

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES WEERRIBBEN



- *Conceptrapport* -

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES WEERRIBBEN

Conceptrapport

*Sasha Koning
Mark van Mullekom
Fons Smolders*



Titel rapport:

Bodemchemisch onderzoek natuurpotenties Weerribben, conceptrapport

Auteurs:

Sasha Koning, Mark van Mullekom & Fons Smolders

Rapportnummer: RP-22.043.22.40

Opdrachtgever:

Witteveen+Bos



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

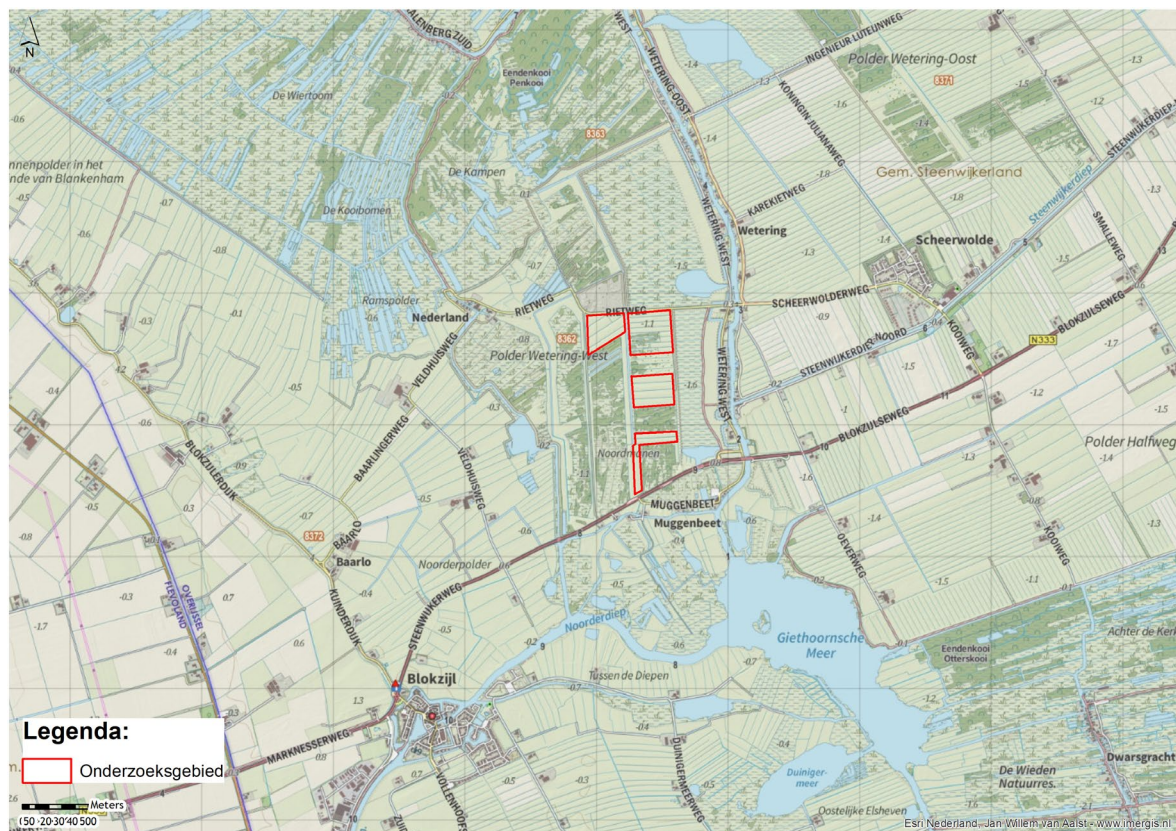
1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Onderzoeksvragen bodemchemisch onderzoek	8
1.3 Leeswijzer	9
2. Natuurontwikkeling op landbouwgronden	10
2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat	10
2.2 Verschalingsmaatregelen bij natuurontwikkeling	11
2.3 Aanvullend advies	14
3. Materiaal en methoden	16
3.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek	16
3.2 Chemische analyse	19
4. Abiotiek beoogde natuurtypen	21
5. Resultaten bodemchemisch onderzoek	25
5.1 Inleiding	25
5.2 Resultaten onderzoek NMI	25
5.3 Bodemtype	26
5.4 Grondwaterstanden	27
5.5 Algemene bodemchemie	27
5.6 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie	28
6. SYNTHESE EN CONCLUSIES	39
7. Literatuur	41
8. Bijlagen	44
8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem	44

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Onderzoekcentrum B-WARE is door Witteveen+Bos gevraagd om een bodemchemisch onderzoek uit te voeren om natuurpotenties en geschikte inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen voor een aantal (voormalige) landbouwgronden binnen Natura 2000-gebied De Weerribben. De Weerribben is een 35 km² groot natuurgebied in de gemeente Steenwijkerland in het noordwesten van de Nederlandse provincie Overijssel (Figuur 1). Het onderzoeksgebied is onderdeel van het Nationaal Park Weerribben-Wieden, die samen het grootste en mooiste laagveenmoerasgebied van Noordwest Europa vormen. In opdracht van Staatsbosbeheer werkt Witteveen+Bos nu aan natuurherstel in De Weerribben. Eén van de onderdelen van dit natuurherstel betreft de ontwikkeling van blauwgraslanden op voormalige landbouwgrond. In 2019 heeft NMI reeds onderzoek uitgevoerd in het gebied (Fosfaatonderzoek Wieden en Weerribben NMI, 2019). De monsterdichtheid was echter te laag. Het huidige onderzoek zal hier dan ook een aanvulling op zijn om het advies van NMI zo nodig bij te kunnen stellen.

Het onderzoek is gericht op de bodemkwaliteit. Voor het bepalen van de ontgravingsdiepte of mogelijkheden voor een verschrallingsbeheer zijn op een aantal locaties de fosfaatgehalten in de toplaag en op verschillende bodemdieptes bepaald en vergeleken met de gewenste fosfaatgehalten voor blauwgrasland. Daarnaast is onder andere gekeken naar de buffering van de bodem. 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.



Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

De focus in deze rapportage ligt op de toelichting van het bodemchemisch onderzoek. Hoge nutriëntenconcentraties kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden van verschillende vegetatietypen belemmeren. Op 12 locaties werden profielbeschrijvingen uitgevoerd tot 150 cm-mv en

bodemmonsters verzameld op verschillende dieptes. Daarnaast zijn op 20 locaties tussenboringen (alleen profielbeschrijving) tot 80 cm-mv uitgevoerd. Door middel van dit bodemchemisch onderzoek kunnen zones in beeld worden gebracht waar door middel van een (beperkte) ontgronding veel winst kan worden behaald. Tevens wordt duidelijk in welke zones een verschrallingsbeheer perspectief biedt. Wanneer het fosfaat te diep in de bodem zit kunnen de ambities worden bijgesteld.



Figuur 2. Nat schraalland (links, N10.01) komt tot ontwikkeling onder voedselarme omstandigheden. Onder matig voedselrijke condities kan een soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland (rechts; N12.02) worden ontwikkeld. Foto's: Mark van Mullekom en Roland Bobbink.

1.2 Onderzoeksvragen bodemchemisch onderzoek

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

Door middel van het onderzoek worden de volgende vragen beantwoord:

1. Wat is de bodemopbouw op de boorlocaties?
2. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de verschrallingsduur of de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde blauwgraslandvegetaties?
3. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie (met name de bodembuffering)?
4. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

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

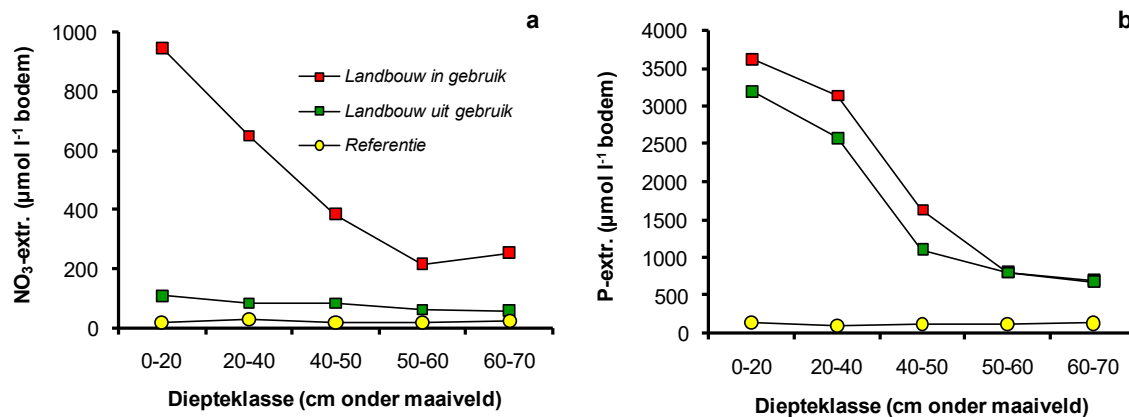
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 wordt de abiotiek van beoogde natuurtypen besproken. De resultaten van het bodemchemisch onderzoek worden 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).

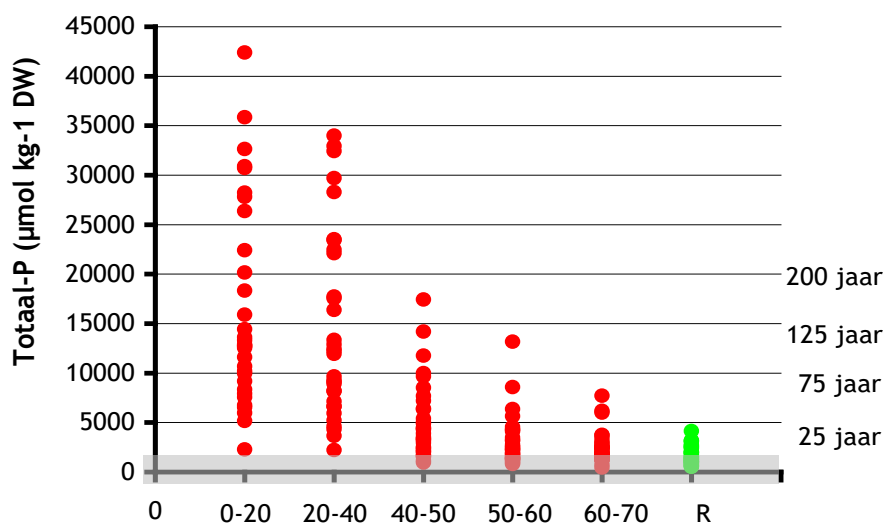


Figuur 3. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

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 dieptes 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 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschraling (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

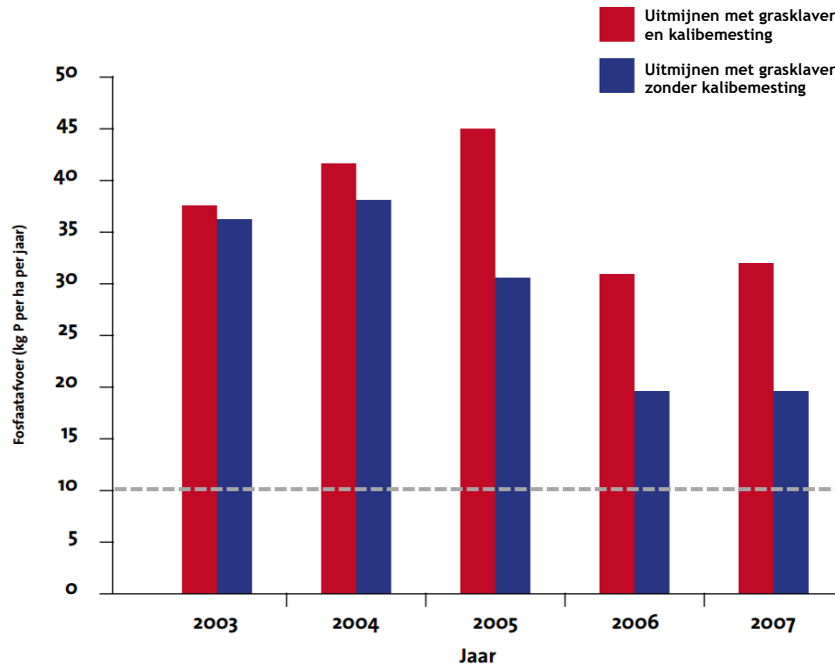
Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, 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 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 μmol 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.

In het veenweidegebied is het mogelijk dat de P-afvoer hoger uitvalt dan 10 kg/ha/jaar, door een relatief hoge grasproductie. In een onderzoek naar uitmijn-/verschrallingsmogelijkheden in de Krimpenerwaard werd bij een regulier beheer (zonder aanvullende bemesting) met 4 à 5 snedes per jaar een P-afvoer van circa 25 kg/ha/jaar gerealiseerd (in de eerste twee jaar) (van Eekeren et al., 2021). Hoe lang deze afvoer haalbaar blijft, is niet onderzocht. Het is daarom mogelijk dat de berekende verschrallingstermijnen in de overzichtstabellen in de praktijk lager uitvallen.

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 toplaag.



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).

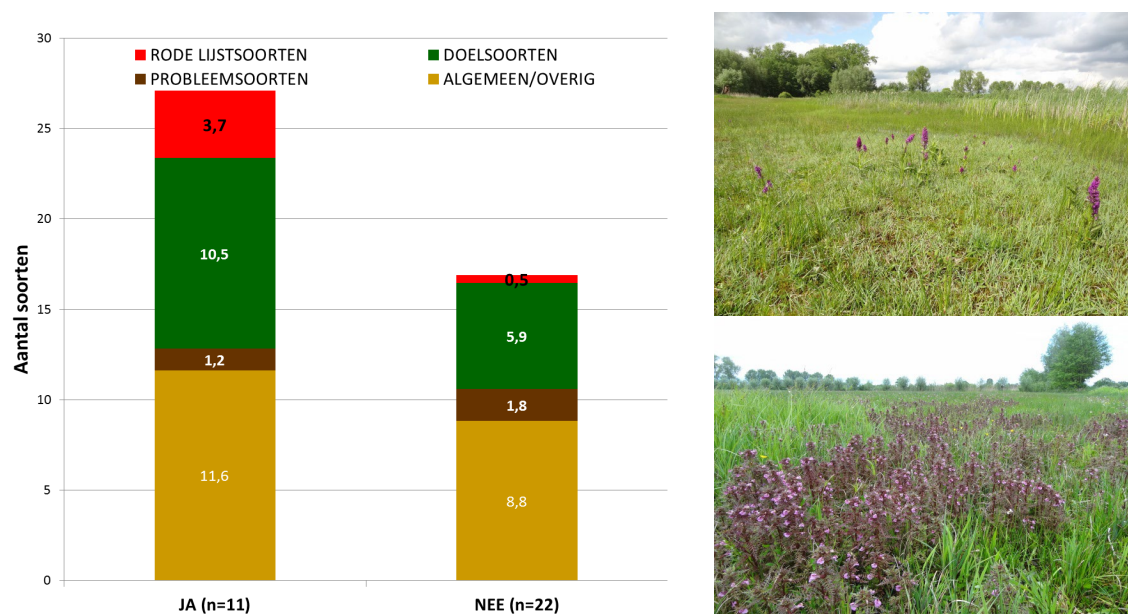
Ontgronden

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 verschraling 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 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).

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel 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.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek

Monstername

Op 30 en 31 maart 2022 werden op 12 locaties boringen gezet tot op 150 cm-mv en op 20 locaties tussenboringen tot op 80 cm-mv gezet (Figuur 7). De locaties werden in overleg met de opdrachtgever geselecteerd op basis van de 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 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Casper Kuipers van ATKb (zie Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1) geschat op basis van hydromorfe kenmerken.

Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, maaiveldhoogte (m N.A.P.) landgebruik, actuele grondwaterstand (GWS; 30 en 31 maart 2022), gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 7.

