat en ziekten.
- Na een eventuele ontgronding wordt geadviseerd om maaisel/plagsel uit een referentieterrein op te brengen om de ontwikkeling van de doelvegetatie te stimuleren en de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten te onderdrukken. Dit is een essentiële aanvullende maatregel na het optimaliseren van de abiotische condities;

- Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd, ook wanneer vernattingsmaatregelen worden genomen. Er dient voldoende doorstroming te zijn en in de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en verrijging te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.

ONTWIKKELING KRUIDEN- EN FAUNARIJK GRASLAND

- Op plekken waar geen hoogwaardige, P-gelimiteerde natuurtypen worden ontwikkeld kan de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland worden een optie zijn. Bij recent ander onderzoek in (de voormalige) landbouwencave Oude Willem, bij het Canadameer en in het Mantingerzand (in opdracht van Prolander) werden bodemmonsters verzameld van goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden die tot ontwikkeling zijn gekomen onder P-rijkeren condities (13,1-16,3 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P en 3820-6824 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P). Onder droge (50 cm-mv droogval in groeiseizoen), P-rijke condities kan een soortenrijkere ontwikkeling optreden wanneer de labiel-P concentraties laag zijn en/of sprake is van droogtestress en/of K- of N-limitatie. Waarschijnlijk zijn de (zeer) nitraatconcentraties (<20-100 $\mu\text{mol/l}$) de oorzaak van de kruidenrijke ontwikkeling in de genoemde gebieden. Dit biedt perspectief voor de ontwikkeling van kruidenrijke graslanden op de voormalige landbouwgronden waar vergelijkbare totaal-P en Olsen-P concentraties worden gemeten. Wanneer de nitraatconcentraties (nog) te hoog zijn, zullen deze afnemen door te stoppen met bemesting en een beheer van maaien en afvoeren. Hoe snel dit gaat is lastig te kwantificeren. Voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden onder droge condities zijn de volgende mogelijkheden in het gebied. Een combinatie van deze opties is natuurlijk ook mogelijk waarbij monitoring van de vegetatieontwikkeling en bodemchemie sterk wordt aanbevolen:
 - Stoppen met bemesting en een verschravingsbeheer van maaien en afvoeren hanteren om de nitraatconcentraties (NO_3^- -z concentraties) en tevens de P-z concentraties verder te verlagen waardoor op termijn (lastig te kwantificeren) het aandeel aan kruiden kan gaan toenemen;
 - Stoppen met bemesting en tijdelijk een gericht uitmijnbeheer van enkele jaren (ca. 2-4 jaar) hanteren om de nitraatconcentraties (NO_3^- -z concentraties) en tevens de P-z concentraties relatief snel, fors te verlagen waardoor het aandeel aan kruiden kan gaan toenemen. Dit wordt vooral geadviseerd op percelen die nu nog vrij productief en soortenarm zijn;
 - Alternatieve maatregel uitvoeren zoals tijdelijk akkeren;
 - Experimentele maatregel uitvoeren zoals het chopperen van de zode in combinatie van het inzaaien van een passend gras-kruidenmengsel.
- Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei tot de bedekking voldoende laag is (bijvoorbeeld <25%). Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.
- Wanneer sprake is van vochtige tot natte omstandigheden (wellicht het geval in het onderzoeksgebied wanneer hydrologische maatregelen worden genomen) zijn voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden voedselarmere condities gewenst (circa 1200 $\mu\text{mol/l}$) waarbij droogval van de toplaag in de zomerperiode belangrijk is.

.....

Tot slot: het maken van de juiste keuzes per locatie is complex. Meerdere factoren zullen hierop van invloed zijn. In de loop van dit proces dienen de bodemchemische condities continue een belangrijk uitgangspunt te vormen. We beseffen ons dat dit specialistische kennis is waardoor het lastig is om consequenties van specifieke keuzes in te schatten. Indien gewenst kunnen we een keer aansluiten bij een overleg om de gemaakte plannen nog eens te toetsen aan de bodemchemische bevindingen en hiermee de keuzes en ontwikkelingsmogelijkheden te optimaliseren.

7. LITERATUUR

- Becker, P. de (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende *Alno/Padion* en *Alnion incanae*/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- 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.
- Bobbink, R., L. Bik & J. H. Willems (1988). Effects of nitrogen fertilization on vegetation structure and dominance of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in chalk grassland. *Acta Botanica Neerlandica* 37 (2): 231-242.
- Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.
- Drents archief (2016). Pingoruïne. Opgevraagd augustus 2021 van <https://www.geheugenvandrenthe.nl/pingoruine>
- Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. *De Levende Natuur* 121: 86-91.
- Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? *De Levende Natuur* 121: 92-95.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191-2201.
- 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. *Biological Conservation* 140: 318-328.
- Lamers L.P.M., H.B.M. Tomassen & J.G.M. Roelofs (1998) Sulfate induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Environmental Science & Technology* 32: 199-205.
- Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38 (17): 28-30.
- Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitruising bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.
- Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

- Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.
- Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. *Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen*.
- Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof*.
- Schoumans, O. (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.4. 50 blz.; 11 fig.; 5 tab.; 35 ref.
- Schoumans, O.F., P. Groenendijk, C. van der Salm, M. Pleijter (2008). Methodiek voor het karakteriseren van fosfaatlekkende gronden; PLEASE: technische beschrijving. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1724. 76 blz.; 22. Fig.; 4 tab.; 83 ref.
- 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.
- Smolders A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. Van der Velde & J.G.M. Roelofs (2006) Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93-111.
- Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.
- Smolders, A., M. van Mullekom, H. Tomassen & P. Westendorp (2019) Waterkwaliteitsproblemen tot in de bodem uitgezocht. De relatie tussen waterbodem en waterkwaliteit. Brochure Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* 45: 701-708.
- Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973-985.
- Van den Bos (n.d.) Pinogruïne. Opgevraagd augustus 2021 van <https://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen/pingoruïne>
- Van der Zee, F., Bobbink, R. Loeb, M. Wallis De Vries, G. Oostermeijer, S. Luijten & M. De Graaf (2017). Actieplan herstel heischrale graslanden. Hoe behouden we heischrale graslanden in Nederland? Wageningen Environmental Research, Wageningen 2017.
- Van der Zee, F.F., R. Bobbink & J.G.B. Oostermeijer (2020). Meer soorten op de hei: red het heischraal grasland. OBN Deskundigenteam Droog Zandlandschap. KNNV Publishing Zeist

.....
Weijters, M., L. Smits en Bobbink, R. (2020). Ontwikkeling en behoud van Heischrale graslanden (H6230) in Drenthe en Friesland. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-20.055.20.88

Weijters, M., E. Verbaarschot, R. Loeb en Bobbink, R. (2018). Naar een duurzaam bodemherstel van de Natura-2000 gebieden in beheer van Landschap Overijssel, mineralogisch en bodemchemisch onderzoek en advies. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-17.107.18.61

8. BIJLAGEN

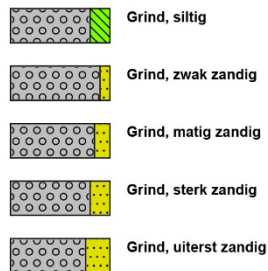
8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in het gebied. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (Jan Vermeer).

Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

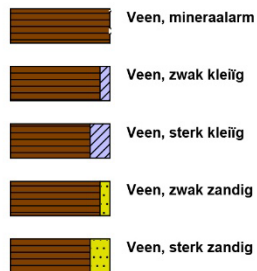
grind



zandtest



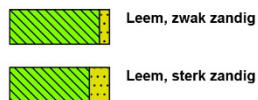
veen



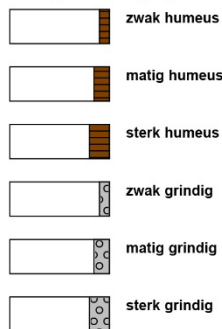
klei



leem



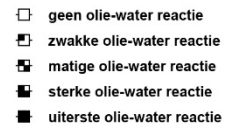
overige toevoegingen



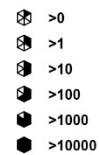
geur



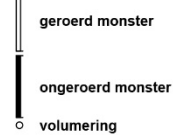
olie



p.i.d.-waarde



monsters



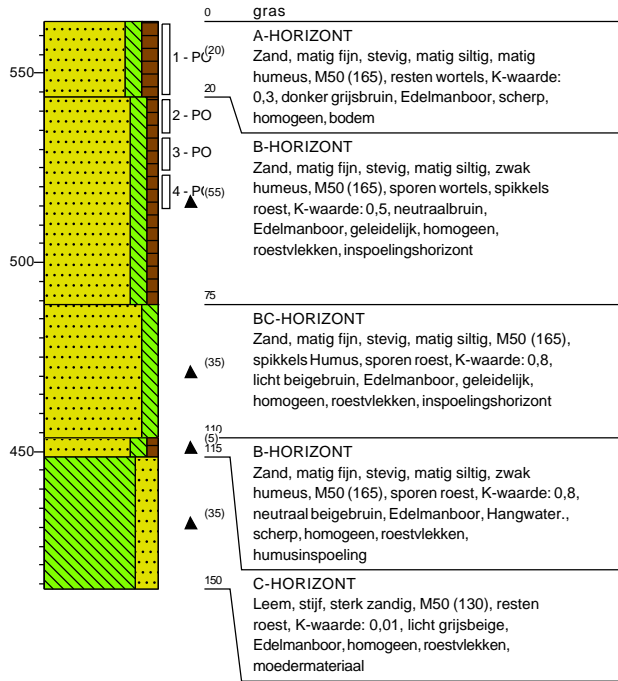
overig



Boring: 01

X: 239791,04
 Y: 564257,58
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: 5,637
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

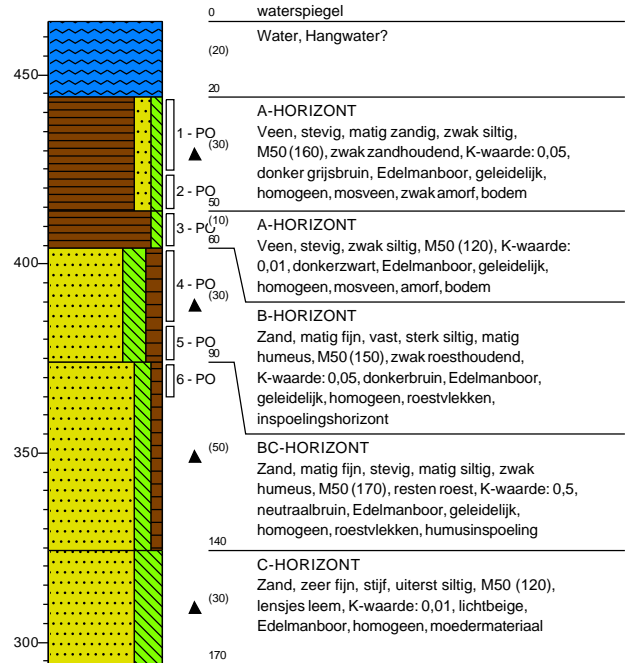
Opmerking: Geen GWS. Mogelijk hangwater op 120cm-mv.



Boring: 02

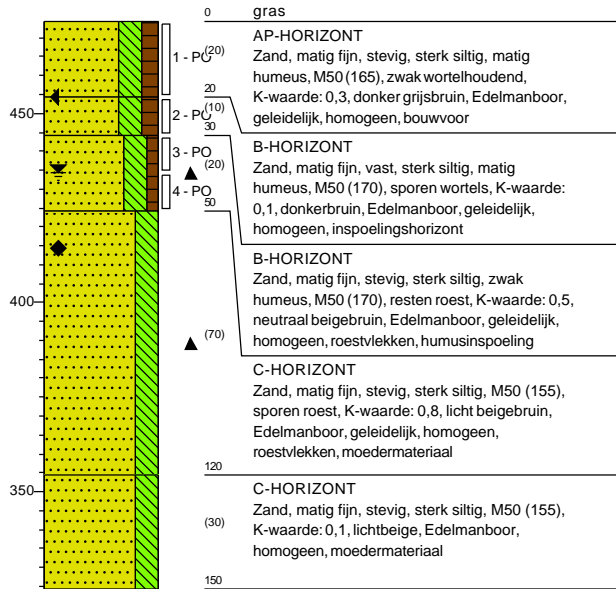
X: 239848,77
 Y: 564202,41
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: 4,64195
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 0

Opmerking: Waarschijnlijk hangwater aan maaiveld.



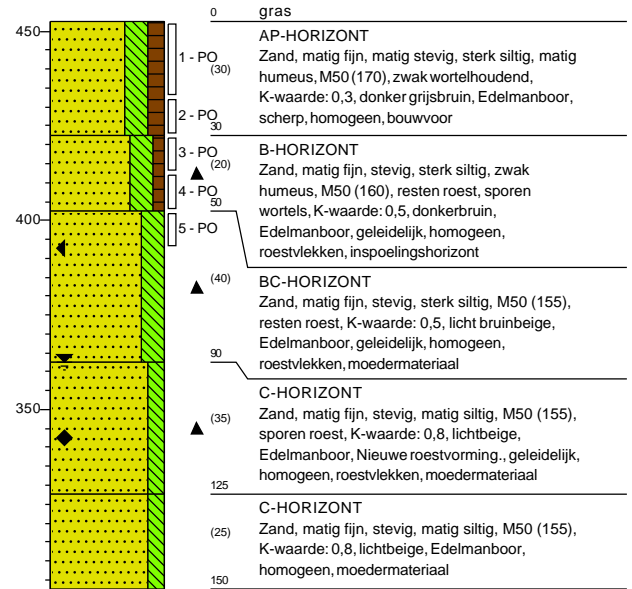
Boring: 03

X: 239914,99
 Y: 564154,43
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,744
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 60



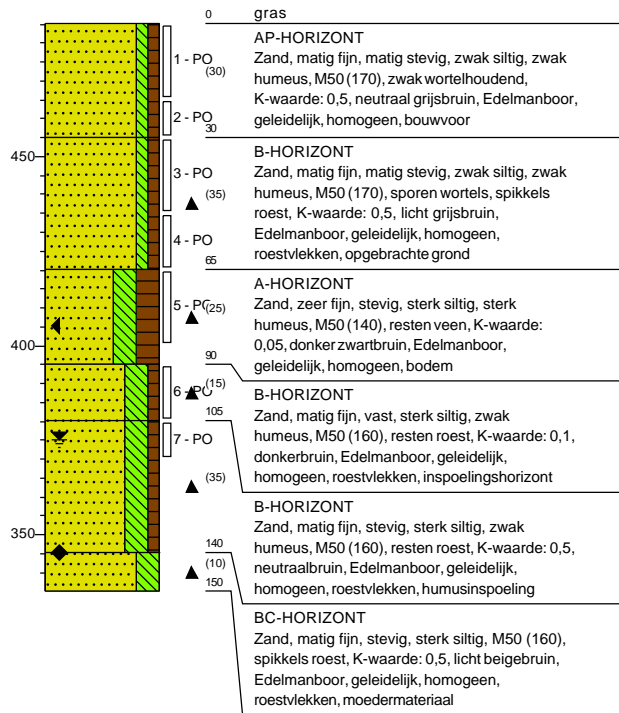
Boring: 04

X: 240584,38
 Y: 565138,12
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,526
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 90
 GHG: 60
 GLG: 110



