

ONDERZOEK NATUURPOTENTIES 'T GULDEN LAND - KOP VAN AARLE-RIXTEL



- Eindrapport -

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas • Auteurs: Amber Visscher & Mark van Mullekom •

Projectnummer: PR-21.014 • Rapportnummer: RP-21.014.21.39 •

Datum: 26 mei 2021

ONDERZOEK NATUURPOTENTIES 'T GULDEN LAND - KOP VAN AARLE-RIXTEL

Eindrapportage

*Amber Visscher
Mark van Mullekom*



Titel rapport:

Onderzoek natuurpotenties 't Gulden Land - kop van Aarle-Rixtel, eindrapport

Auteurs:

Amber Visscher & Mark van Mullekom

Rapportnummer: RP-21.014.21.39

Opdrachtgever:

Waterschap Aa en Maas



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

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2021

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek	8
1.3 Leeswijzer	9
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond	11
2.1 Belang fosfaatlimitatie	11
2.2 Fosfaatbeschikbaarheid	11
2.3 Verschrallingsmaatregelen	12
2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen	14
3. Materiaal en methoden	15
3.1 Veldwerkzaamheden	15
3.2 Chemische analyse	17
4. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Bodemopbouw	19
4.3 Algemene bodemchemie	20
4.4 Hydrochemie	24
4.5 Kansen voor natuurontwikkeling	27
4.6 Aanvullende maatregelen	40
5. Conclusies en aanbevelingen	43
5.1 Belangrijkste conclusies	43
5.2 Aanbevelingen	45
6. Literatuur	47
7. Bijlagen	49
7.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem	49

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Waterschap Aa en Maas is samen met gemeente Helmond en gemeente Laarbeek bezig met de inrichting van het noordelijke deel van 't Gulden Land (zie Figuur 1). Door samen te werken willen deze partijen voldoen aan verschillende opgaves zoals afvoer van stedelijk water, ontwikkelen van natuur en het stimuleren van recreatie (Visie voor “Het Gulden Land”, 2019). Onderdeel hiervan is het ontwikkelen van de kop van Aarle-Rixtel.

Onderzoekcentrum B-WARE heeft een bodem- en hydrochemisch onderzoek uitgevoerd op enkele voormalige landbouwgronden in dit gebied (zie Figuur 2). Het onderzoek dient de voedselrijkdom, natuurpotenties en geschikte maatregelen in kaart te brengen in het onderzoeksgebied.



Figuur 1. Overzicht van het concept inrichtingsplan van het noordelijke deel van 't Gulden Land.



Figuur 2. Overzicht van de ligging van het onderzoeksgebied de kop van Aarle-Rixtel.

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek

De fosfaatrijkdom van de bodem is bepaald door middel van een bodemchemisch onderzoek. Op 15 locaties in het onderzoeksgebied zijn daarvoor op verschillende diepten bodemonsters verzameld. Hiernaast is op 1 locatie een oppervlaktewater- en zijn op 3 locaties freatisch grondwatermonsters verzameld. Op basis van de onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte Ausgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Concreet worden daarbij de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

- Wat is de bodemopbouw op de 15 boorlocaties?
- Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschrallingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (lager ambitieniveau)?
- Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur?
- Zijn er mogelijkheden om natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgroning in combinatie met aanvullend verschrallingsbeheer?
- Biedt de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit kansen voor de beoogde natuurontwikkeling of vormt deze een knelpunt? En wat zijn de risico's?
- Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie, de grondwaterstanden en de (grond)waterkwaliteit?
- Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschrallingsmogelijkheden 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 toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek gepresenteerd en de kansen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur met de (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn besproken. In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. In hoofdstuk 6 staat een overzicht van de gebruikte literatuur, gevolgd door de bijlagen in hoofdstuk 7.