BORING	DATUM	DIEPTE	X	Y	MV	MVTYPE	GWS	GHG	GLG
1	31-3-2022	150	195130	529820	-1,831	gras	70	60	90
2	31-3-2022	150	195007	529666	-1,628	gras	80	60	90
3	31-3-2022	150	195101	529654	-1,663	gras	70	50	80
4	30-3-2022	150	195341	529838	-1,699	gras	60	50	70
5	30-3-2022	150	195411	529720	-1,663	gras	60	70	50
6	30-3-2022	150	195357	529637	-	bosschage	80	70	90
7	30-3-2022	150	195523	529569	-1,601	gras	45	40	50
8	30-3-2022	150	195431	529237	-1,442	gras	70	60	80
9	31-3-2022	150	195505	528930	-1,739	gras	50	30	60
10	30-3-2022	150	195492	529352	-1,82	gras	45	30	50
11	31-3-2022	150	195298	528745	-1,515	gras	70	60	90
12	31-3-2022	150	195313	528564	-1,281	gras	60	50	80
101	31-3-2022	80	194966	529809	-1,593	gras	80	70	>150
102	31-3-2022	80	195060	529783	-1,711	gras	70	60	>150
103	31-3-2022	80	195093	529715	-1,67	gras	75	60	>150
104	31-3-2022	80	195013	529597	-1,669	gras	80	70	>150
105	30-3-2022	80	195499	529845	-1,643	gras	70	60	>150
106	30-3-2022	80	195352	529801	-1,59	gras	60	50	70
107	30-3-2022	80	195477	529767	-1,739	gras	50	40	60
108	30-3-2022	80	195524	529731	-1,622	gras	75	50	>150
109	30-3-2022	80	195294	529716	-1,652	gras	70	50	>150
110	30-3-2022	80	195454	529688	-	bosschage	80	70	>150
111	30-3-2022	80	195475	529608	-1,468	gras	80	50	>150
112	30-3-2022	80	195324	529604	-	bosschage	40	20	50
113	30-3-2022	80	195385	529565	-1,498	bosschage	75	50	>150
114	30-3-2022	80	195367	529294	-1,498	gras	45	30	50
115	30-3-2022	80	195306	529237	-1,584	gras	45	30	60
116	30-3-2022	80	195548	529240	-1,424	gras	70	50	>150

117	30-3-2022	80	195501	529170	-1,563	gras	60	50	70
118	31-3-2022	80	195377	528922	-1,733	gras	60	50	>150
119	31-3-2022	80	195555	528889	-1,62	gras	60	45	65
120	31-3-2022	80	195310	528671	-1,555	gras	80	70	>150

De bemonsteringsstrategie was als volgt:

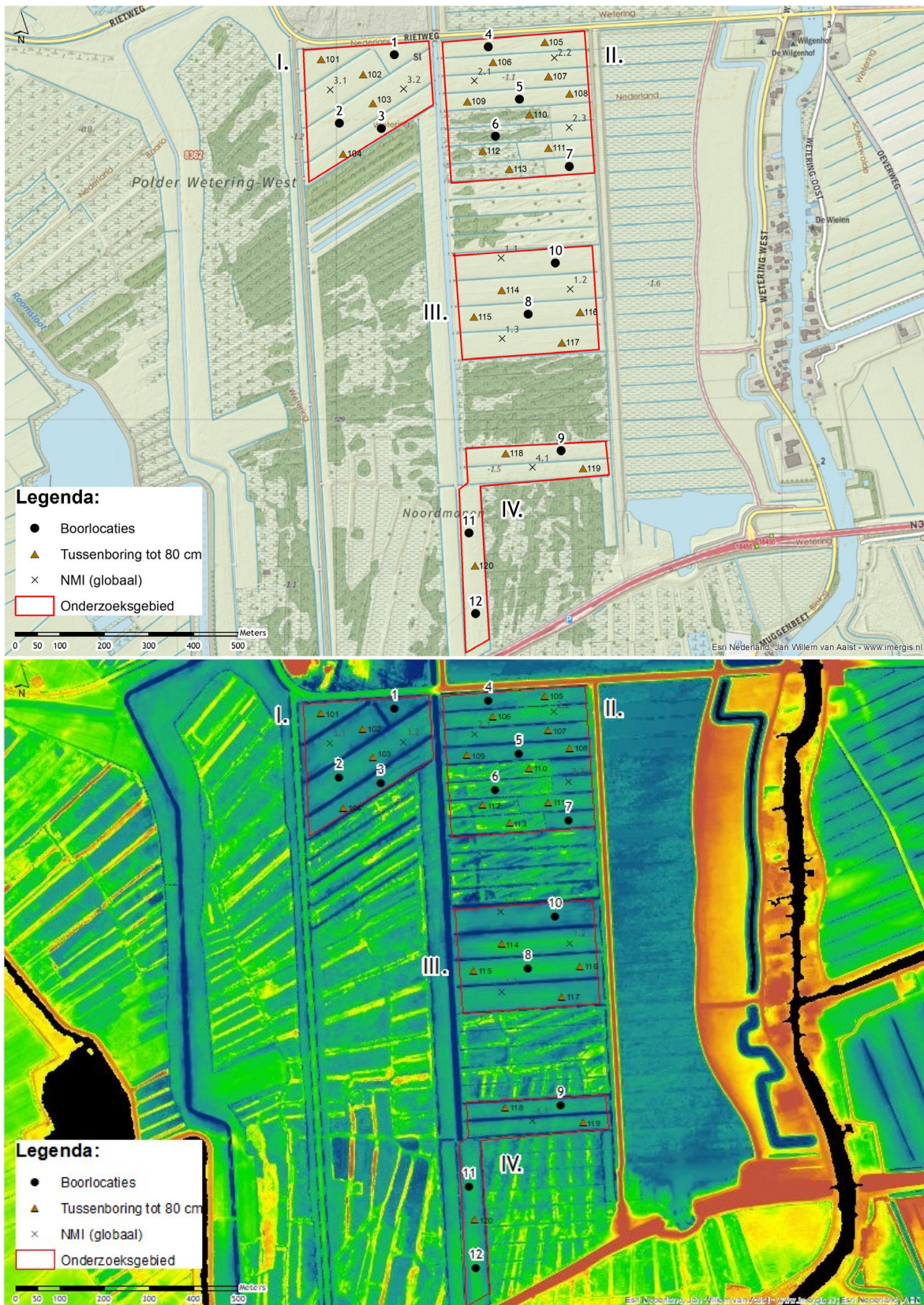
- Toplaag (0-15 cm-mv);
- 15-30 cm-mv ;
- 30-45 cm-mv.

Op 6 locaties is nog een extra bodemlaag bemonsterd (45-60 cm-mv).

De exacte bemonsteringsdieptes zijn afgestemd op de bodemhorizonten. De reden hiervoor is dan herleidbaar uit de beschrijving van de bodemprofielen.

De bodemmonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4° C tot verdere verwerking. Voor het in kaart brengen van verschralingsduren, ontgrondingsdieptes, natuurpotenties, aanvullende maatregelen en risico's zijn bewerkingen en analyses uitgevoerd (Olsen-extractie, destructie en zoutextractie).

In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden beschreven.



Figuur 7. Overzicht van de ligging van de bodemonsterlocaties in het onderzoeksgebied verdeeld in 4 deelgebieden op een topografische en hoogtekart.

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.

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 BEOOGDE NATUURTYPEN

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):

- Nat schraalland: (<)300-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 $\mu\text{mol/l}$ 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 8. 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 $\mu\text{mol/l}$ en Olsen-P concentraties van 150-400 $\mu\text{mol/l}$. Onder zeer natte condities kan een kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling komen. Bij concentraties van circa 10.000-25.000 $\mu\text{mol/l}$ (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 $\mu\text{mol/l}$ 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 ook trilveen).

Voor de ontwikkeling van nat schraalland en vochtig hooiland is niet alleen de buffering van belang maar ook het verloop van de grondwaterstanden. In principe zijn deze vegetaties alleen mogelijk wanneer er voldoende grondwaterinvloed nabij maaiveld is. 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. In veenbodems is het voldoende als de toplaag in de zomerperiode 10-20 cm droogvalt. Wanneer de mate van droogval forser is kan dit tot (extra) mineralisatie/afbraak van

veen leiden. Het is dan ook ongewenst om de waterpeilen sterk te verlagen om maaibeheer mogelijk te maken. Er dient met materieel te worden gemaaid dat geschikt is voor vochtige, drassige omstandigheden. In plaats van grondwaterinvloed kan ook aanvoer van oppervlaktewater zorgen voor voldoende natte omstandigheden en buffering. Het oppervlaktewater moet dan wel van voldoende kwaliteit zijn (relatief nutriëntenarm en van gebufferd).

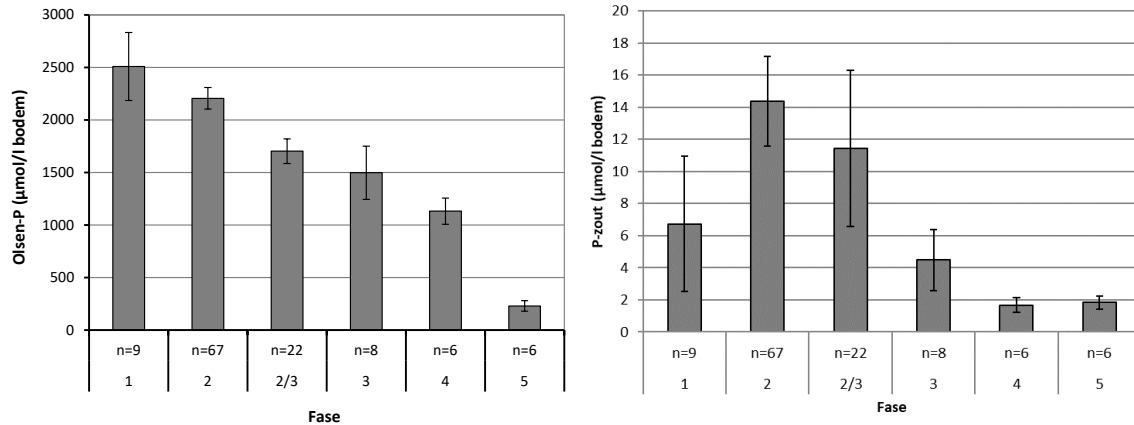
Wanneer na een eventuele ontgroning aanvullend verschrallingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgroning nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschrallingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren. Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschralling vereist is of wanneer voedselrijke toplagen worden vernat) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling (Figuur 9). 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 bijvoorbeeld 10 cm extra wordt afgegraven waardoor de ontwikkeling van de doelvegetatie meteen kan gaan plaatsvinden en het risico op pitrusontwikkeling wordt beperkt.



Figuur 9. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat. 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 in goed ontwikkelde kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1500 $\mu\text{mol/l}$; Figuur 14). Dit is echter 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 10. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/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-kruidentmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).



Figuur 11. 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 ($< 50-100 \mu\text{mol/l}$).

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 zomerkruidenten 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.

Op de meer vochtige kruiden- en faunarijke graslanden lijken vooral de P-concentraties sturend (Olsen-P $< 1200-1500 \mu\text{mol/l}$ en P-z $< 2-5 \mu\text{mol/l}$). Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof en stikstof (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).

5. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 5.2 worden kort de resultaten van het onderzoek door NMI weergegeven. In 5.3 wordt het bodemtype en de bodemopbouw gepresenteerd en in paragraaf 5.4 komen de grondwaterstanden aan bod. In paragraaf 5.5 wordt de algemene bodemchemie toegelicht. In paragraaf 5.6 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 Resultaten onderzoek NMI

De monsterpunten 1-4 liggen (Figuur 7) in het deelgebied Noordmanen, onderdeel van het huidige onderzoeksgebied (Tabel 2).

Tabel 2. Fosfaattoestand van alle onderzochte monsterpunten (1 tot en met 4 ten behoeve van blauwgrasland) in de toplaag (0-20 of 0-30 cm) en in de laag er onder (20-40 of 30-60 cm). Bron: Fosfaatonderzoek Wieden en Weerribben (NMI, 2019).

nr	P-CaCl ₂ (mg/kg)		P-Olsen (µmol/l)		P-AL (mg P ₂ O ₅ /100g)		FVG (%)		P-ox (mmol/kg)		Qmax (mmol/kg)	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1.1	0.8	0.3	971	501	26	15	24	13	13	13	53	98
1.2	0.4	0.3	913	521	30	15	26	15	10	7	39	45
1.3	0.3	0.3	710	262	24	10	21	11	16	15	79	137
2.1	0.4	0.2	1323	895	38	18	25	14	32	27	125	185
2.2	0.4	0.3	1040	521	25	12	20	11	20	19	97	167
2.3	0.8	0.6	1250	690	45	23	31	17	31	21	99	122
3.1	0.3	0.3	483	35	11	3	11	4	11	10	102	244
3.2	0.3	0.3	782	357	12	6	15	7	5	5	37	65
4.1	0.3	0.3	150	32	4	3	8	4	8	7	96	168

Beknpte toelichting uit het NMI rapport: In het deelgebied Noordmanen is de uitgangssituatie wat betreft de fosfaattoestand voor een deel geschikt en voor een deel (nog) niet geschikt voor de potentiële ontwikkeling van blauwgrasland. In dit gebied is er een verband tussen de gemeten fosfaattoestand en het huidige (agrarische) beheer. Monsterpunten 1 tot en met 3 liggen in het deel dat in 2018 nog relatief intensief werd beheerd (intensief maaien en bemesten). Bij de monsterpunten 1 en 2 is de fosfaattoestand daarom te hoog voor de potentiële ontwikkeling van blauwgrasland en is de uitgangssituatie wat betreft de fosfaattoestand ongeschikt. In de bodemlaag 20-40 cm-mv is de fosfaattoestand ook nog verhoogd en suboptimaal voor blauwgrasland en daarom zijn de monsters uit de 40-60 cm bodemlaag van de punten 2.1, 2.2 en 2.3 ook geanalyseerd (Tabel 3). In deze laag is de P-toestand zeer laag en voldoet ruimschoots aan de eis voor blauwgrasland.

Tabel 3. Fosfaattoestand van extra onderzochte monsters uit de 40-60 cm laag van de monsterpunten 2.1, 2.2 en 2.3. Bron: Fosfaatonderzoek Wieden en Weerribben (NMI, 2019).

Nr	P-CaCl ₂ (mg/kg)	P-Olsen (µmol/l)	P-AL (mg P ₂ O ₅ /100g)	FVG (%)	P-ox (mmol/kg)	Qmax (mmol/kg)
2.1	< 0,3	187	4	4	7	177
2.2	< 0,3	213	<3	4	9	222
2.3	< 0,3	181	5	5	11	208

In monsterpunt 3 is de fosfaattoestand in de bovenste 20 cm verhoogd en op de grens tussen optimaal en suboptimaal voor blauwgrasland.

In de bodemlaag 20-40 cm-mv is de P-beschikbaar heel laag. Interessant om op te merken is dat de zuurgraad van de bodem in dit deel van het gebied (locatie 1 t/m 3) juist wel optimaal was. In monsterpunt 4 was het beeld van de fosfaattoestand op basis van FVG en P-Olsen gunstig.

De geschiktheid voor de potentiële ontwikkeling van blauwgrasland laat eveneens een heel duidelijk verband zien met het huidige agrarische beheer. Waar het agrarisch beheer intensiever is, met name op locaties 1 en 2, is de fosfaattoestand hoger, de grondwaterstand dieper en de pH van de bodem hoger dan in de rest van dit deelgebied. Op deze locaties voldoet eigenlijk alleen de zuurgraad en basentoestand van de bodem aan de randvoorwaarden voor blauwgrasland. De grondwaterstand zou moeten worden verhoogd en de fosfaattoestand zou moeten worden verlaagd in de bodemlaag 0-40 cm-mv om aan de abiotische voorwaarden voor blauwgrasland te voldoen. Op de locatie 3 heeft het huidige agrarisch beheer een intensief karakter wat tot een verhoogde fosfaattoestand leidt die suboptimaal is voor blauwgrasland. Op locatie 4, waar het beheer zeer extensief is, is de FVG laag en in de uitgangssituatie geschikt voor blauwgrasland.

Op de locaties 1 en 2 zou het (ruim) meer dan 10 jaar duren om de fosfaattoestand te verlagen door uitmijnen (Tabel 4). Afgraven zou hier een optie kunnen zijn. Op alle andere locaties waar de fosfaattoestand door het agrarisch handelen te hoog is geworden zou deze door uitmijnen binnen een redelijke termijn verlaagd kunnen worden tot een niveau die geschikt is voor de potentiële ontwikkeling van blauwgrasland. De beoogde plagdieptes op basis van het onderzoek van NMI, voor aanvang van het aanvullend onderzoek door B-WARE waren 20 cm in deelgebied I en IV-noord en 30 cm in deelgebied II, III en IV zuid.

Tabel 4. Berekening van het aantal uitmijnjaren die het zou duren om de fosfaattoestand in de onderzochte percelen te doen dalen tot de grenswaarde waaronder blauwgraslanden zich potentieel kunnen ontwikkelen. De berekening is uitgevoerd op basis van de P-verzadigingsgraaf (FVG) in combinatie met de totale P-reserves (P-ox) en op basis van P-AL. Bron: Fosfaatonderzoek Wieden en Weerribben (NMI, 2019).

Monsterpunt	Uitmijnjaren		Monsterpunt	Uitmijnjaren	
	obv FVG	obv P-AL		obv FVG	obv P-AL
1.1	13	11	7.1	4	3
1.2	11	13	7.2	0	0
1.3	14	10	8.1	5	0
2.1	33	15	9.1	11	6
2.2	16	11	9.2	22	9
2.3	38	16	10.1	0	0
3.1	0	0	11.1	0	0
3.2	2	0	11.2	0	0
4.1	0	0	12.1	4	4

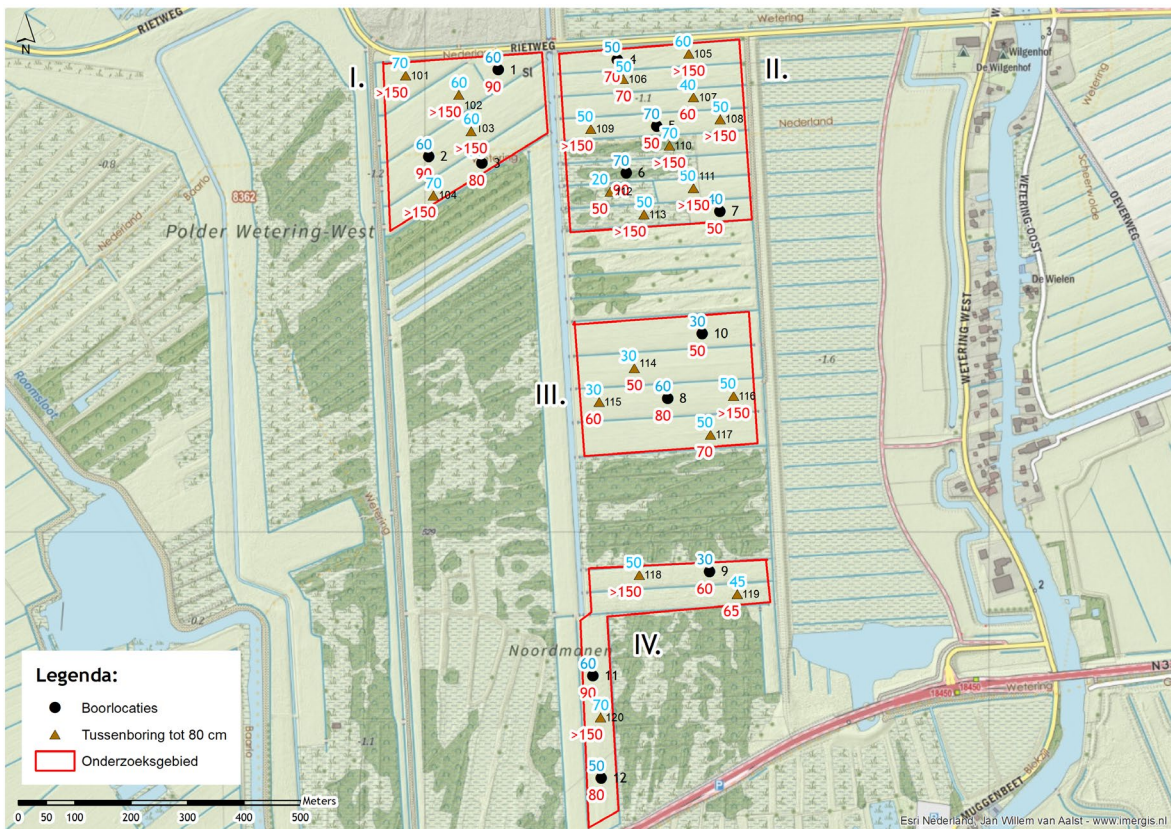
5.3 Bodemtype

De bodem in het onderzoeksgebied Weerribben bestaat voornamelijk uit siltig en humeus zand en veen (Tabel 5). De dikte van de bouwvoor in deelgebieden I en II (locaties 1-7; Figuur 7) varieert van circa 25-35 cm. In deelgebieden III en IV (locaties 8-12) is de dikte van de bouwvoor overwegend 15 cm. Onder de bouwvoor is lokaal een AB of AC-horizont te vinden. Deze donkerbruine of zwartere bodemlaag bestaat voornamelijk uit veen en heeft een hoog organische stof gehalte. Bij de adviezen per locatie zal worden beschreven tot op welke diepte de bodem verrijkt is met fosfaat en of verschralingsbeheer kansen biedt. Zie Bijlage 1 voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen per locatie.