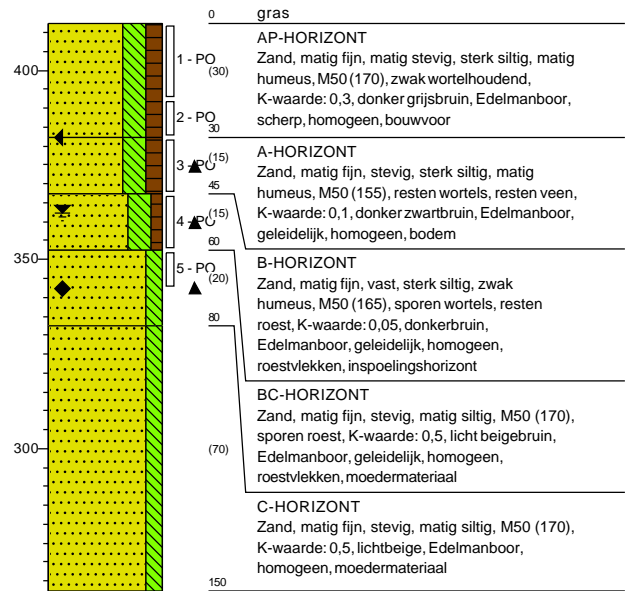
Boring: 05

X: 240439,95
 Y: 565158,62
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,852
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 110
 GHG: 80
 GLG: 140



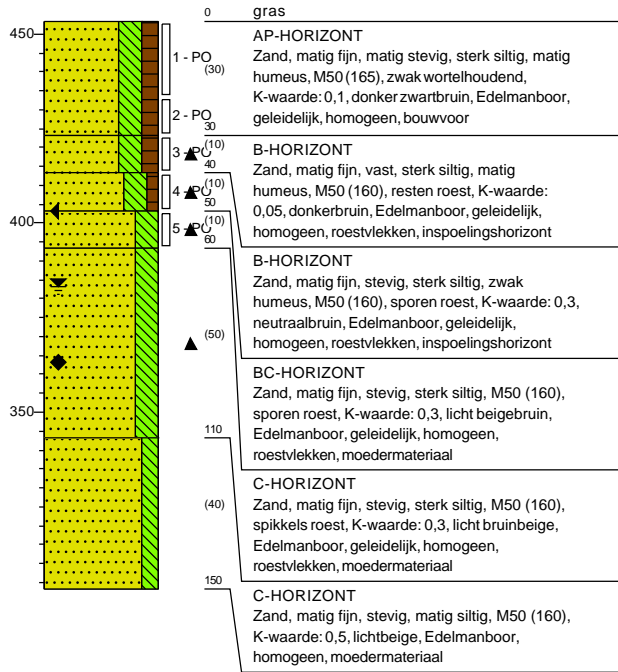
Boring: 06

X: 240513,42
 Y: 565202,77
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,124
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 50
 GHG: 30
 GLG: 70



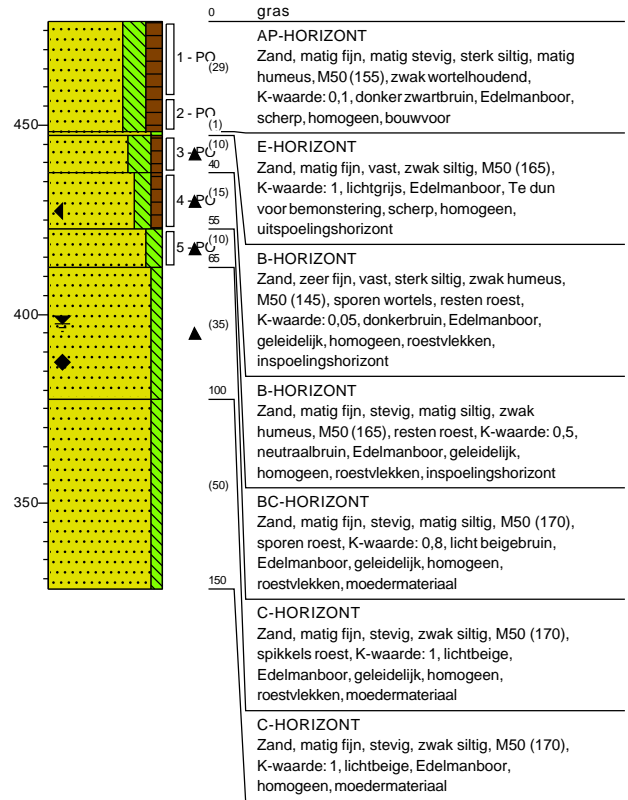
Boring: 07

X: 240408,63
 Y: 564504,31
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: 4,534
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 50
 GLG: 90



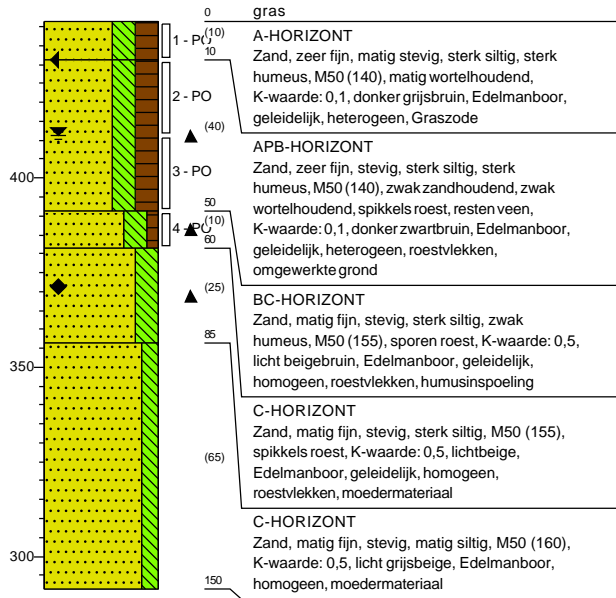
Boring: 08

X: 240297,32
 Y: 564298,57
 Datum: 23-8-2021
 N.A.P.: 4,774
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 50
 GLG: 90



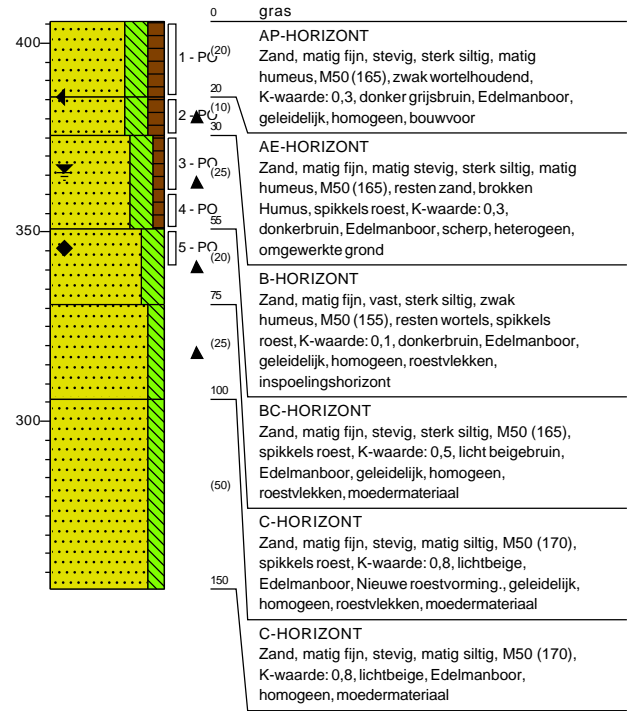
Boring: 09

X: 240363,26
 Y: 564803,55
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,415
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 30
 GHG: 10
 GLG: 70