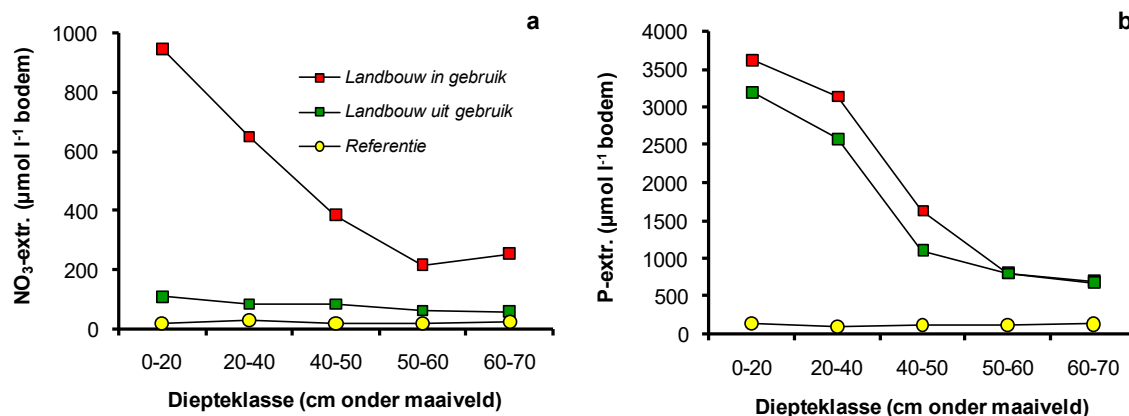
.....

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Belang fosfaatlimitatie

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 2.3).



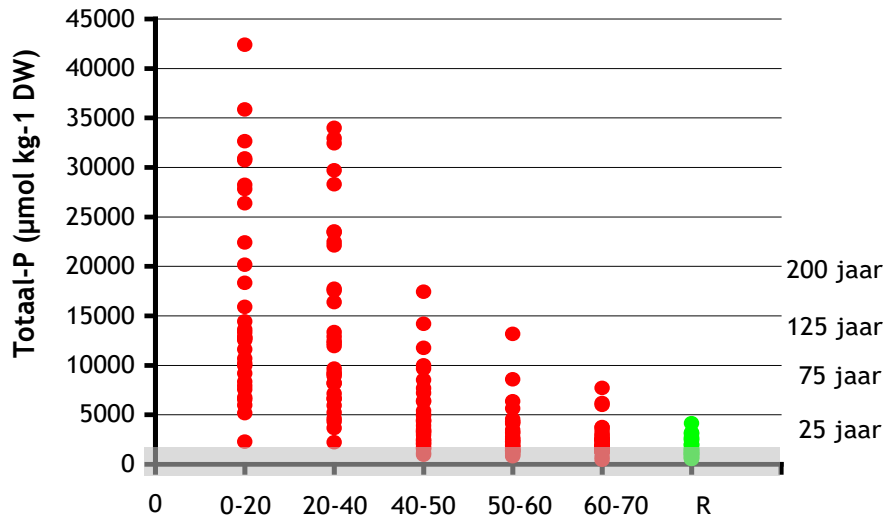
Figuur 3. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de 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).

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 3; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen

geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 4. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.3 Verschrallingsmaatregelen

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

Extensieve begrazing

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

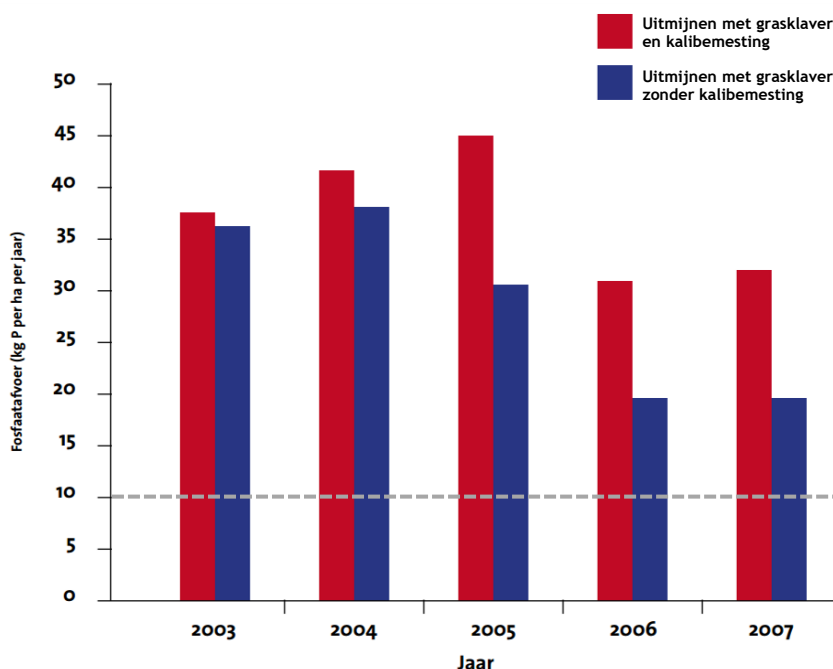
Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij

sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 4, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte vershraling 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 vershralingsniveau 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 vershraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen

de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.4), 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.