5.4 Grondwaterstanden

Welke 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 deelgebied I (inclusief de tussenboringen) varieert de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van 50-70 cm-mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) ligt hier tussen 80->150 cm-mv. In deelgebied II varieert de GHG van 20-70 cm-mv. De GLG ligt hier tussen 50->150 cm-mv. In deelgebied III varieert de GHG van 30-60 cm-mv. De GLG ligt hier tussen 50->150 cm-mv. Tenslotte varieert de GHG in deelgebied IV van 30-70 cm-mv. De GLG ligt hier tussen 60->150 cm-mv. Uitgaande van een GHG van circa 0 cm-mv en een GLG van circa 20(-30) cm-mv in goed ontwikkelde blauwgraslanden op veengronden kan worden geconcludeerd dat de grondwaterstanden/waterpeilen nog geoptimaliseerd dienen te worden. Dit maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. Zie Tabel 1 en Figuur 12 voor een overzicht per locatie. Op locaties waar ontgrond zal worden zal uiteraard het maaiveld dalen waardoor de relatieve grondwaterstanden t.o.v. maaiveld al hoger komen te liggen.



Figuur 12. Overzicht van de GHG (blauw) en GLG (rood) op de locaties (boorlocaties en tussenboringen) in het onderzoekgebied.

5.5 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:

- Heischraal grasland/kleine zeggenvegetatie: 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: 900-1500 $\mu\text{mol/l}$ bodem (mits P-z < 2-5 $\mu\text{mol/l}$ en/of nitraat <100 $\mu\text{mol/l}$).

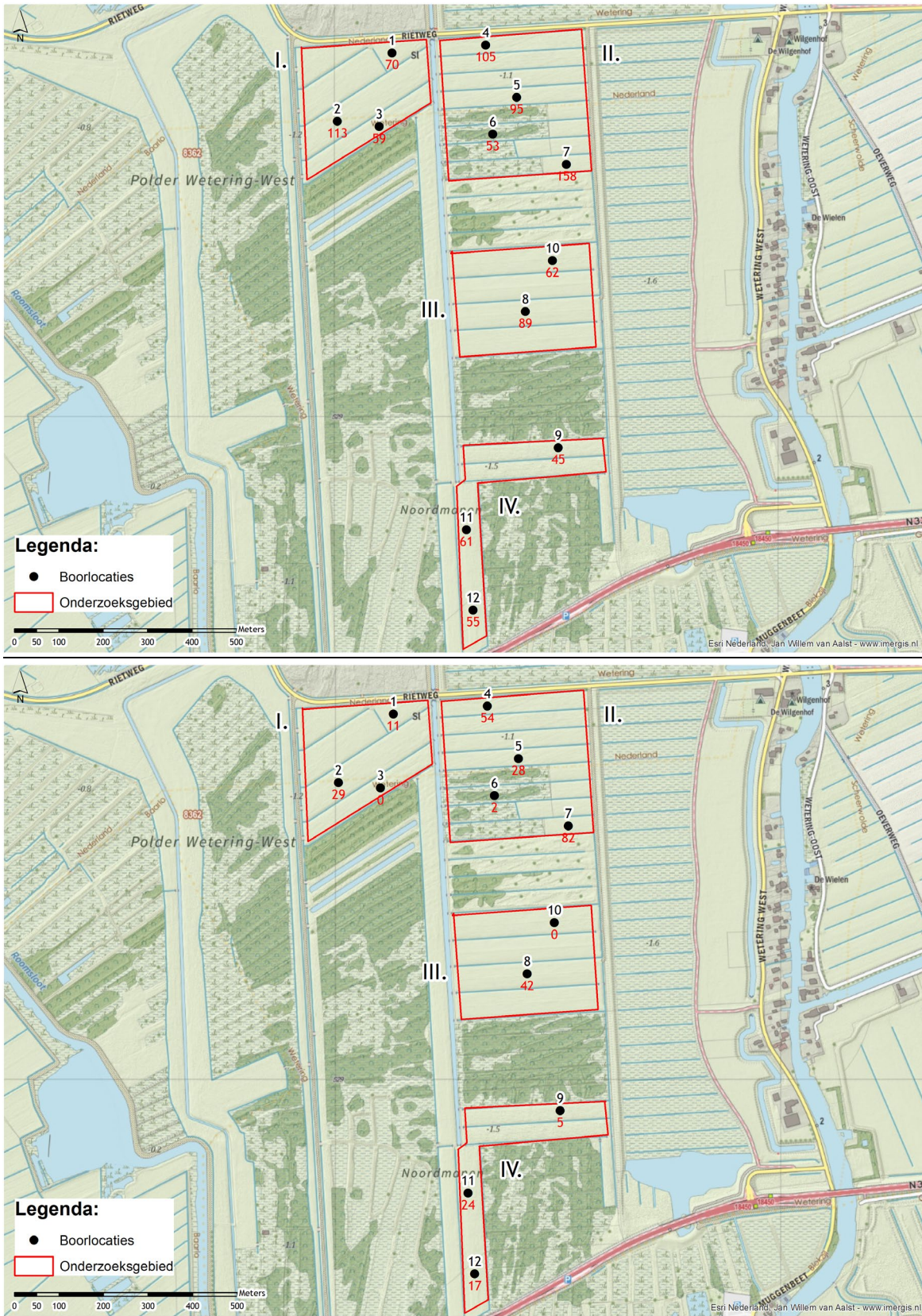
De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten. Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt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

5.6 Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van 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 2). In deze paragraaf wordt de verschralingsduur van de toplaag op de locaties kort besproken, waarna per deelgebied en per locatie de belangrijkste bodemchemische variabelen kort worden 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 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 slecht voor het draagvlak in de omgeving.

Verschrallingsduur

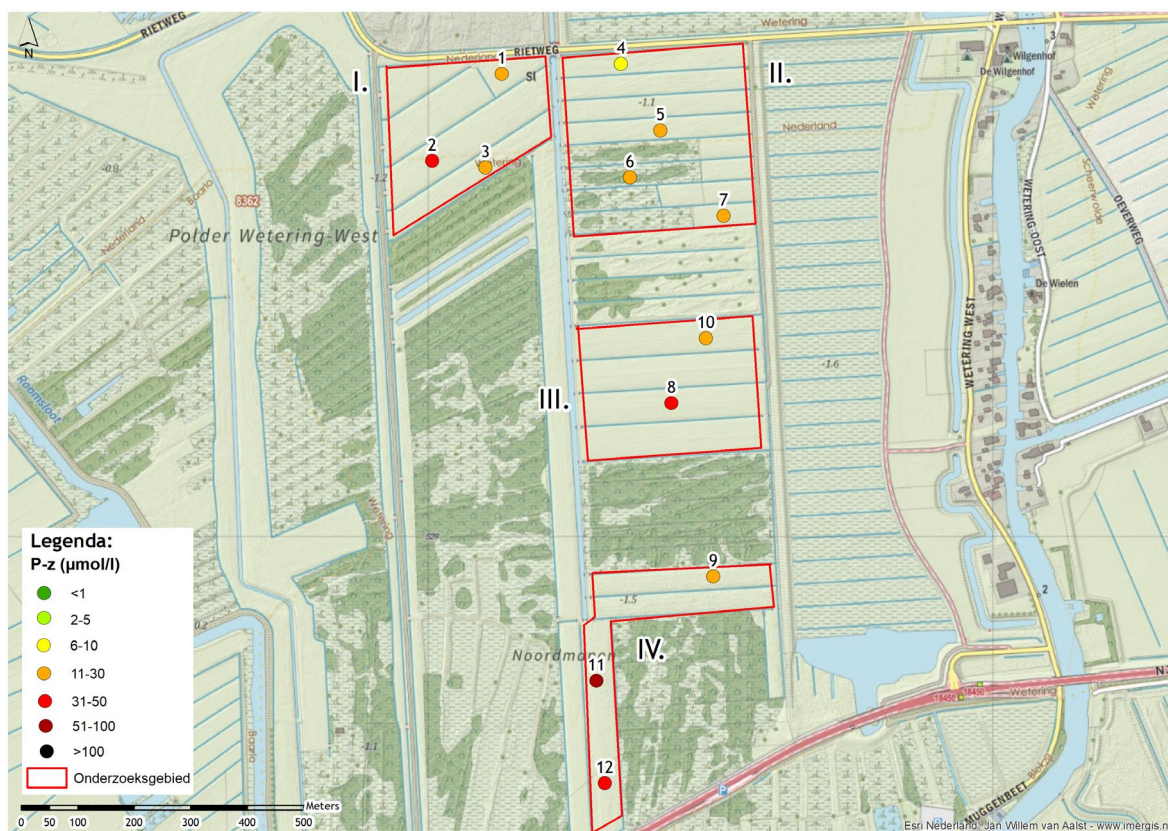


Figuur 13. Overzicht van de verschrallingsduur van de toplaag (0-25 cm-mv) in jaren via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr) tot een Olsen-P concentratie van 400 (boven) en 1200 µmol/l (onder). In veenweidegebieden is het mogelijk dat de P-afvoer bij intensief maaien en afvoeren (4-5 snedes) hoger uitvalt dan 10 kg/ha/jaar waardoor de verschraling sneller verloopt (zie paragraaf 2.2).

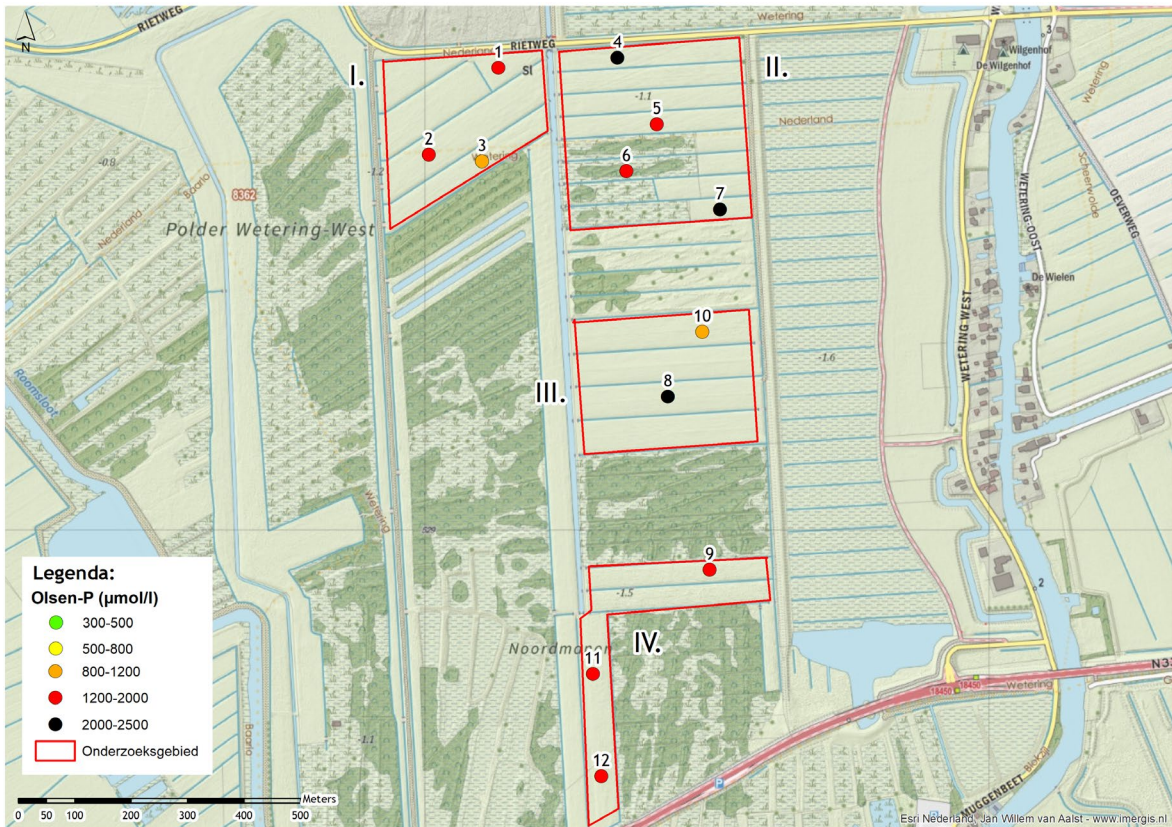
De verschrallingsduur van de toplaag (25 cm) tot een Olsen-P concentraties van 400 $\mu\text{mol/l}$ (optimaal voor de ontwikkeling van fosfaatarme natuur zoals blauwgrasland) op de locaties in het onderzoeksgebied varieert van 45 tot 158 jaar.

Wanneer verschraald wordt tot een Olsen-P van 1200 $\mu\text{mol/l}$ (geschikt voor de ontwikkeling van een goed ontwikkeld kruiden- en faunarijk grasland), zijn een aantal locaties reeds geschikt (locaties 3 en 10) of hebben een minimaal verschrallingsbeheer nodig (locaties 1, 6 en 9). Wanneer doelsoorten ontbreken kan chopperen en het opbrengen van maaisel uit een referentieterrein bijdragen aan een soortenrijkere ontwikkeling. Overigens kan er bij lage P-z concentraties (<2-5 $\mu\text{mol/l}$) mogelijk ook al een kruidenrijkere ontwikkeling op gang komen bij hogere Olsen-P concentraties (veelal wel <2000 $\mu\text{mol/l}$) op vochtige gronden.

De P-concentraties in de toplaag, en daarmee ook de verschrallingsduren, variëren soms fors (Figuur 14; Figuur 15). In deelgebied I en IV is de toplaag over het algemeen het minst verrijkt met fosfaat. In de volgende subparagraaf wordt nader ingegaan op de kansen voor blauwgraslandontwikkeling per deelgebied door middel van een ontgronding.



Figuur 14. Overzicht van de ruimtelijke variatie in het onderzoeksgebied in de P-z concentratie (in $\mu\text{mol/l}$) van de toplaag.



Figuur 15. Overzicht van de ruimtelijke variatie in het onderzoeksgebied in de Olsen-P concentratie van de toplaag.

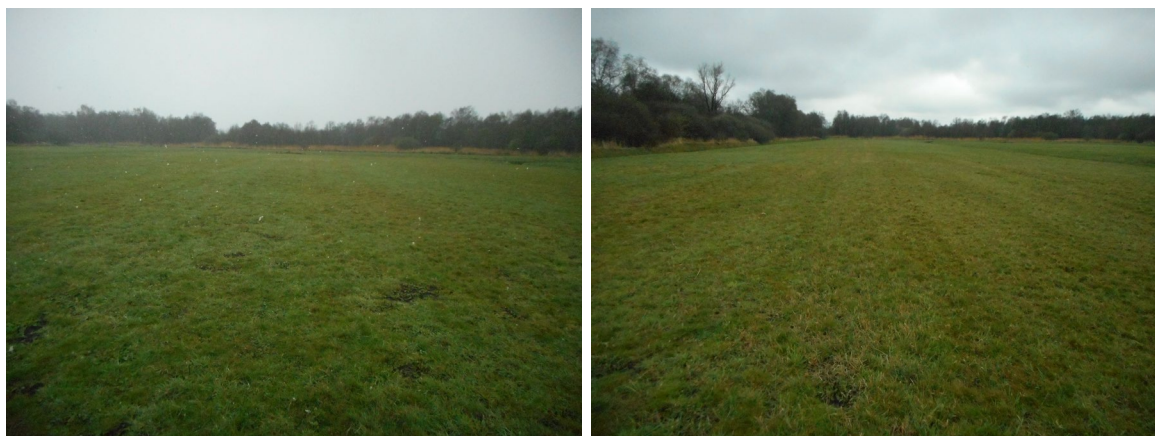
Kansen voor de ontwikkeling van blauwgrasland

In deze subparagraaf worden per deelgebied en per locatie de belangrijkste bodemchemische variabelen kort worden toegelicht. Per locatie worden de potenties en geschikte maatregelen toegelicht ten behoeve van de ontwikkeling van blauwgrasland. Dit betreft de potenties op basis van de bodemchemische condities. Het optimaliseren van de hydrologische condities is eveneens belangrijk maar maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. Indien (fors) aanvullend verschrallingsbeheer vereist is na een ontgronding betekent dit dat er in eerste instantie een risico is op verzuuring (pitrusontwikkeling) onder te voedselrijke, vochtige condities.

Indien niet gekozen wordt voor een dergelijke ontgronding of langdurig, intensief verschrallingsbeheer, is het ook een optie om het ambitieniveau aan te passen en in te zetten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag door middel van maaien en afvoeren (of chopperen en maaisel opbrengen). Dit wordt niet telkens vermeld per locatie.

De nitraatconcentraties in de locaties variëren in het onderzoeksgebied. Nitraatconcentraties in de toplaag zijn vooral laag op locaties 1, 3, 9-12, dit is gunstig. Indien wordt verschralld (en gestopt met bemesting, indien van toepassing) zullen de labiele nutriëntconcentraties (P-z en NO₃-) afnemen waardoor de kruidenrijkdom al kan toenemen. Chopperen in combinatie met het opbrengen van maaisel uit een kruidenrijk referentieperceel is een experimentele maatregel om de kruidenrijkdom te vergroten. Na het realiseren van de vereiste verschralling is het verwijderen van de zode (mits soortenarm) in combinatie met het opbrengen van maaisel uit een referentieperceel waarschijnlijk nodig om doelsoorten tot ontwikkeling te laten komen.

DEELGEBIED I (locatie 1-3)



Figuur 16. Impressie van de locaties in deelgebied I (links: locatie 2; rechts: locatie 3). Foto's: Casper Kuipers.