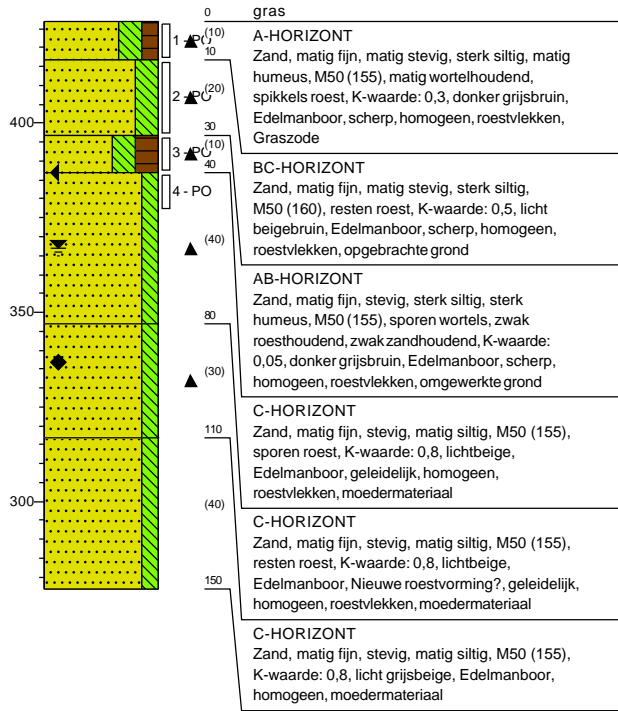
Boring: 10

X: 240542,71
 Y: 564751,44
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,057
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 60



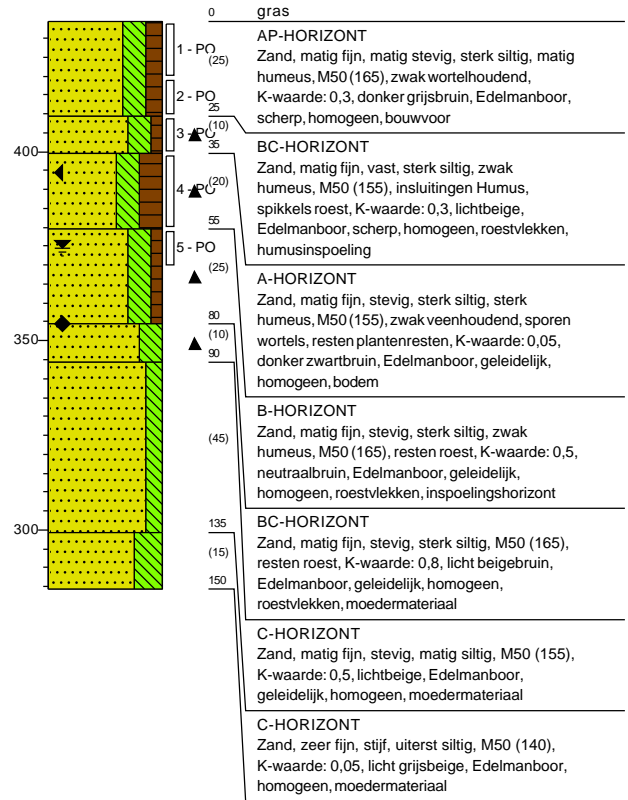
Boring: 11

X: 240545,17
 Y: 564892,80
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,269
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 40
 GLG: 90



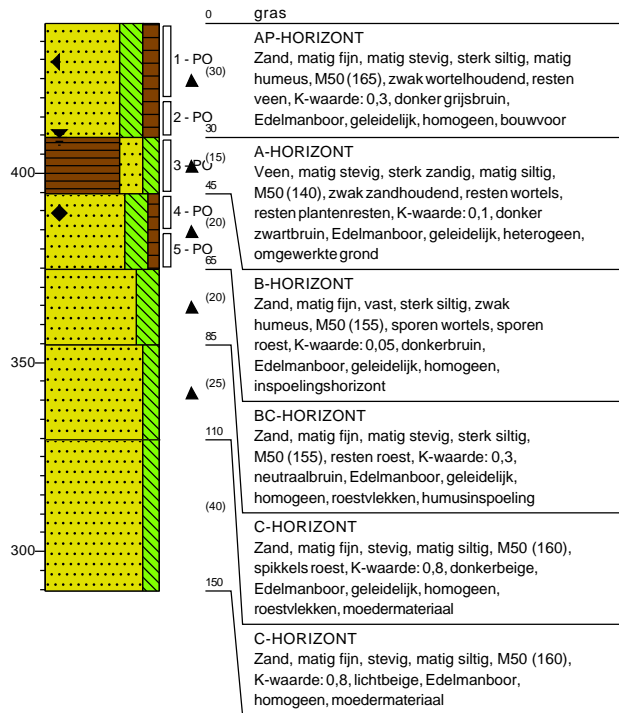
Boring: 12

X: 240464,89
 Y: 564653,79
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,345
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 40
 GLG: 80



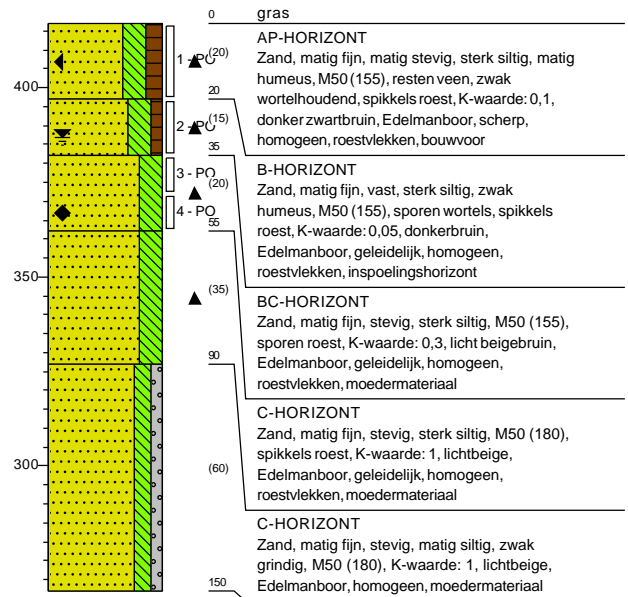
Boring: 13

X: 240311,10
 Y: 564707,84
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,397
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 30
 GHG: 10
 GLG: 50