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen

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). 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). Bij de ontwikkeling van kruidenrijke graslanden kan inzaaien met een inheems zaadmengsel (eventueel advies inwinnen bij Bart Timmermans, Louis Bolk Instituut) ook een optie.

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inrijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschrallen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden

Op 10 februari 2021 werden op 15 locaties (Figuur 6 en Figuur 7) ondiepe boringen (tot 150 cm onder maaiveld) gezet. De locaties werden geselecteerd op basis van de actuele en historische perceelverdeling en hoogteverschillen in het landschap. 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 Jan Vermeer van ATKb (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1). Op 3 locaties is eveneens een grondwatermonster verzameld door middel van een tijdelijke peilbuis en op 1 locatie een oppervlaktewatermonster (Figuur 6). Als aanvulling op de eenmalige analyse van het oppervlaktewater worden waterkwaliteitsdata van de Aa van Waterschap Aa en Maas meegenomen in de rapportage.

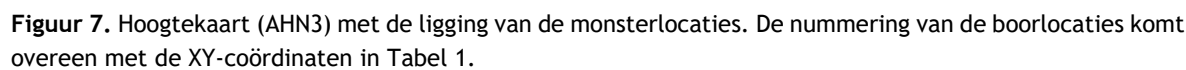
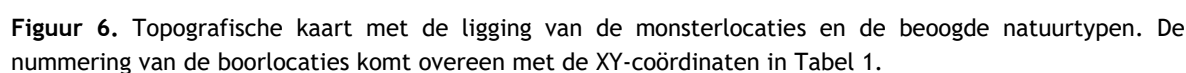
Tabel 1. Overzicht van de XY-coördinaten, hoogte ten op zichte van maaiveld (in m), type monster (bodem = B, grondwater = GW, oppervlaktewater = OW), landgebruik (type: GS = grasland, AK = akker, WS = water), actuele grondwaterstand (GWS; 10 februari 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. De GLG en GHG zijn afgeleid uit het boorprofiel (zie Bijlage 1). Voor ligging van de locaties zie Figuur 6 en Figuur 7.

Locatie	Datum	X	Y	Mvh	Type	Gebruik	GWS	GLG	GHG
1	10 feb	173560	391764	14,57	B	GS	60	120	40
2	10 feb	173617	392017	14,33	B	GS	40	90	20
3	10 feb	173593	391902	14,31	B+GW	GS	50	90	20
4	10 feb	173658	391919	14,43	B	GS	30	100	20
5	10 feb	173716	391854	14,51	B	GS	40	70	30
6	10 feb	173412	392064	14,14	B+GW	AK	40	110	20
7	10 feb	173411	392184	14,12	B	AK	40	80	20
8	10 feb	173495	392124	14,29	B	AK	20	70	0
9	10 feb	173472	391857	14,44	B	AK	60	110	50
10	10 feb	173449	391971	14,16	B	AK	30	90	10
11	10 feb	173546	392048	14,26	B	AK	10	70	0
12	10 feb	173344	392178	14,19	B	AK	60	110	40
13	10 feb	173291	392136	14,18	B	AK	50	100	30
14	10 feb	173276	392254	14,13	B+GW	AK	45	100	30
15	10 feb	173529	391956	14,35	B	AK	40	90	20
OW AA	11 feb	173551	391629	13,37	OW	WS	-	-	-

De exacte bemonsteringsdieptes zijn afgestemd op de aangetroffen bodemhorizonten. De globale bemonsteringsstrategie was:

- Toplaag (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

De bodem- en watermonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal zijn 63 bodemmonsters en 4 watermonsters verzameld en geanalyseerd. In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.



3.2 Chemische analyse

Voor de bodemonsters 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);

Voor een selectie van 36 bodemonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- 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 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 poriewaterbemonstersaars. 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 destrukeren (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 gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in μmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en

.....

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

Analyse grond- en oppervlaktewater

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

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, ICP-OES iCAP 6000). 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. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 4.2 wordt het bodemtype besproken en in paragraaf 4.3 en 4.4 wordt, respectievelijk, de algemene bodemchemie en hydrochemie toegelicht. In paragraaf 4.5 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Ten slotte worden in paragraaf 4.6 enkele algemene aandachtspunten bij natuurontwikkeling gegeven.