Tabel 5. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied I. 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). M4/12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 400/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l) bij een P-afvoer van 10 kg P/ha/jr. 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	<20	<4000	<20	<1	<50	0
6-10	151-250	21-50	4001-10000	21-50	2-5	51-100	<10
11-25	251-400	51-100	10001-20000	51-100	6-10	101-200	11-40
26-50	401-750	101-150	20001-35000	101-150	11-30	201-400	41-80
>50	>750	150-250	35001-50000	151-300	31-50	401-800	81-200
		>250	>50000	>300	51-100	801-1200	201-400
					>100	>1200	>400

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M12
1	0-10	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	32	51	0,4	1390	12,7	80	32	66	6	18	17	0,35	27	10893	0,00	632	4558	5,0	97	15	20	403	28	5
	10-25	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	22	42	0,6	1319	12,9	147	46	120	7	26	18	0,26	76	21913	0,00	263	3623	5,2	98	8	985	415	42	5
	25-40	Klei, sterk siltig, uiterst humeus	AB	36	61	0,4	483	9,0	146	81	170	5	21	33	0,33	40	22394	0,00	238	2487	2,3	79	7	210	1365	7	0
	40-55	Veen, matig siltig	AC	81	84	0,1	36	1,4	7	65	46	0	4	44	0,64	15	17463	0,00	105	1901	5,4	98	5	3	474	0	0
2	0-15	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	27	49	0,6	1594	20,7	97	66	133	5	34	24	0,24	30	19861	0,00	541	10521	5,3	99	32	128	527	73	24
	15-30	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	15	37	0,7	1316	18,5	203	65	263	6	35	27	0,27	72	16268	0,00	218	4815	4,8	98	6	276	195	60	8
	30-40	Klein, sterk siltig, uiterst humeus	AB	39	58	0,4	850	24,1	213	93	300	7	29	34	0,28	87	26268	0,00	242	2507	4,9	93	16	11	2716	40	0
	40-55	Veen, matig siltig	AC	60	73	0,3	246	16,2	40	107	183	2	12	30	0,25	16	26620	0,00	86	1699	5,1	97	9	9	1191	0	0
3	0-15	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	22	40	0,5	1059	13,1	251	66	224	11	38	41	0,39	46	12129	0,00	304	5735	4,5	96	18	75	529	38	0
	15-30	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	22	34	0,6	1188	10,0	182	29	141	9	33	25	0,40	300	13717	0,02	139	3777	4,0	95	8	234	90	31	0
	30-40	Klei, sterk siltig, uiterst humeus	AB	66	68	0,2	371	7,0	46	60	136	2	9	32	0,47	100	18552	0,01	145	2819	4,4	97	7	185	810	0	0

Locatie 1 (GHG: 60 cm-mv GLG: 90 cm-mv)

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 32-46 mmol/l, Ca-z: 10893-21913 µmol/l, Fe-t: 66-120 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1319-1390 µmol/l, P-t: 12,7-12,9 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland. Na afgraving van de bouwvoor en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 7 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 483 µmol/l; P-t: 9,0 mmol/l; Ca-t: 81 mmol/l; Ca-z: 22394 µmol/l). Als 40 cm wordt afgegraven is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig en is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 36 µmol/l; P-t: 1,4 mmol/l; Ca-t: 65 mmol/l; Ca-z: 17463 µmol/l). Het nadeel hiervan is dat de veenlaag aan maaiveld komt te liggen waardoor deze kwetsbaar wordt voor oxidatie.

Advies: bouwvoor (25 cm) afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 7 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 22394 µmol/l).

Locatie 2 (GHG: 60 cm-mv GLG: 90 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 65-66 mmol/l, Ca-z: 16268-19861 µmol/l, Fe-t: 133-263 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1316-1594 µmol/l, P-t: 18,5-20,7 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 40 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 850 µmol/l; P-t: 24,1 mmol/l; Ca-t: 8 mmol/l; Ca-z: 2614 µmol/l). Als 40 cm wordt afgegraven is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig en is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 246 µmol/l; P-t: 16,2 mmol/l; Ca-t: 107 mmol/l; Ca-z: 26620 µmol/l). Het nadeel hiervan is dat de veenlaag aan maaiveld komt te liggen waardoor deze kwetsbaar wordt voor oxidatie.

Advies 1: bouwvoor (30 cm) afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van maximaal 40 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 26268 µmol/l).

Advies 2: afgraven 40 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 26620).

Locatie 3 (GHG: 50 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 29-66 mmol/l, Ca-z: 12129-13717 µmol/l, Fe-t: 141-224 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1059-1188 µmol/l, P-t: 10,0-13,1 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 371 µmol/l; P-t: 7,0 mmol/l; Ca-t: 60 mmol/l; Ca-z: 18552 µmol/l).

Advies: bouwvoor (30 cm) afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 18552 µmol/l).

Synthese deelgebied I: 30 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland of een kruiden- en faunairijk grasland ontwikkelen op de toplaag zonder afgraven.

DEELGEBIED II



Figuur 17. Impressie van de locaties in deelgebied II (links: locatie 10; rechts: locatie 13). Foto's: Casper Kuipers.

Tabel 6. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II. Voor een uitleg van de afkortingen en kleurarceringen zie Tabel 5.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M12
4	0-10	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	26	35	0,5	2117	16,6	102	38	93	7	25	27	0,43	79	13034	0,01	238	4348	3,9	95	7	458	205	42	23
	10-25	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	23	34	0,7	2012	16,8	176	47	147	9	33	36	0,45	257	16705	0,02	337	4162	4,2	94	11	841	780	63	32
	25-45	Klei, sterk siltig, uiterst humeus	AB	67	68	0,3	504	7,1	50	33	113	2	8	32	0,80	479	13705	0,03	223	2406	3,6	86	7	14	3359	9	0
5	0-15	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	30	42	0,4	1337	16,3	108	42	89	10	27	28	0,41	29	13002	0,00	1312	6271	4,7	98	24	137	466	53	8
	15-30	Zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	27	35	0,6	1968	16,8	133	29	117	9	25	31	0,58	270	13677	0,02	1124	4057	3,9	96	11	111	95	63	31
	30-40	Klei, sterk siltig en humeus	AB	37	45	0,5	1469	18,0	176	33	147	12	25	46	0,80	686	13625	0,05	410	2597	3,7	90	11	143	694	41	10
	40-50	Klei, sterk siltig en humeus	AB	85	77	0,2	339	4,7	23	23	117	1	4	33	1,26	345	11394	0,03	369	1653	3,4	91	8	17	877	0	0
50-60	Veen, matig siltig	AB	75	80	0,2	214	4,3	30	24	68	2	4	26	0,94	396	9438	0,04	378	1289	3,6	90	9	16	811	0	0	
6	0-15	Klei, sterk siltig, uiterst humeus	A	44	51	0,4	1249	12,7	200	8	195	9	25	32	0,99	4611	2219	2,08	1188	659	2,9	28	15	733	146	40	2
	15-30	Klei, sterk siltig, uiterst humeus	A	56	55	0,3	815	7,6	223	7	164	12	18	40	1,60	5473	2061	2,66	372	455	3,1	23	7	1282	146	18	0
	30-45	Klei, sterk siltig, uiterst humeus	A	69	78	0,2	496	3,6	50	5	157	5	4	48	5,29	2538	2938	0,86	230	537	2,8	40	7	3009	1050	3	0
7	0-15	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	33	43	0,6	2135	25,5	227	65	151	24	37	44	0,43	171	19669	0,01	1349	5588	4,2	98	20	159	135	97	52
	15-30	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	31	40	0,6	1967	24,4	264	49	172	20	37	43	0,50	300	19560	0,02	327	3529	3,9	95	11	439	407	91	45
	30-40	Klei, sterk siltig en humeus	AB	41	54	0,4	1167	13,5	304	43	130	27	29	50	0,69	373	12852	0,03	249	2264	4,2	89	6	23	2185	28	0
	40-50	Veen, matig siltig	AB	82	81	0,2	152	3,1	78	29	49	3	5	25	0,75	322	11890	0,03	149	1977	3,9	92	11	9	959	0	0
50-60	Veen	AC	91	85	0,1	72	1,2	15	29	20	0	3	18	0,58	148	12080	0,01	164	2117	4,2	95	10	4	709	0	0	

Locatie 4 (GHG: 60 cm-mv GLG: 90 cm-mv)

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is zwak calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 38-47 mmol/l, Ca-z: 13034-16705 µmol/l, Fe-t: 93-147 mmol/l). De bouwvoor is (beperkt) verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2012-2117 µmol/l, P-t: 16,6-16,8 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 9 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 504 µmol/l; P-t: 7,1 mmol/l; Ca-t: 33 mmol/l; Ca-z: 13705 µmol/l).

Advies: bouwvoor (25 cm) afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 9 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland

Locatie 5 (GHG: 70 cm-mv GLG: 50 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak calciumhoudend en matig-sterk ijzerhoudend (Ca-t: 29-42 mmol/l, Ca-z: 13002-13677 µmol/l, Fe-t: 89-117 mmol/l). De bouwvoor is (beperkt) verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1337-1968 µmol/l, P-t: 16,3-16,8 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem nog steeds te rijk aan fosfaat voor de ontwikkeling van fosfaatarme natuur. Na afgraving van 40 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 339 µmol/l; P-t: 4,7 mmol/l; Ca-t: 23 mmol/l; Ca-z: 11394 µmol/l).

Advies: afgraven 40 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 11394 $\mu\text{mol/l}$).

Locatie 6 (GHG: 70 cm-mv GLG: 90 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 7-8 mmol/l, Ca-z: 2061-2219 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 164-195 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 815-1249 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 7,6-12,7 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor en een aanvullende verschrallingsbeheer van circa 3 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van (vochtige) heide (Olsen-P: 496 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 3,6 mmol/l; Ca-t: 5 mmol/l; Ca-z: 2938 $\mu\text{mol/l}$). De nitraatconcentraties zijn zeer hoog op deze locatie, mogelijk als gevolg van een sterke oxidatie van de organisch kleibodem.

Advies: bouwvoor (30 cm) afgraven en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 3 jaar t.b.v. de ontwikkeling (vochtige) heide.

Locatie 7 (GHG: 40 cm-mv GLG: 50 cm-mv)

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en sterk ijzerhoudend (Ca-t: 49-65 mmol/l, Ca-z: 19560-19669 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 151-172 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1967-2135 $\mu\text{mol/l}$, P-t: 24,4-25,5 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem nog steeds te sterk verrijkt met fosfaat voor de ontwikkeling van fosfaatarme natuur. Na afgraving van 40 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 152 $\mu\text{mol/l}$; P-t: 3,1 mmol/l; Ca-t: 29 mmol/l; Ca-z: 111890 $\mu\text{mol/l}$). Het nadeel hiervan is dat de veenlaag aan maaiveld komt te liggen waardoor deze kwetsbaar wordt voor oxidatie.

Advies: afgraven 40 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 11890 $\mu\text{mol/l}$).

Synthese deelgebied II: een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkelen op de toplaag en eventueel op de twee meest noordelijke stroken 25-30 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland.

DEELGEBIED III (locaties 8 en 10)



Figuur 18. Impressie van de locaties in deelgebied III (links: locatie 8; rechts: locatie 10). Foto's: Casper Kuipers.

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II. Voor een uitleg van de afkortingen en kleurarceringen zie Tabel 5.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	Al-z	Ca-z	AU/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M12
8	0-10	Zand, matig siltig, uiterst humeus, bv	AP	14	32	0,9	2183	15,4	163	152	99	16	76	23	0,10	15	23634	0,00	3630	6455	6,8	100	48	400	142	39	22
	10-20	Zand, matig siltig, uiterst humeus, bv	AP	10	25	0,9	1863	14,4	194	166	108	22	78	19	0,08	15	22595	0,00	3557	2700	6,6	100	20	628	91	35	16
	20-30	Zand, matig siltig en humeus	AB	8	23	1,0	1591	12,4	162	234	107	13	85	19	0,06	23	23359	0,00	3000	2047	7,2	100	18	912	133	29	10
	35-50	Zand, sterk siltig en humeus	AB	28	49	0,5	248	7,0	117	321	138	7	78	25	0,06	28	29106	0,00	676	1593	7,2	99	19	566	465	0	0
	50-65	Veen, matig siltig	AC	58	70	0,2	206	5,2	79	103	57	4	17	64	0,54	13	22468	0,00	232	2313	6,3	99	6	325	518	0	0
10	0-15	Zand, sterk siltig, uiterst humeus, bv	AP	19	40	0,6	1156	13,2	109	81	84	8	36	24	0,21	22	19897	0,00	1798	5498	5,5	99	29	32	225	41	0
	15-30	Zand, matig siltig en humeus	AB	19	34	0,7	1019	11,4	119	89	94	8	37	23	0,18	18	23758	0,00	1617	3555	5,8	99	12	434	320	32	0
	30-45	Veen	AC	82	80	0,2	71	2,0	4	119	28	0	8	20	0,16	13	18879	0,00	394	2494	6,0	99	5	163	332	0	0

Locatie 8 (GHG: 60 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is sterk calciumhoudend en matig ijzerhoudend (Ca-t: 152-166 mmol/l, Ca-z: 23634-22595 µmol/l, Fe-t: 99-108 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1863-2183 µmol/l, P-t: 14,4-15,4 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem nog steeds te verrijkt met fosfaat voor de ontwikkeling van fosfaatarme natuur. Na afgraving van 35 cm is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 248 µmol/l; P-t: 7,0 mmol/l; Ca-t: 321 mmol/l; Ca-z: 29106 µmol/l).

Advies: afgraven 35 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 29106 µmol/l).

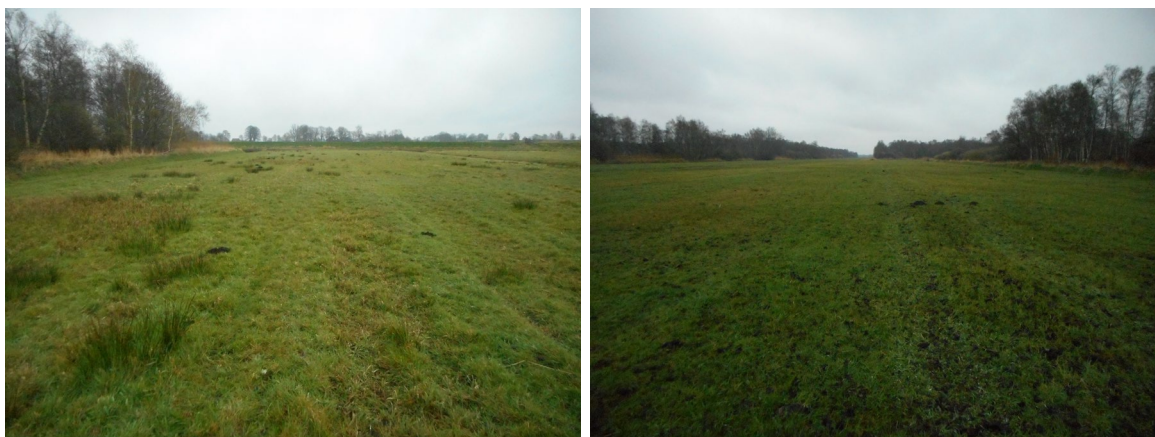
Locatie 10 (GHG: 30 cm-mv GLG: 50 cm-mv)

De bouwvoor (0-15 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 81 mmol/l, Ca-z: 19897 µmol/l, Fe-t: 84 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1156 µmol/l, P-t: 13,2 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem nog steeds te verrijkt met fosfaat voor de ontwikkeling van fosfaatarme natuur. Na afgraving van 30 cm is de veenbodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 71 µmol/l; P-t: 2,0 mmol/l; Ca-t: 119 mmol/l; Ca-z: 18879 µmol/l). Het nadeel hiervan is dat de veenlaag aan maaiveld komt te liggen waardoor deze kwetsbaar wordt voor oxidatie.

Advies: afgraven 30 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 18879 µmol/l).

Synthese deelgebied III: 30-35 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland of een kruiden- en faunairijk grasland ontwikkelen op de toplaag.

DEELGEBIED IV (locaties 9, 11 en 12)



Figuur 19. Impressie van de locaties in deelgebied IV (links: locatie 9; rechts: locatie 12). Foto's: Casper Kuipers.

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied II. Voor een uitleg van de afkortingen en kleurarceringen zie Tabel 5.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MgCa	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	M12
9	0-15	Klei, uiterst siltig, sterk humeus, bv	AP	14	43	0,7	1337	10,1	127	59	68	6	33	20	0,21	41	20723	0,00	50	2404	5,4	98	17	30	301	33	5
	15-30	Veen, matig zandig	AB	14	38	0,8	726	8,0	150	67	104	6	34	19	0,19	42	26267	0,00	17	1572	5,1	99	8	222	150	17	0
	30-45	Veen, matig siltig	AC	47	75	0,3	211	4,5	88	87	58	3	15	36	0,36	26	26417	0,00	37	1900	5,5	99	13	50	230	0	0
	45-60	Veen, matig siltig	AC	63	82	0,2	48	1,7	26	81	57	1	8	93	1,04	17	21646	0,00	80	2175	5,7	99	5	6	127	0	0
11	0-15	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	10	33	0,9	1941	13,2	101	63	73	5	36	18	0,18	26	17950	0,00	126	3112	5,4	99	57	24	197	48	24
	15-25	Zand, sterk siltig	BC	9	14	1,2	1205	7,2	100	41	72	5	48	7	0,08	32	10609	0,00	182	1444	5,8	99	43	118	163	13	0
	25-40	Klei, sterk siltig	AB	40	58	0,4	330	5,1	139	144	129	5	24	28	0,17	20	32882	0,00	60	2315	5,7	100	9	280	185	0	0
	40-55	Veen, matig siltig en zandig	AB	77	82	0,2	49	2,2	6	96	77	0	4	72	0,73	12	23258	0,00	96	1396	5,8	99	5	3	199	0	0
12	0-15	Zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	11	38	0,9	1700	12,6	103	57	67	5	26	21	0,25	44	19291	0,00	240	2652	5,3	98	32	11	296	45	17
	15-30	Zand, sterk siltig, matig humeus	AC	5	24	1,1	830	6,4	113	42	73	4	29	13	0,18	45	18450	0,00	110	1490	5,1	99	9	76	135	15	0
	30-40	Zand, sterk siltig	BC	8	30	1,0	520	2,5	89	30	29	4	11	14	0,33	40	10080	0,00	379	905	5,9	99	11	21	121	0	0
	40-50	Veen, sterk siltig	AC	79	79	0,2	33	1,3	10	86	48	0	5	42	0,47	28	21668	0,00	345	2245	5,4	99	3	3	397	0	0

Locatie 9 (GHG: 30 cm-mv GLG: 60 cm-mv)

De bouwvoor (0-15 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 59 mmol/l, Ca-z: 20723 µmol/l, Fe-t: 68 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1337 µmol/l, P-t: 10,1 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 17 jaar is de veenbodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 726 µmol/l; P-t: 8,0 mmol/l; Ca-t: 67 mmol/l; Ca-z: 26267 µmol/l). Als 30 cm wordt afgegraven is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig en is de siltige veenbodem direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 211 µmol/l; P-t: 4,5 mmol/l; Ca-t: 87 mmol/l; Ca-z: 26417 µmol/l).