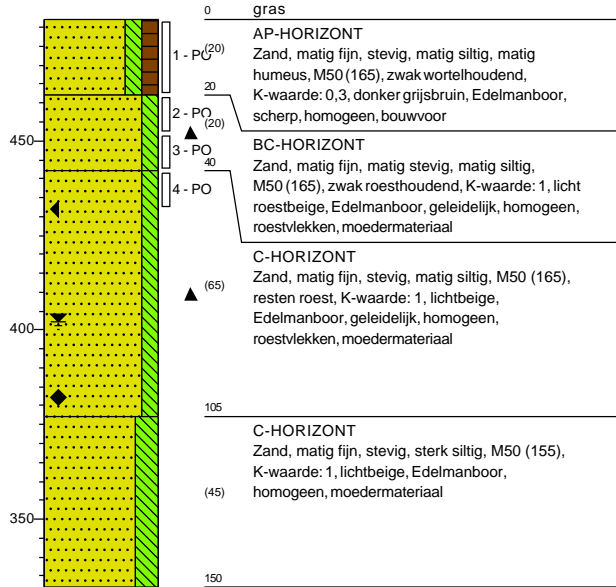
Boring: 14

X: 240480,32
 Y: 564828,09
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,17
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 30
 GHG: 10
 GLG: 50



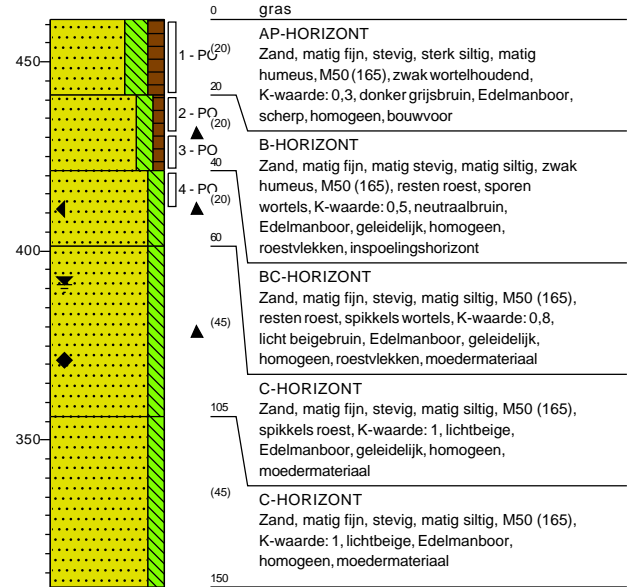
Boring: 15

X: 240332,50
 Y: 564643,27
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,821
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 50
 GLG: 100



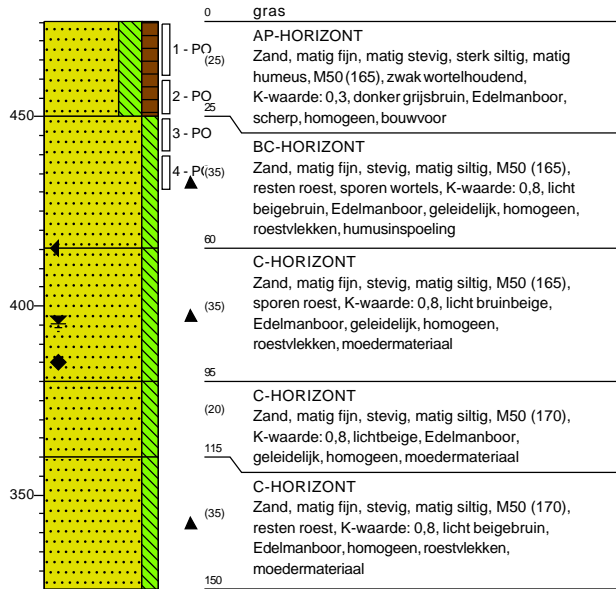
Boring: 16

X: 240433,39
 Y: 564598,60
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,613
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 50
 GLG: 90



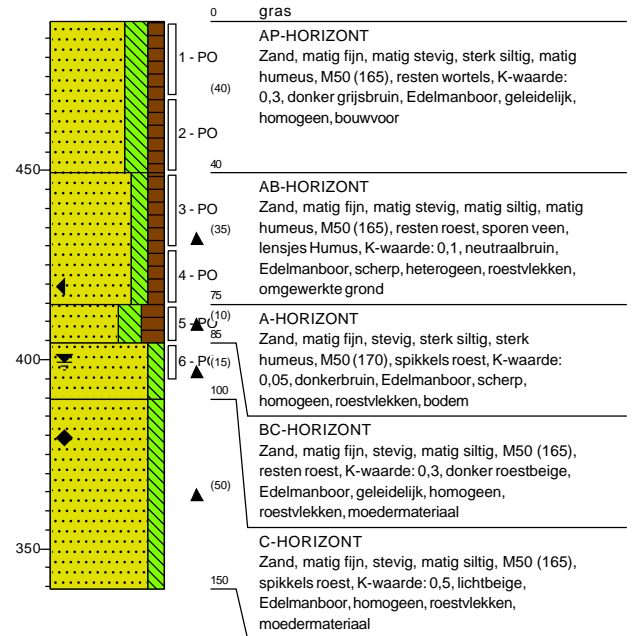
Boring: 17

X: 240422,38
 Y: 564724,68
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,753
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 60
 GLG: 90



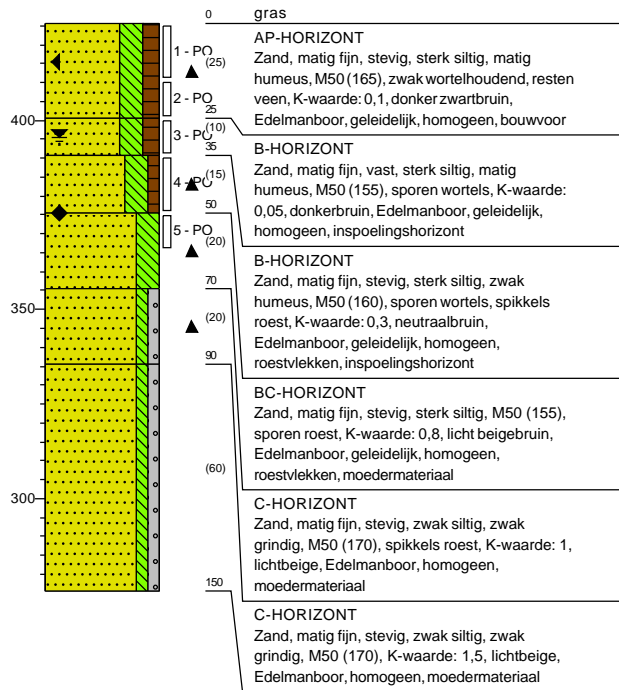
Boring: 18

X: 240339,33
 Y: 564461,98
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,895
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 90
 GHG: 70
 GLG: 110



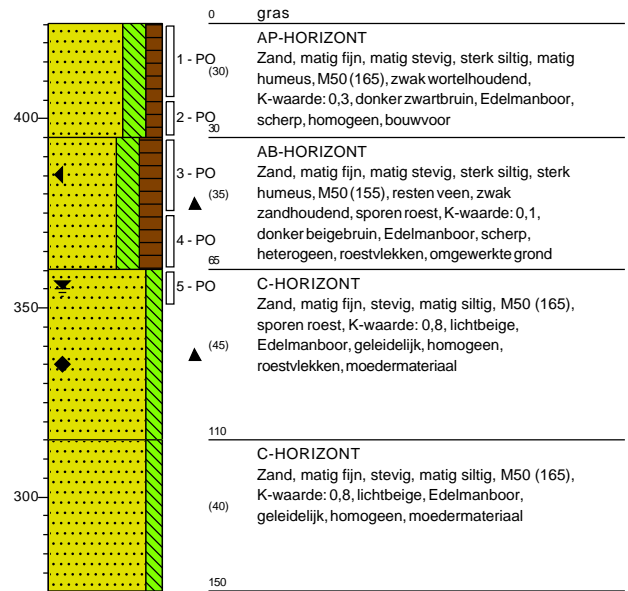
Boring: 19

X: 240256,90
 Y: 564618,93
 Datum: 24-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,257
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 30
 GHG: 10
 GLG: 50