Advies 1: bouwvoor (15 cm) afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 17 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 26267 µmol/l).

Advies 2: afgraven 30 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 26417 µmol/l).

Locatie 11 (GHG: 60 cm-mv GLG: 90 cm-mv)

De bouwvoor (0-15 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 63 mmol/l, Ca-z: 17950 µmol/l, Fe-t: 73 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1941 µmol/l, P-t: 13,2 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 13 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 1205

.....
µmol/l; P-t: 7,2 mmol/l; Ca-t: 41 mmol/l; Ca-z: 10609 µmol/l). Als 25 cm wordt afgegraven is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig en is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 330 µmol/l; P-t: 5,1 mmol/l; Ca-t: 144 mmol/l; Ca-z: 32882 µmol/l).

Advies 1: bouwvoor (15 cm) afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 13 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 10609 µmol/l).

Advies 2: afgraven 25 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 32882 µmol/l).

Locatie 12 (GHG: 50 cm-mv GLG: 80 cm-mv)

De bouwvoor (0-15 cm-mv) is matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 57 mmol/l, Ca-z: 19291 µmol/l, Fe-t: 67 mmol/l). De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1700 µmol/l, P-t: 12,6 mmol/l). Na afgraving van de bouwvoor en een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 15 jaar is de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 830 µmol/l; P-t: 6,4 mmol/l; Ca-t: 42 mmol/l; Ca-z: 18450 µmol/l). Als 30 cm wordt afgegraven is geen aanvullend verschrallingsbeheer nodig en is de bodem direct geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Olsen-P: 520 µmol/l; P-t: 2,5 mmol/l; Ca-t: 30 mmol/l; Ca-z: 10080 µmol/l).

Advies 1: bouwvoor (15 cm) afgraven met een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 15 jaar t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 18450 µmol/l).

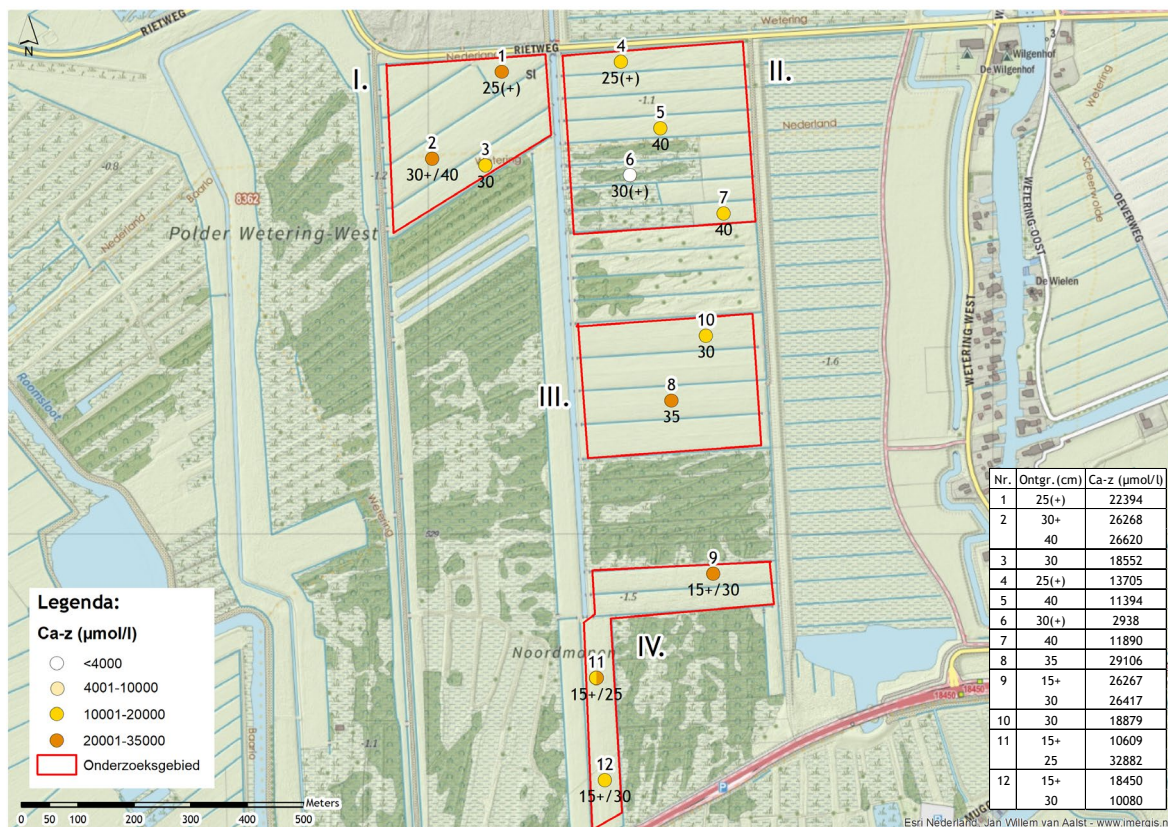
Advies 2: afgraven 30 cm t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-z: 10080 µmol/l).

Synthese deelgebied IV: 30 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland of een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkelen op de toplaag.

6. SYNTHESE EN CONCLUSIES

- De bodem in het onderzoeksgebied Weerribben bestaat voornamelijk uit siltig en humeus zand en veen (Tabel 5). De dikte van de bouwvoor in deelgebieden I en II (locaties 1-7) varieert van circa 25-35 cm. In deelgebieden III en IV (locaties 8-12) is de dikte van de bouwvoor overwegend 15 cm. Onder de bouwvoor is lokaal een AB of AC-horizont te vinden. De bouwvoor is op de meeste locaties (beperkt) verrijkt met fosfaat. Onder de bouwvoor is de verstoorde AB of AC horizont vaak ook nog te rijk aan fosfaat. Zie Figuur 7 voor een overzicht van de ligging van de monsterlocaties en nummering van de deelgebieden. Op 20 locaties zijn aanvullende boringen uitgevoerd die de opdrachtgever kunnen helpen bij het opstellen van perceeldekkende adviezen. De boorprofielen worden weergegeven in Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem.
- De GHG in het onderzoeksgebied varieert tussen de 20 en 70 cm-mv. De GLG varieert van 50 en >150 cm-mv. Voor de ontwikkeling van blauwgrasland is grondwaterinvloed in maaiveld vereist (doorstroming) van circa oktober t/m april. In de zomer dient de toplaag beperkt droog te vallen. Bij veenbodems is dit bij voorkeur maximaal 20 cm. Bij zand- of kleibodems kan dit 40 (tot maximaal 80) cm zijn. Het hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van het onderzoek. Naast het optimaliseren van de bodemchemische condities (voldoende voedselarme, gebufferde condities) is het optimaliseren van de hydrologie wel essentieel voor een succesvolle ontwikkeling van blauwgrasland.
- Per deelgebied zijn in paragraaf 5.6 de ontwikkelingsmogelijkheden voor blauwgrasland weergegeven. Dit is per locatie toegelicht. De toplaag van de bodem is als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt met fosfaat (overwegend circa 1000-2200 $\mu\text{mol/l}$) terwijl voor de ontwikkeling van blauwgrasland een Olsen-P concentraties van circa <300-500 $\mu\text{mol/l}$ gewenst is. De verschrallingsduur is fors (variërend van 53-158 jaar; Figuur 13) waardoor het afgraven van de voedselrijke toplaag een reëel maatregel is. De conclusies per deelgebied zijn als volgt:
 - Deelgebied I: 30 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland of een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkelen op de toplaag.
 - Deelgebied II: een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkelen op de toplaag en eventueel op de twee meest noordelijke stroken 25-30 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland.
 - Deelgebied III: 30-35 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland of een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkelen op de toplaag.
 - Deelgebied IV: 30 cm afgraven voor de ontwikkeling van blauwgrasland of een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkelen op de toplaag.
- In deelgebied I, II (noordelijke strook), III en IV liggen (onder de juiste hydrologische condities) kansen voor de ontwikkeling van blauwgrasland. De ruimtelijke variatie van de ontgrondingsadviezen wordt weergegeven in Figuur 20. Wanneer (fors) aanvullend verschrallingbeheer nodig is betekent dit dat de bodem na ontgroning nog (beperkt) te rijk is aan fosfaat en kan leiden tot verzuuring.
- Een Ca-z concentratie $\pm 10.000-35.000 \mu\text{mol/l}$ is in principe geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. De periode van droogval in de zomerperiode (verzurende

oxidatieprocessen) in combinatie met de aanvoer van bufferstoffen via het grondwater zal bepalen of de buffering op peil blijft of dat er langzaam verzuring kan gaan optreden. De Ca-z concentratie op deze locaties ligt na ontgroning tussen de 10080-32882 $\mu\text{mol/l}$. De ruimtelijke variatie wordt gegeven in Figuur 20. Alleen locatie 6, gelegen in bosschage, is zeer zwak calciumhoudend.



Figuur 20. Overzicht van de ontgrondingsdieptes (in cm, weergegeven op een topografische kaart) die nodig om P-arme condities te realiseren waarbij (+) = <10 jaar, en + = 11-20 jaar en ++ = 21-35 jaar aanvullend verschalingsbeheer vereist (na inrichting nog niet direct een optimale situatie voor de beoogde natuurdoelen). De kleuren geven een beeld van de Ca-z concentraties ($\mu\text{mol/l}$) op de locaties. Onder voedselrijkere condities kan een kruiden- en faunarijk grasland worden ontwikkeld. In de tabel staan de precieze Ca-z concentraties weergegeven.

- Indien niet gekozen wordt voor een dergelijke ontgroning of verschalingsbeheer, wordt geadviseerd het ambitieniveau aan te passen en in te zetten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag. Onder vochtige omstandigheden is een Olsen-P concentratie van circa (<)1200-1500 $\mu\text{mol/l}$ gewenst in combinatie met lage P-z concentraties (<2-5 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een goed ontwikkeld kruiden- en faunarijk grasland. Stoppen met bemesting en jaarlijks maaien en afvoeren is hierbij vereist. Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid. Wanneer de zode ondanks het verschalingsbeheer soortenarm blijft is een experimentele maatregel zoals chopperen van de zode in combinatie van het inzaaien van een passend gras-kruidenmengsel een alternatief.

7. LITERATUUR

- Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.
- Chardon, W.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.
- 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.
- Eekeren, N. van, T. van den Broek, B. Timmermans, Y. Egas, A. Koornneef & R. Terlouw (2021) Uitmijnen of plaggen voor nat schraalland in de Krimpenerwaard: proefresultaten 2020-2021. Publicatienummer 2021-042 LbD. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- 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.
- 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., 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) Verpitruissing 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, 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.
- Van Rotterdam, D., Postma, R. (2019). Fosfaatonderzoek Wieden en Weerribben. Rapport 1692.N.17. NMI.
- 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*.
- 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., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.

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.

8. BIJLAGEN

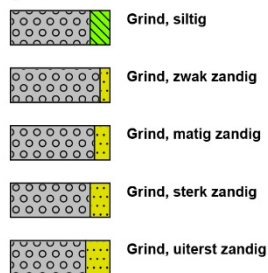
8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

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

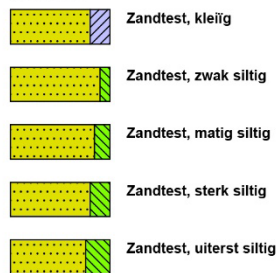
Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

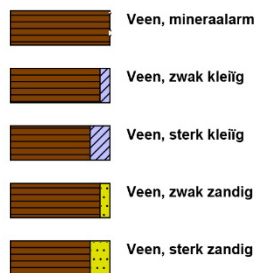
grind



zandtest



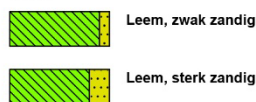
veen



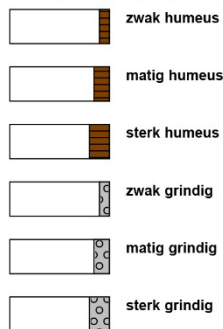
klei



leem



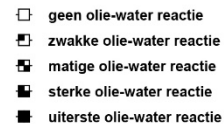
overige toevoegingen



geur



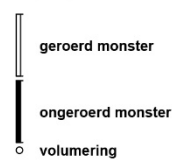
olie



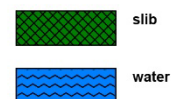
p.i.d.-waarde



monsters

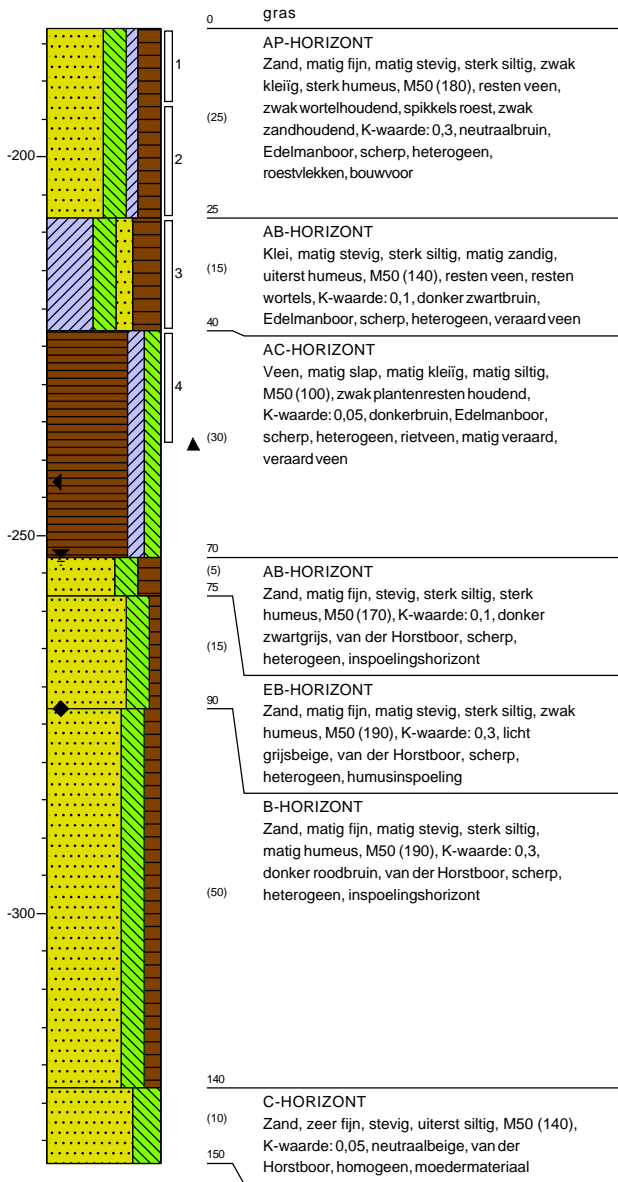


overig



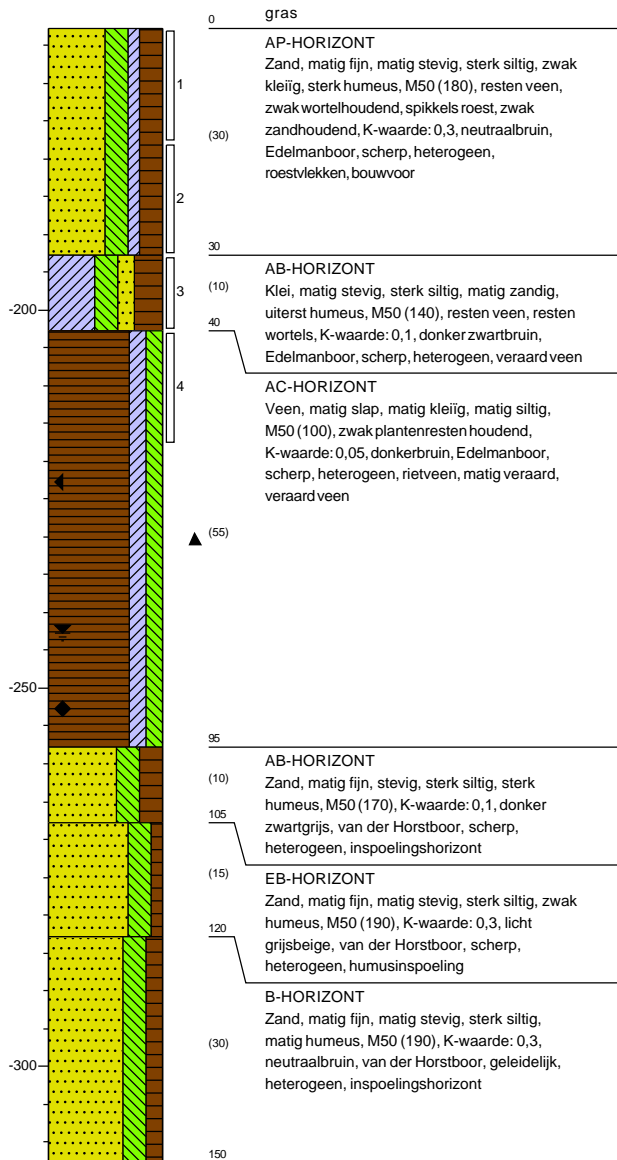
Boring: 001

X: 195129,61
 Y: 529820,00
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,831
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 60
 GLG: 90



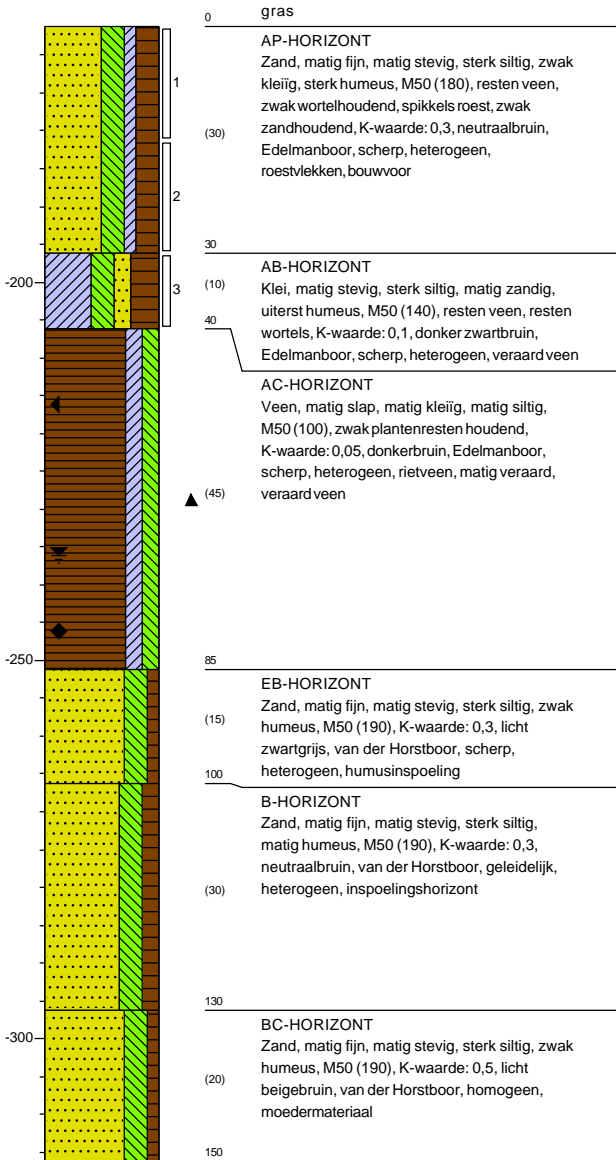
Boring: 002

X: 195006,92
 Y: 529665,56
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,628
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 60
 GLG: 90



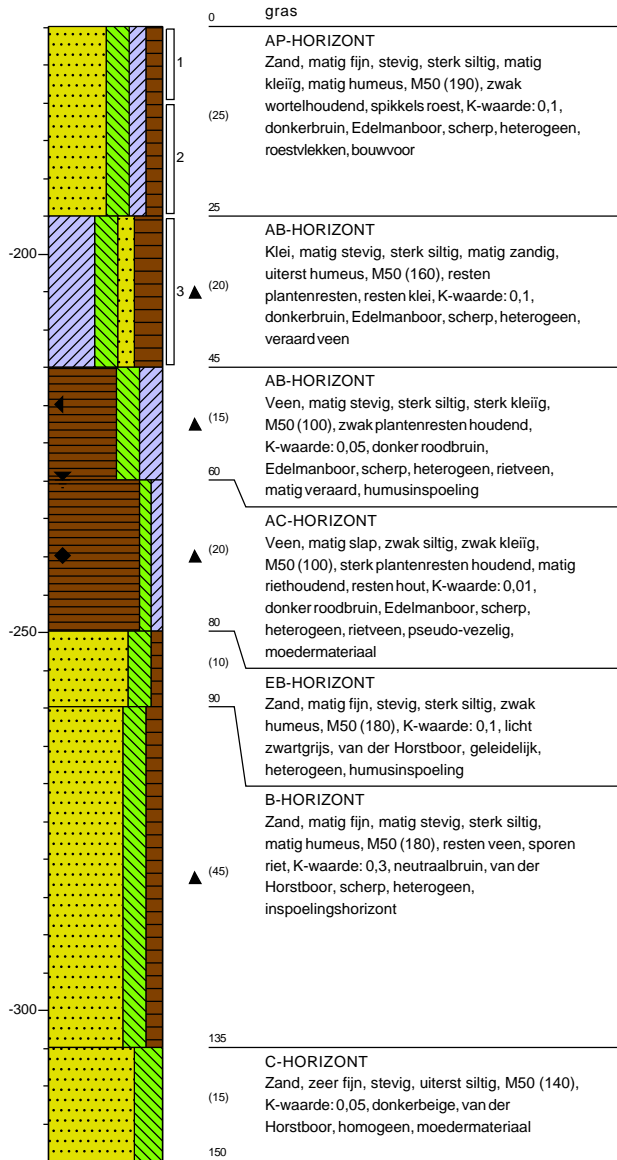
Boring: 003

X: 195101,34
 Y: 529654,46
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,663
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 50
 GLG: 80



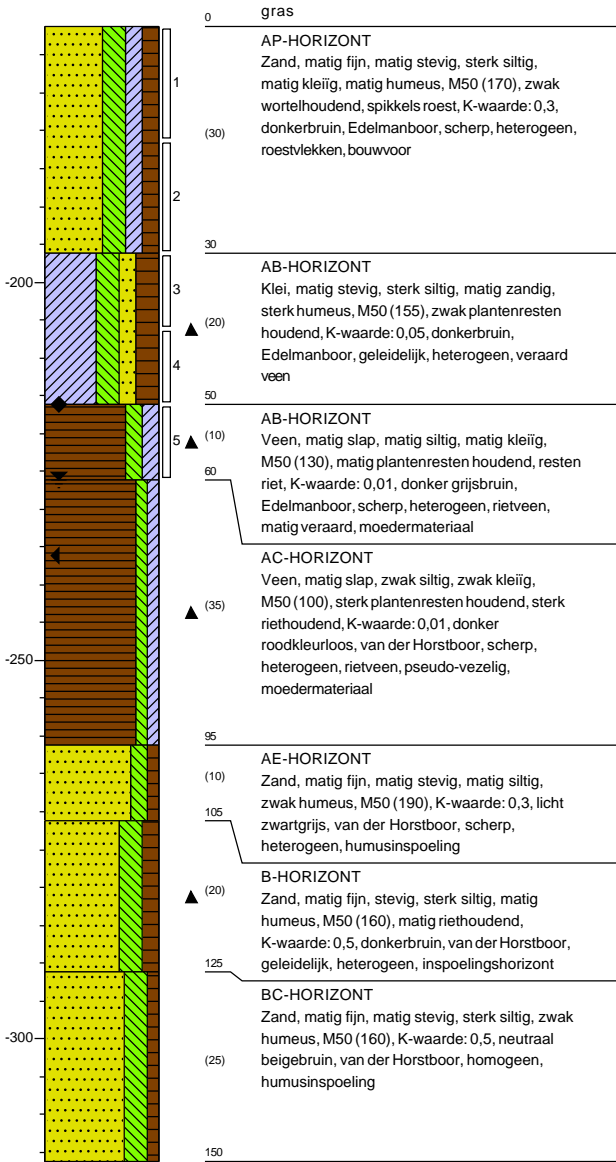
Boring: 004

X: 195341,23
 Y: 529837,64
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,699
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 50
 GLG: 70



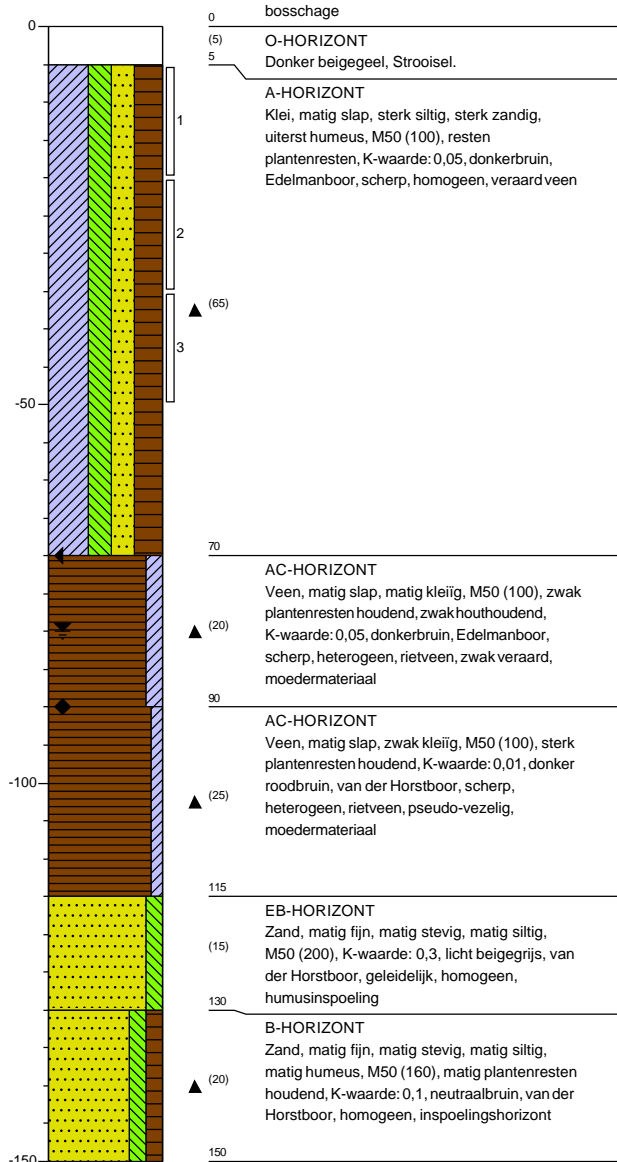
Boring: 005

X: 195411,47
 Y: 529720,05
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,663
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 70
 GLG: 50



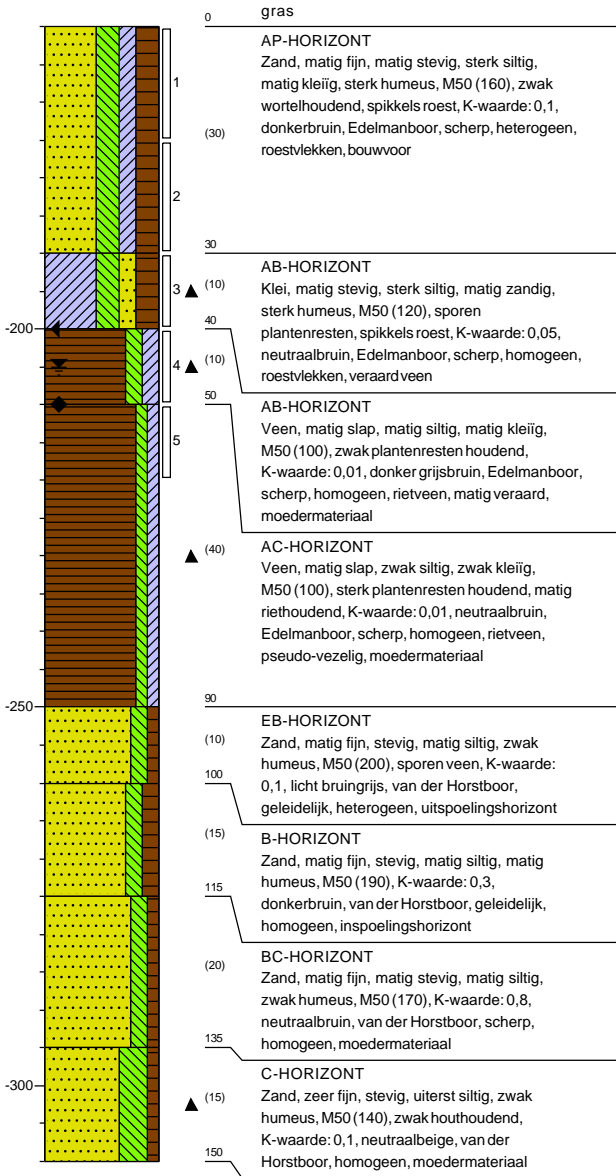
Boring: 006

X: 195357,09
 Y: 529636,60
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 80
 GHG: 70
 GLG: 90
 Opmerking: Slechteontvangst.



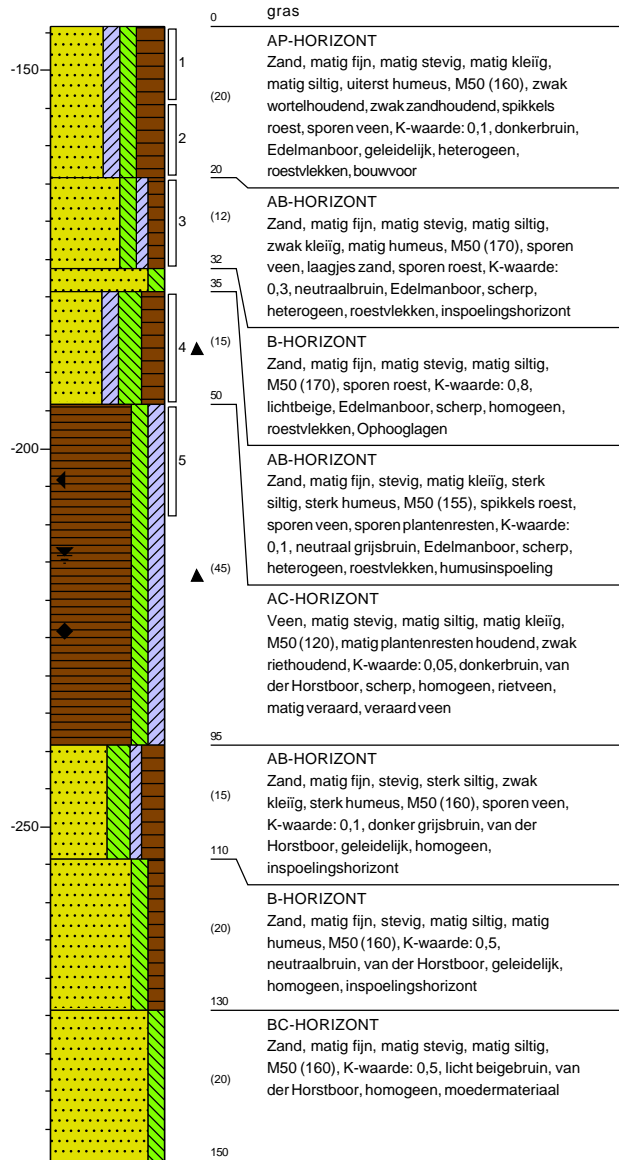
Boring: 007

X: 195523,12
 Y: 529569,34
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,601
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 45
 GHG: 40
 GLG: 50



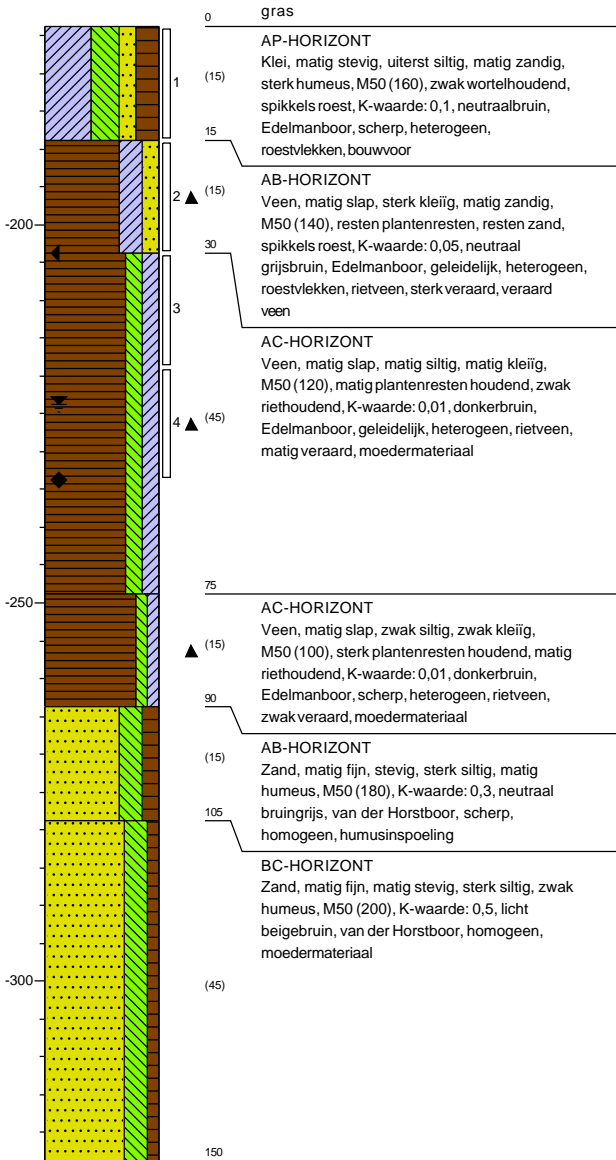
Boring: 008

X: 195430,91
 Y: 529236,76
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,442
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 60
 GLG: 80



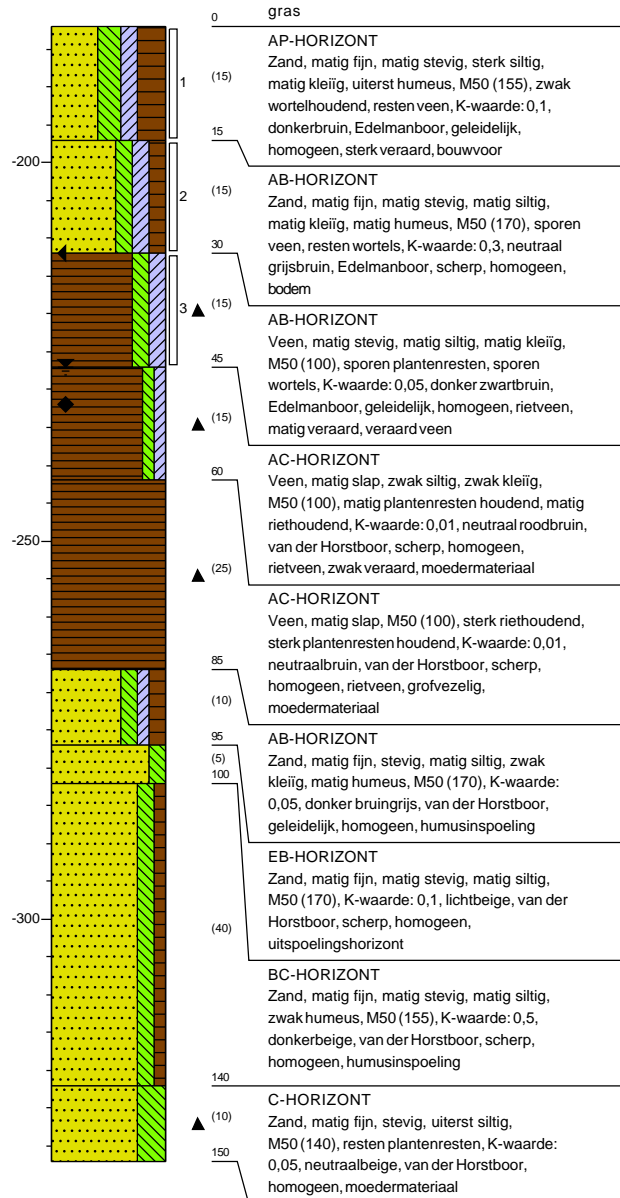
Boring: 009

X: 195505,10
 Y: 528929,64
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,739
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 50
 GHG: 30
 GLG: 60