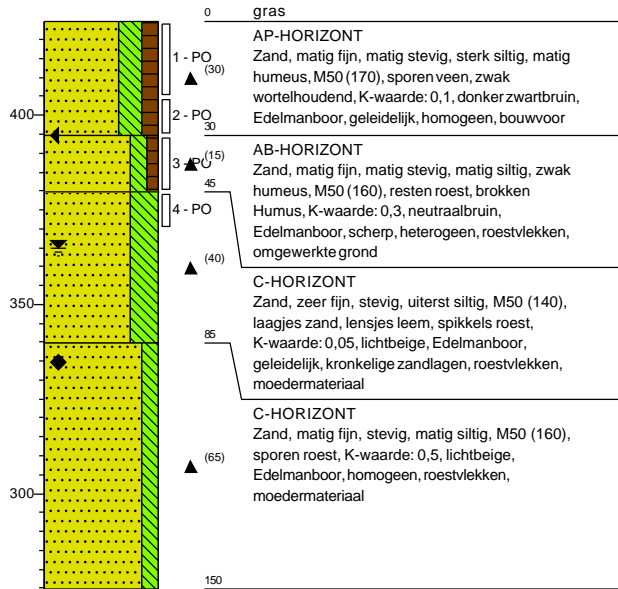
Boring: 20

X: 240183,96
 Y: 564516,79
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,253
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 40
 GLG: 90



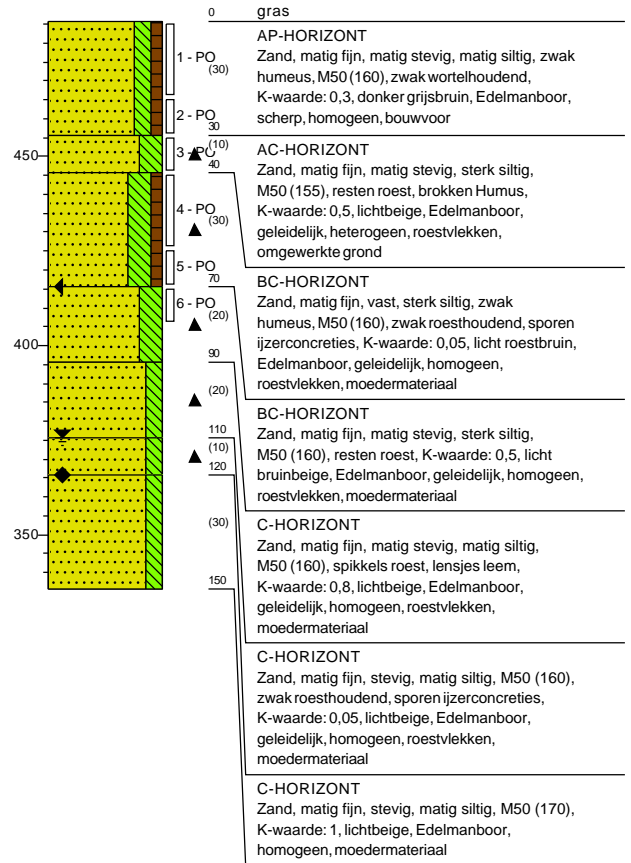
Boring: 21

X: 240278,44
 Y: 564558,97
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,248
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 90



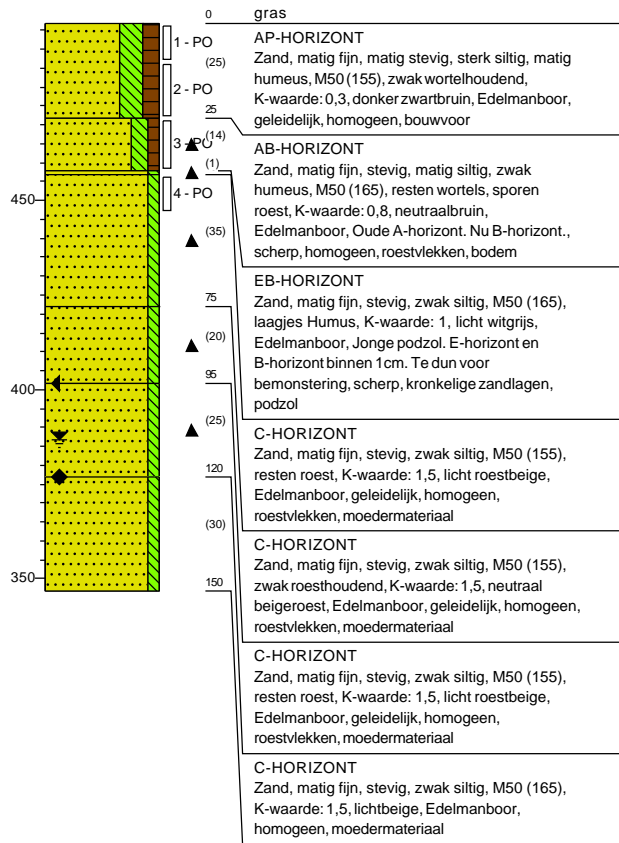
Boring: 22

X: 240464,18
 Y: 564437,63
 Datum: 25-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,858
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 110
 GHG: 70
 GLG: 120



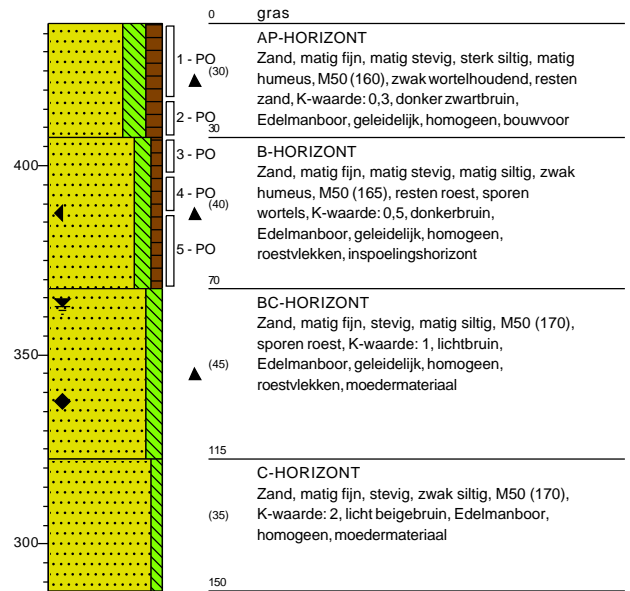
Boring: 23

X: 240283,50
 Y: 564391,63
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,969
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 110
 GHG: 95
 GLG: 120