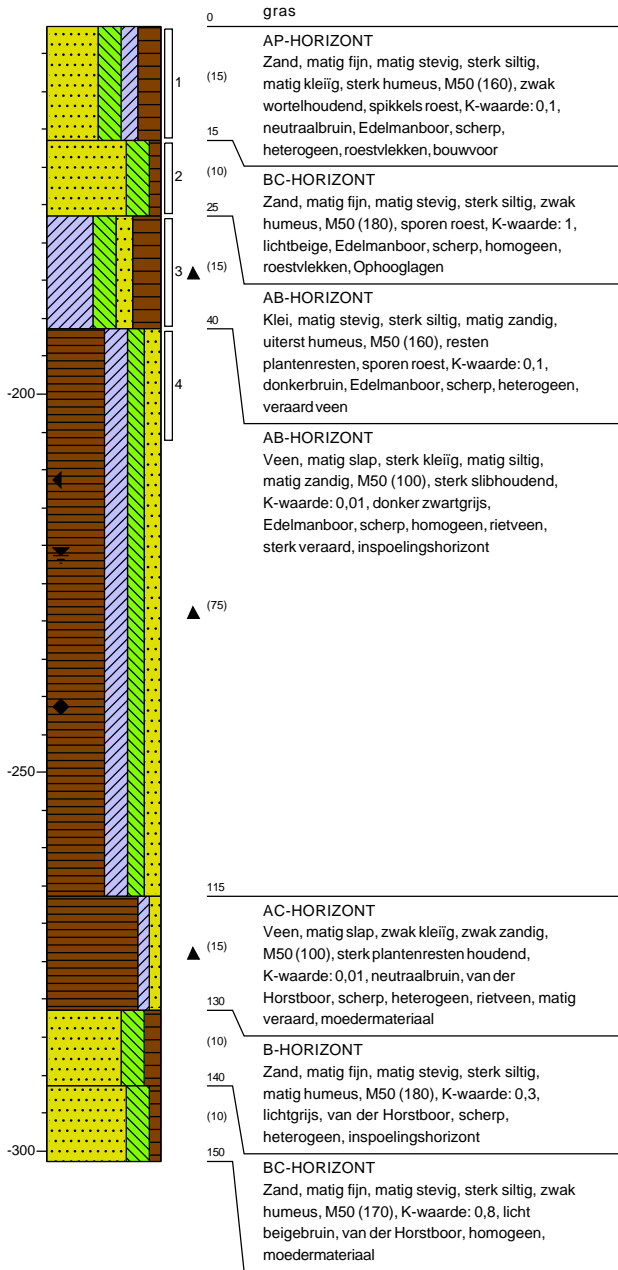
Boring: 010

X: 195491,80
 Y: 529352,37
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,82
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 45
 GHG: 30
 GLG: 50



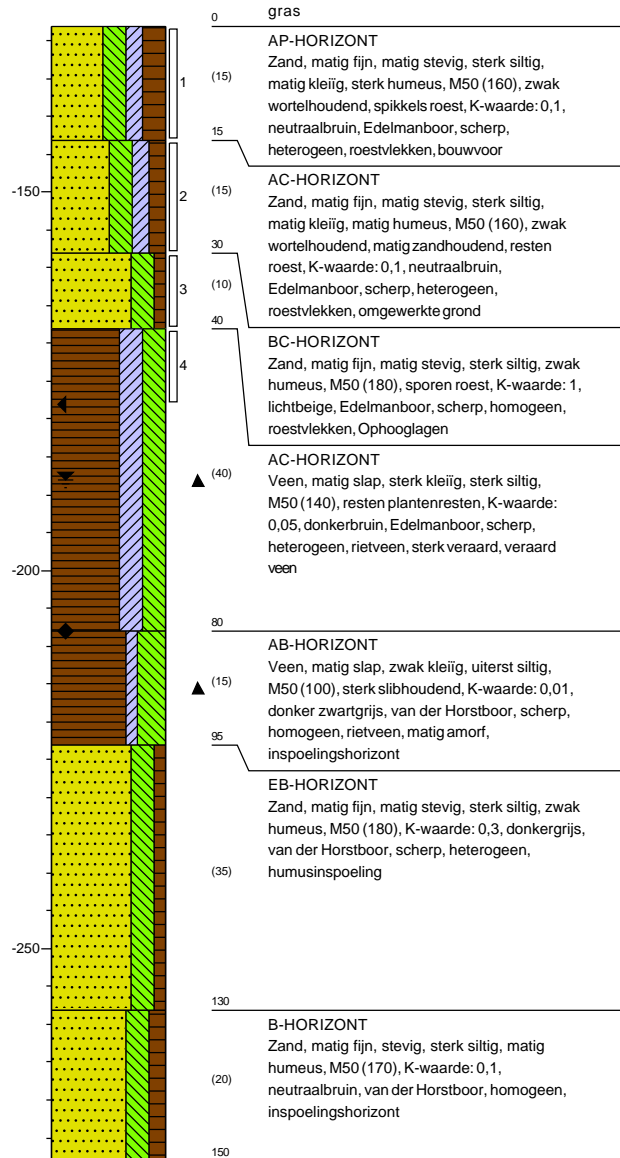
Boring: 011

X: 195298,14
 Y: 528745,00
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,515
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 60
 GLG: 90



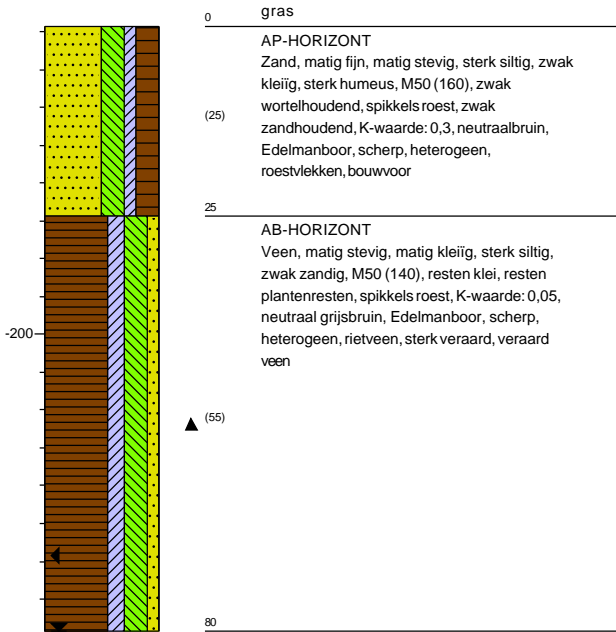
Boring: 012

X: 195312,71
 Y: 528564,03
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,281
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 50
 GLG: 80



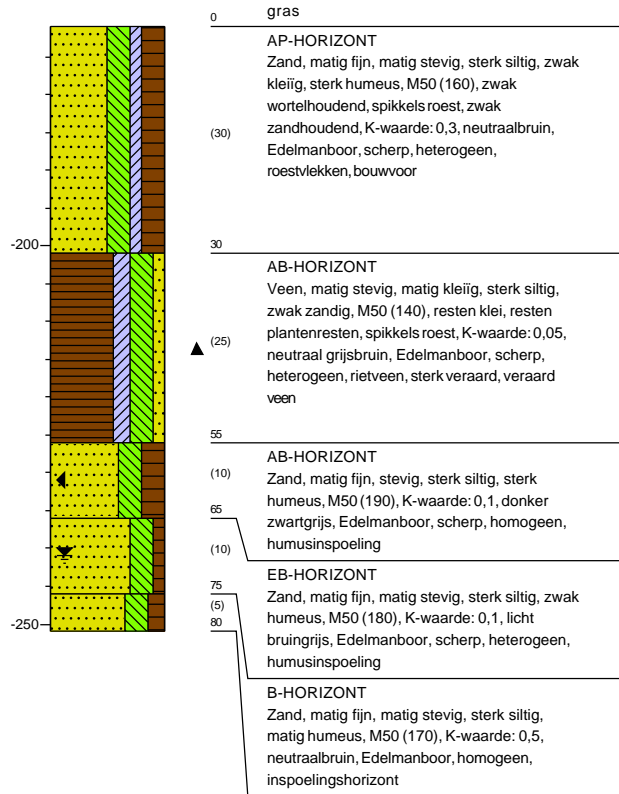
Boring: 101

X: 194966,06
 Y: 529808,89
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,593
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 70



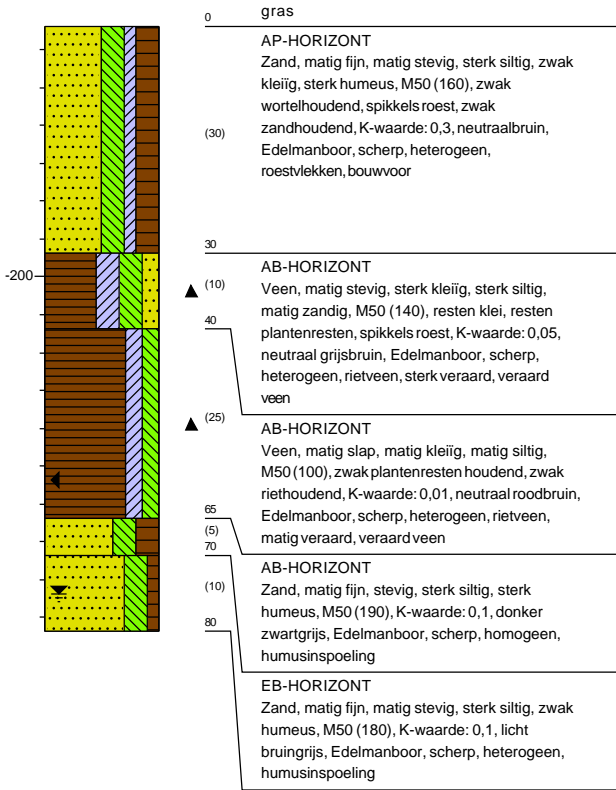
Boring: 102

X: 195060,09
 Y: 529783,05
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,711
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 60



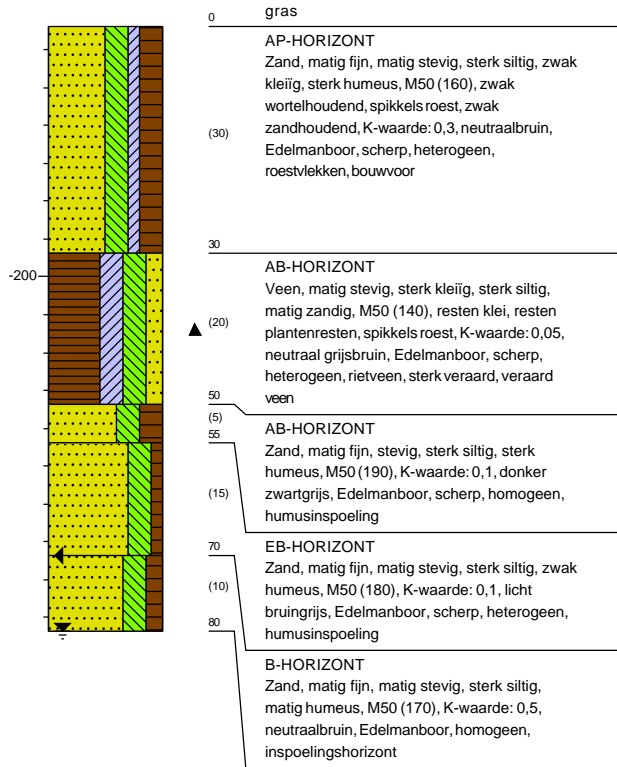
Boring: 103

X: 195092,80
 Y: 529714,82
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,67
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 75
 GHG: 60



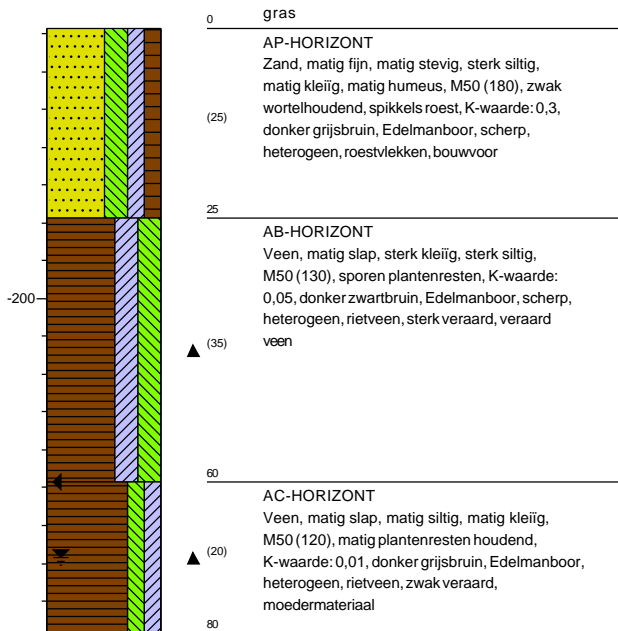
Boring: 104

X: 195013,19
 Y: 529596,67
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,669
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 70



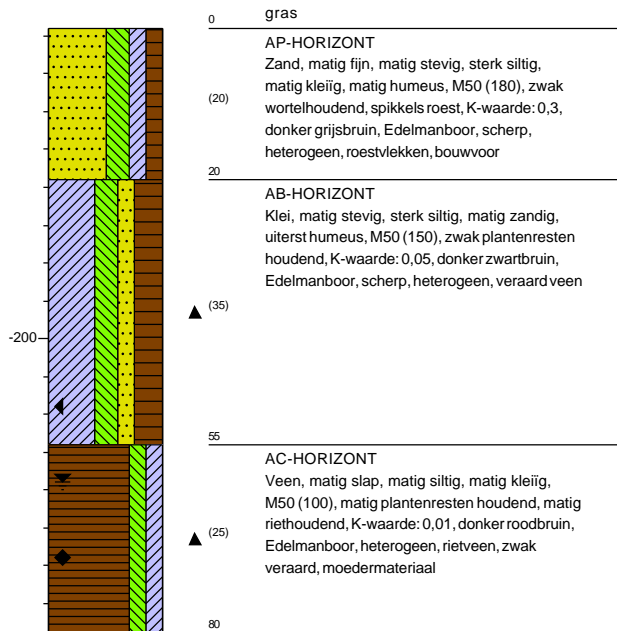
Boring: 105

X: 195498,53
 Y: 529844,59
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,643
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 60



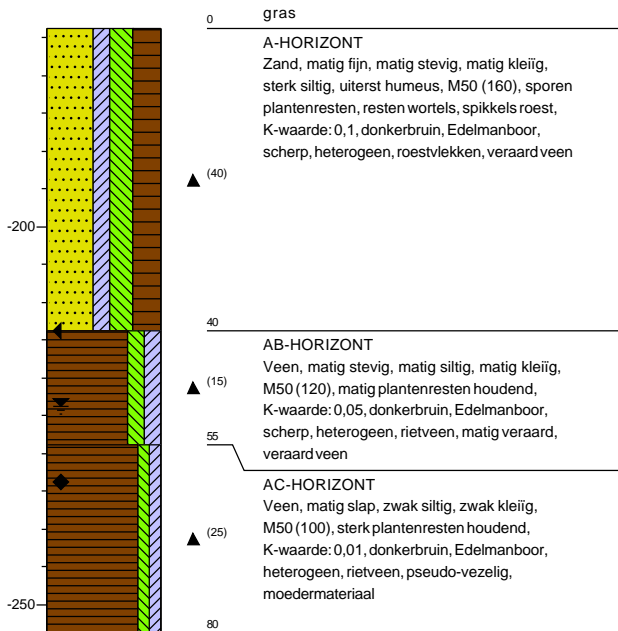
Boring: 106

X: 195352,09
 Y: 529801,38
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,59
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 50
 GLG: 70



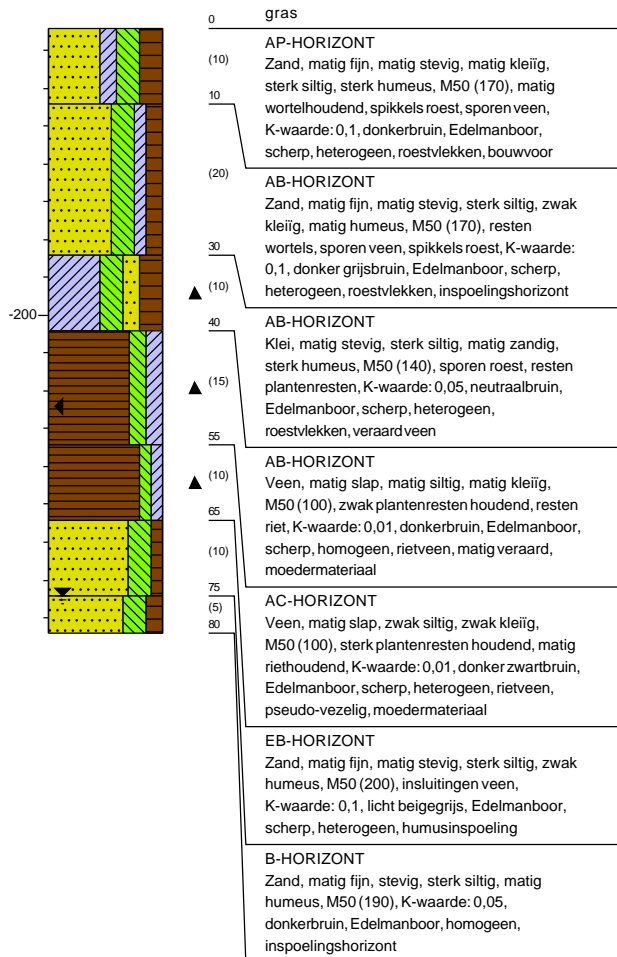
Boring: 107

X: 195476,50
 Y: 529766,55
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,739
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 50
 GHG: 40
 GLG: 60