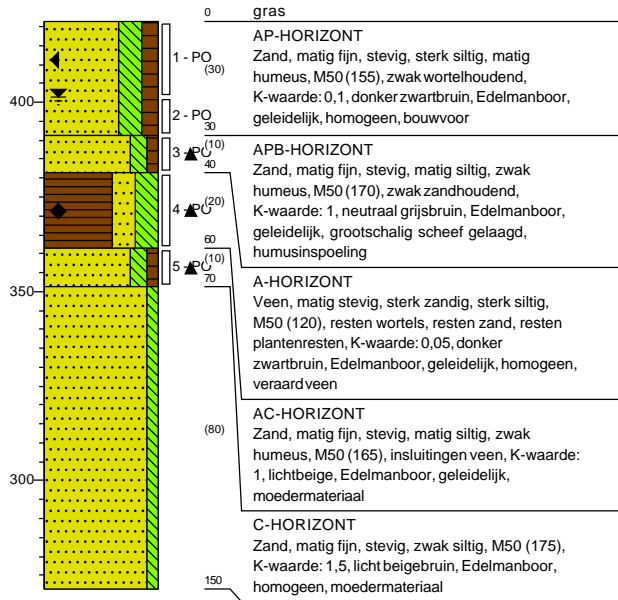
Boring: 24

X: 240159,06
 Y: 564297,23
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,377
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 75
 GHG: 50
 GLG: 100



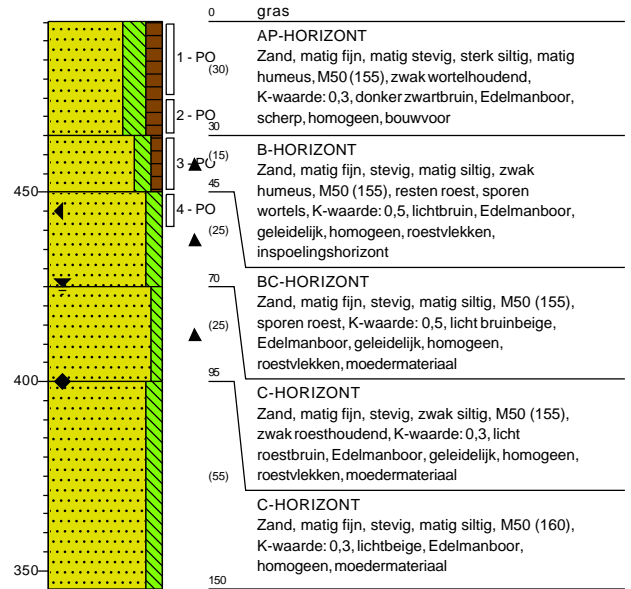
Boring: 25

X: 240129,88
 Y: 564454,58
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,214
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 20
 GHG: 10
 GLG: 50



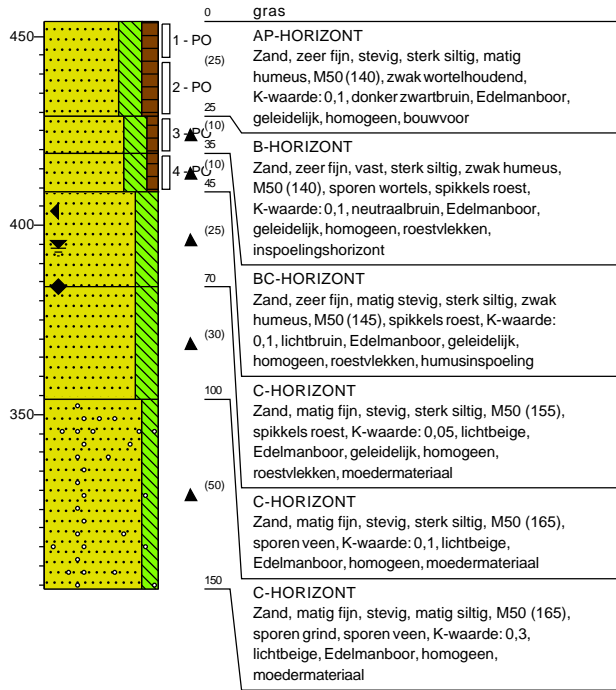
Boring: 26

X: 239990,63
 Y: 564391,07
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,952
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 50
 GLG: 95



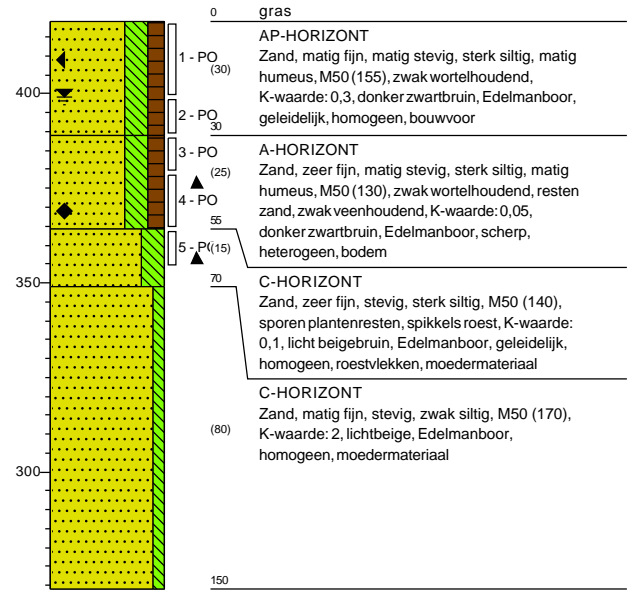
Boring: 27

X: 240017,45
 Y: 564309,59
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,54
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 50
 GLG: 70



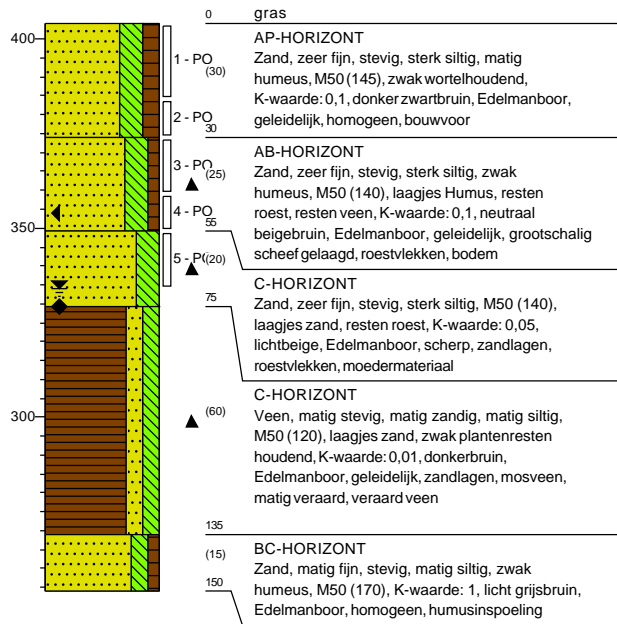
Boring: 28

X: 240108,14
 Y: 564374,10
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,192
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 20
 GHG: 10
 GLG: 50



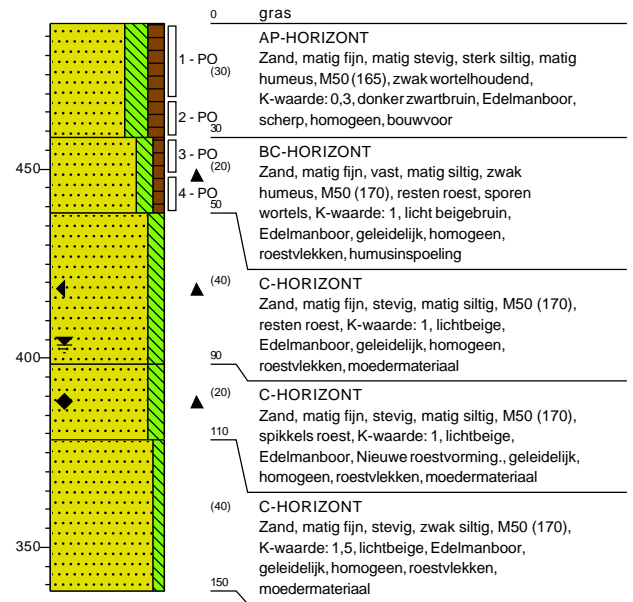
Boring: 29

X: 240471,90
 Y: 564277,11
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,042
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 50
 GLG: 75