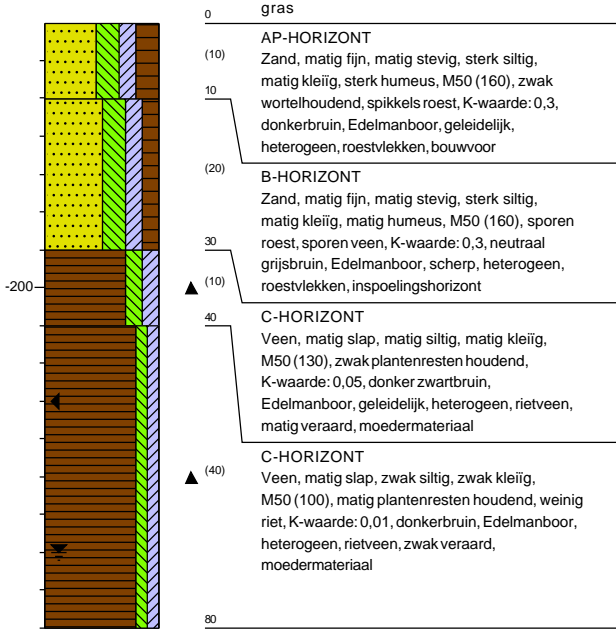
Boring: 108

X: 195524,35
 Y: 529730,59
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,622
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 75
 GHG: 50



Boring: 109

X: 195294,35
 Y: 529716,22
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,652
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 50

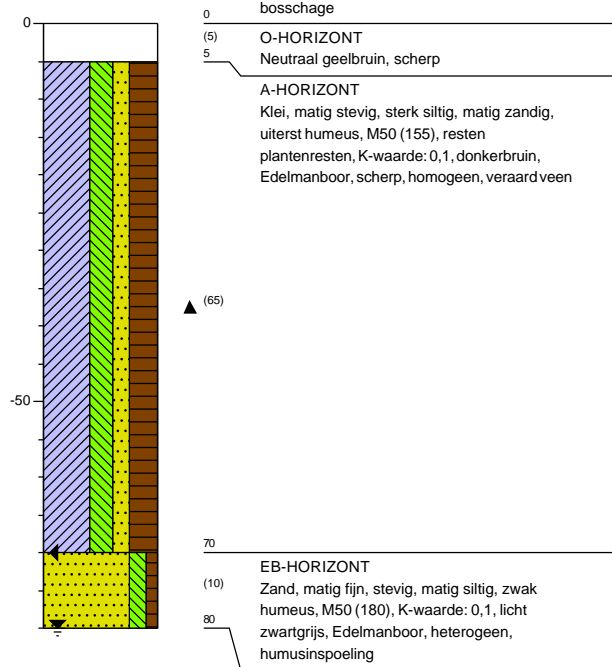


Boring: 110

X: 195453,80
 Y: 529687,84
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 80
 GHG: 70

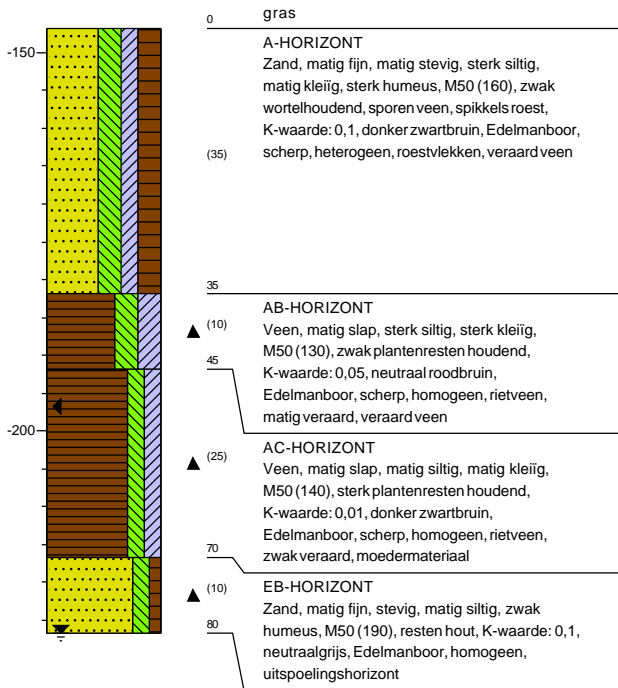
Opmerking:

Slechte ontvangst



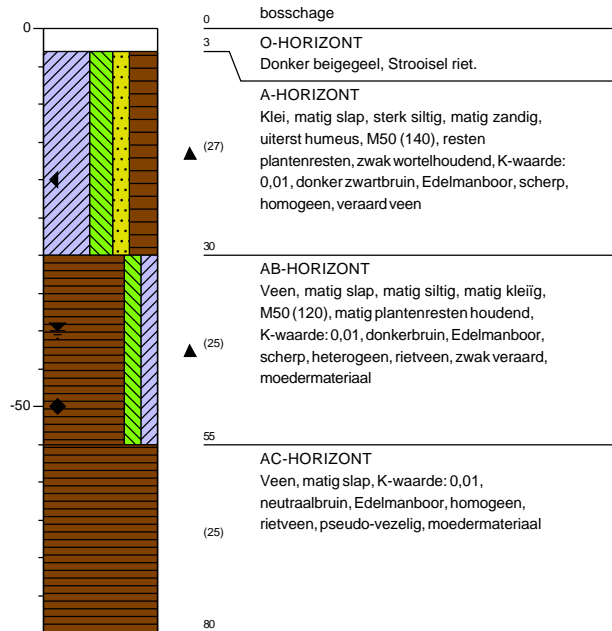
Boring: 111

X: 195475,49
 Y: 529608,42
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,468
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 50



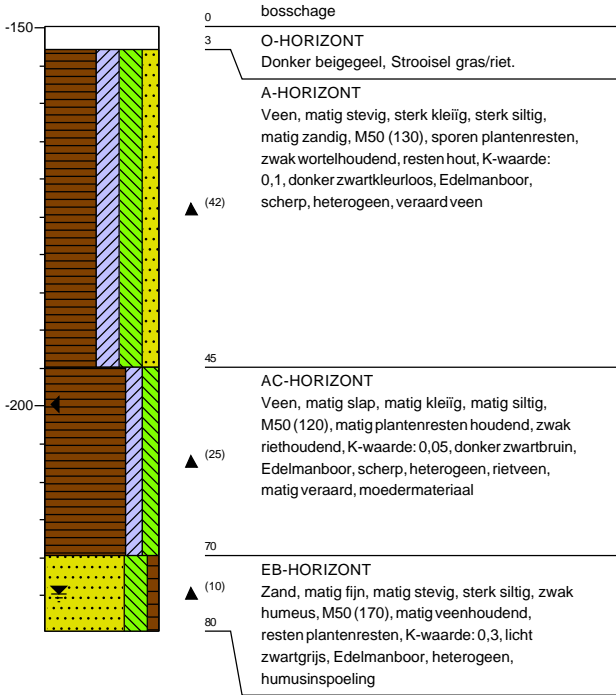
Boring: 112

X: 195324,03
 Y: 529603,92
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 50
 Opmerking: Slechte ontvangst.



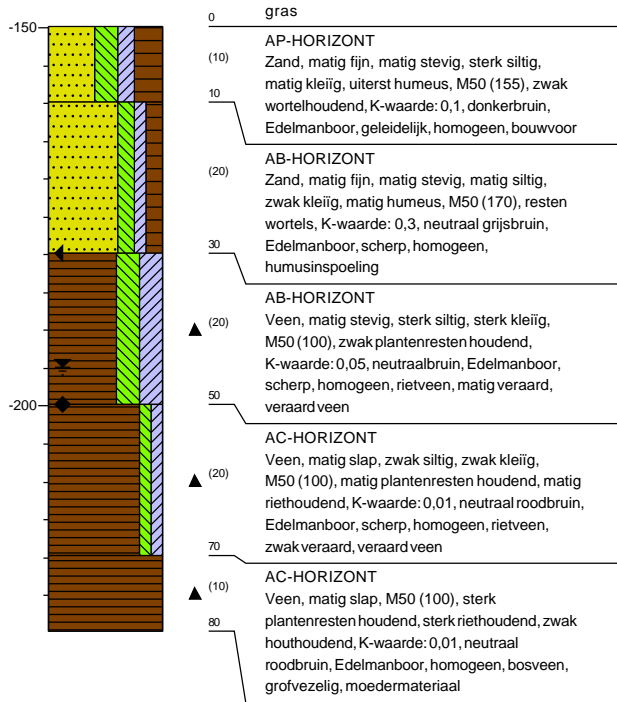
Boring: 113

X: 195384,93
 Y: 529565,29
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,498
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 75
 GHG: 50



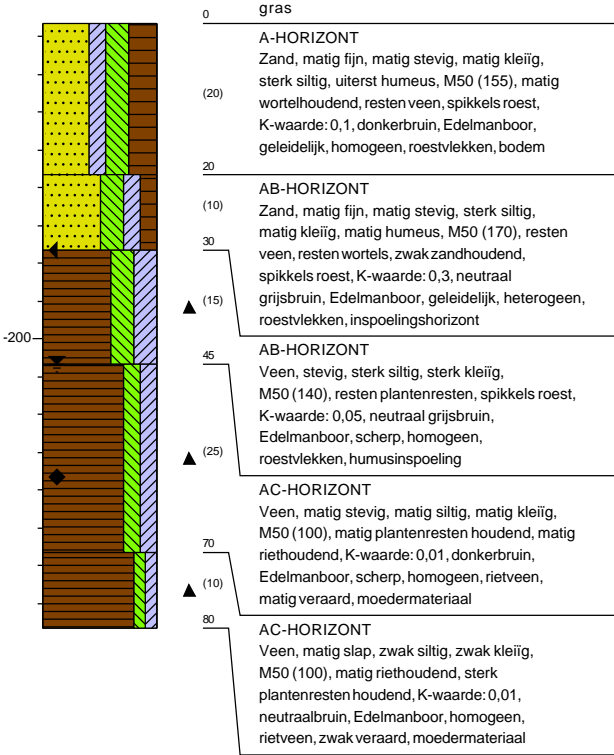
Boring: 114

X: 195367,02
 Y: 529293,72
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P.: -1,498
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 45
 GHG: 30
 GLG: 50



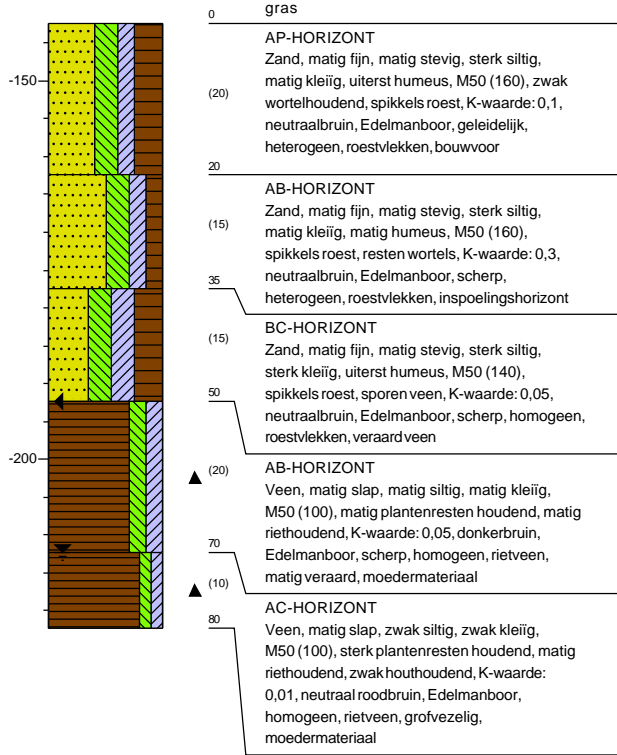
Boring: 115

X: 195305,68
 Y: 529237,07
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,584
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 45
 GHG: 30
 GLG: 60



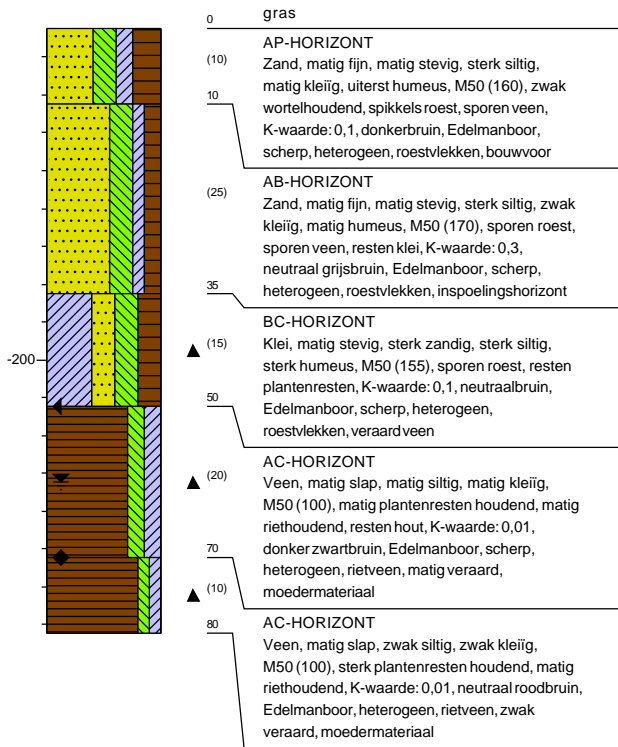
Boring: 116

X: 195548,22
 Y: 529239,64
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,424
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 70
 GHG: 50



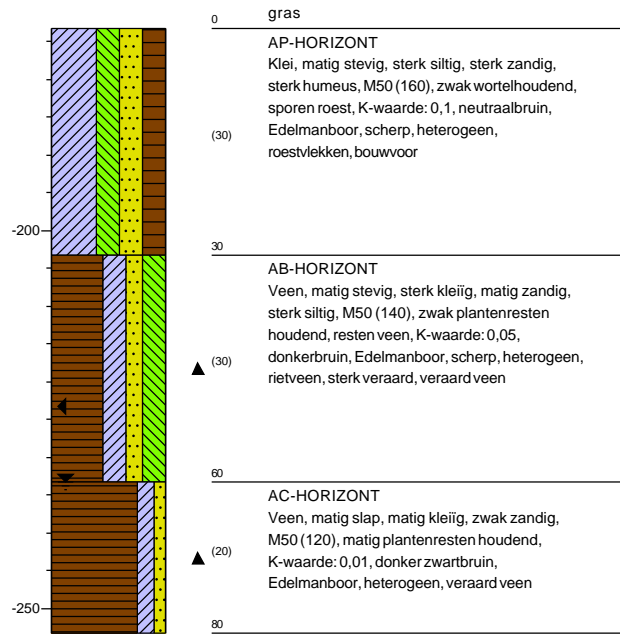
Boring: 117

X: 195500,88
 Y: 529170,35
 Datum: 30-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,563
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 50
 GLG: 70



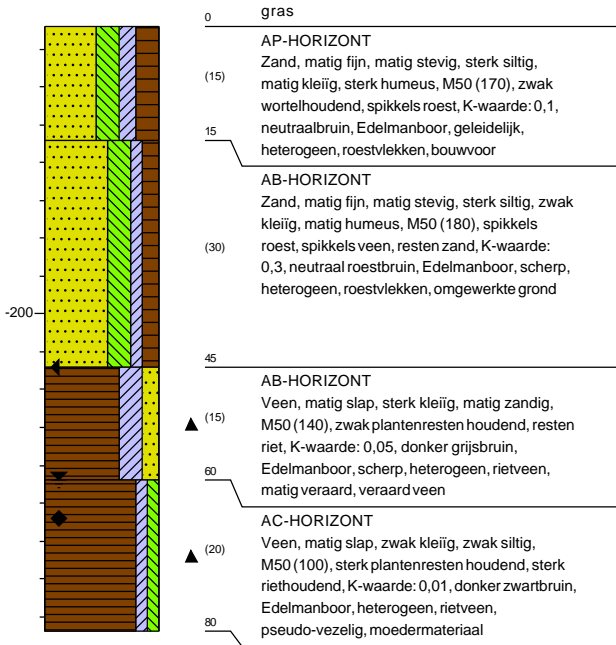
Boring: 118

X: 195377,06
 Y: 528921,52
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,733
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 50



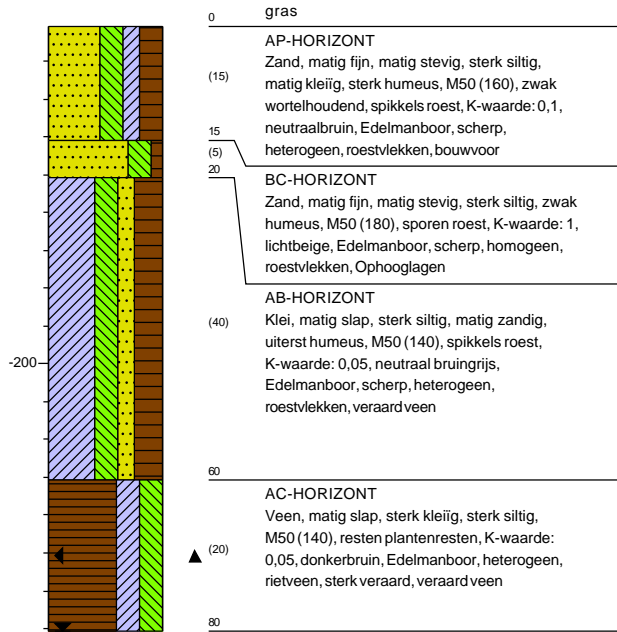
Boring: 119

X: 195555,05
 Y: 528889,23
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,62
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 60
 GHG: 45
 GLG: 65



Boring: 120

X: 195310,13
 Y: 528671,37
 Datum: 31-3-2022
 Boormeester: Casper Kuipers
 N.A.P. : -1,555
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 GWS: 80
 GHG: 70



B
ware

www.b-ware.eu