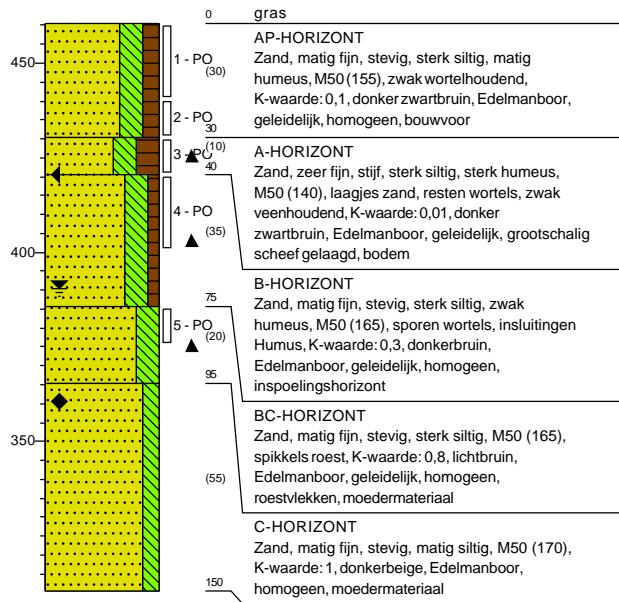
Boring: 30

X: 240383,19
 Y: 564348,16
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,885
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 85
 GHG: 70
 GLG: 100



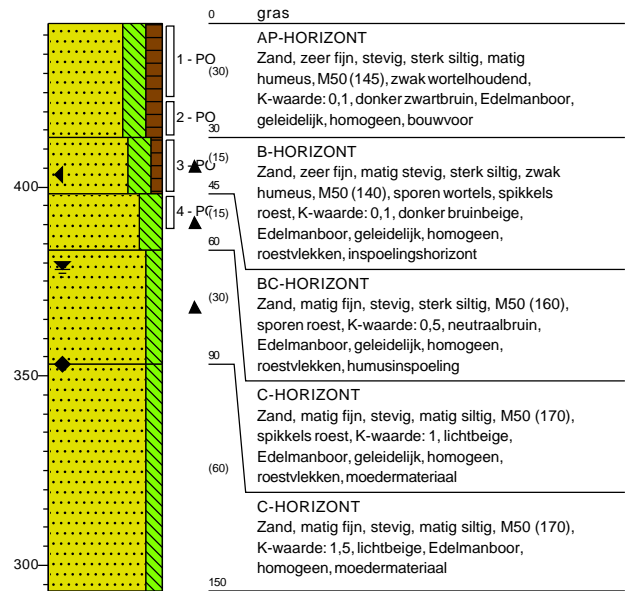
Boring: 31

X: 240441,70
 Y: 564161,40
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,606
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 40
 GLG: 100



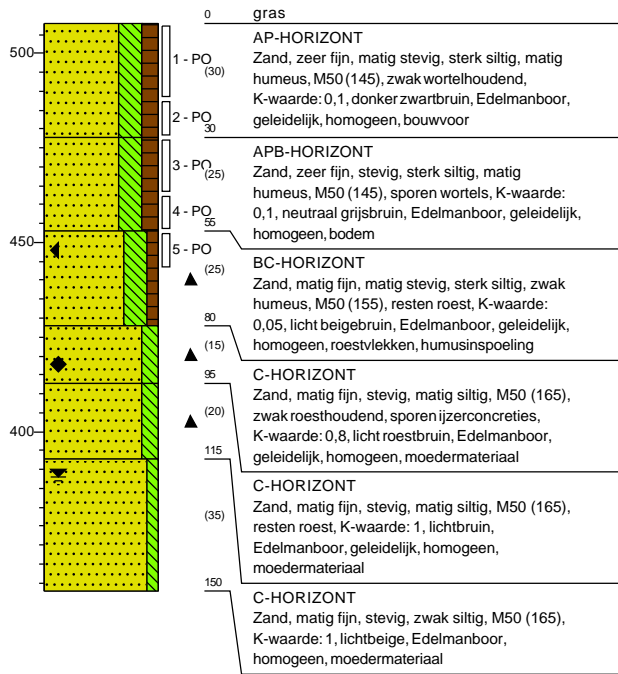
Boring: 32

X: 240361,81
 Y: 564211,63
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,432
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 65
 GHG: 40
 GLG: 90



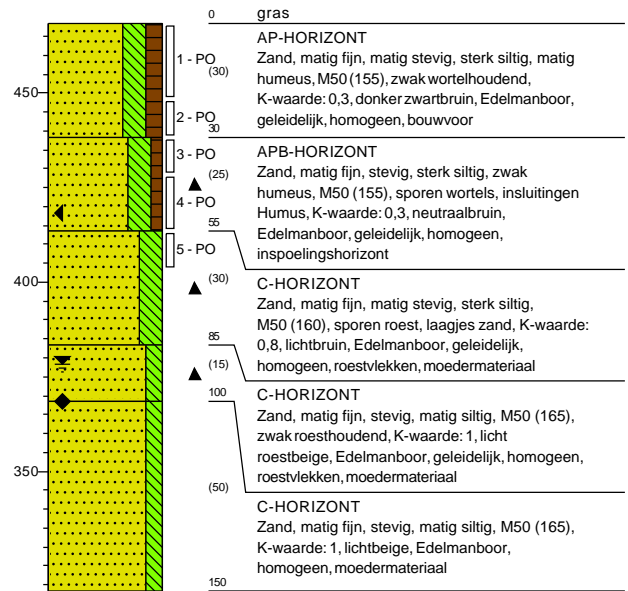
Boring: 33

X: 240267,91
 Y: 564090,15
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 5,08
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 120
 GHG: 60
 GLG: 90



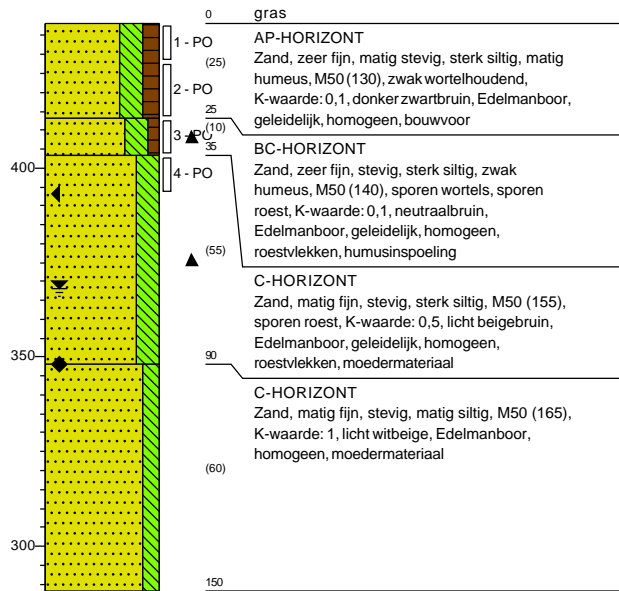
Boring: 34

X: 240208,66
 Y: 564188,84
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,685
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 90
 GHG: 50
 GLG: 100



Boring: 35

X: 240115,86
 Y: 564168,32
 Datum: 23-8-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : 4,383
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 45
 GLG: 90



B
ware

www.b-ware.eu