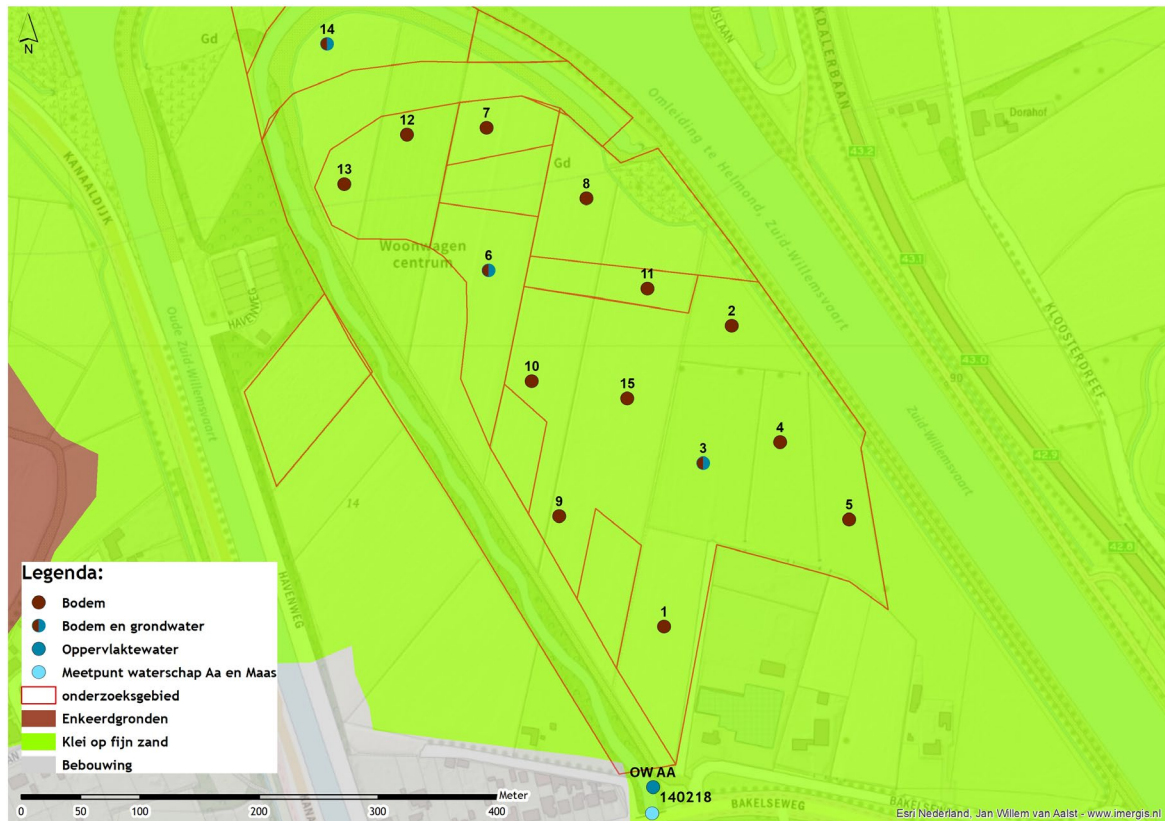


Figuur 8. Impressie van de percelen in 't Gulden Land op de locaties 3 (links) en 14 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.

4.2 Bodemopbouw

Op 15 locaties werd de bodemopbouw in beeld gebracht. De onderzochte percelen zijn voornamelijk in gebruik als akker of grasland (Tabel 1 en Bijlage 1). In Figuur 9 wordt de bodemkaart van het onderzoeksgebied weergegeven.

Uit de beschrijving van de bodemprofielen blijkt dat de bodem in het gebied voornamelijk bestaat uit een zandbodem tot op 150 cm-mv (zie Tabel 6 en Bijlage 2). Deze zandbodem is op 4 locaties afgedekt met een sterk zandige kleibodem (locatie 6, 7, 12 en 13), dit is eveneens ook de bouwvoor. Op de andere locaties (uitgezonderd locatie 1) is de bouwvoor sterk kleiig. De dikte van de bouwvoor is zeer wisselend van 25 tot 60 cm, maar is over het algemeen 30-35 cm dik.



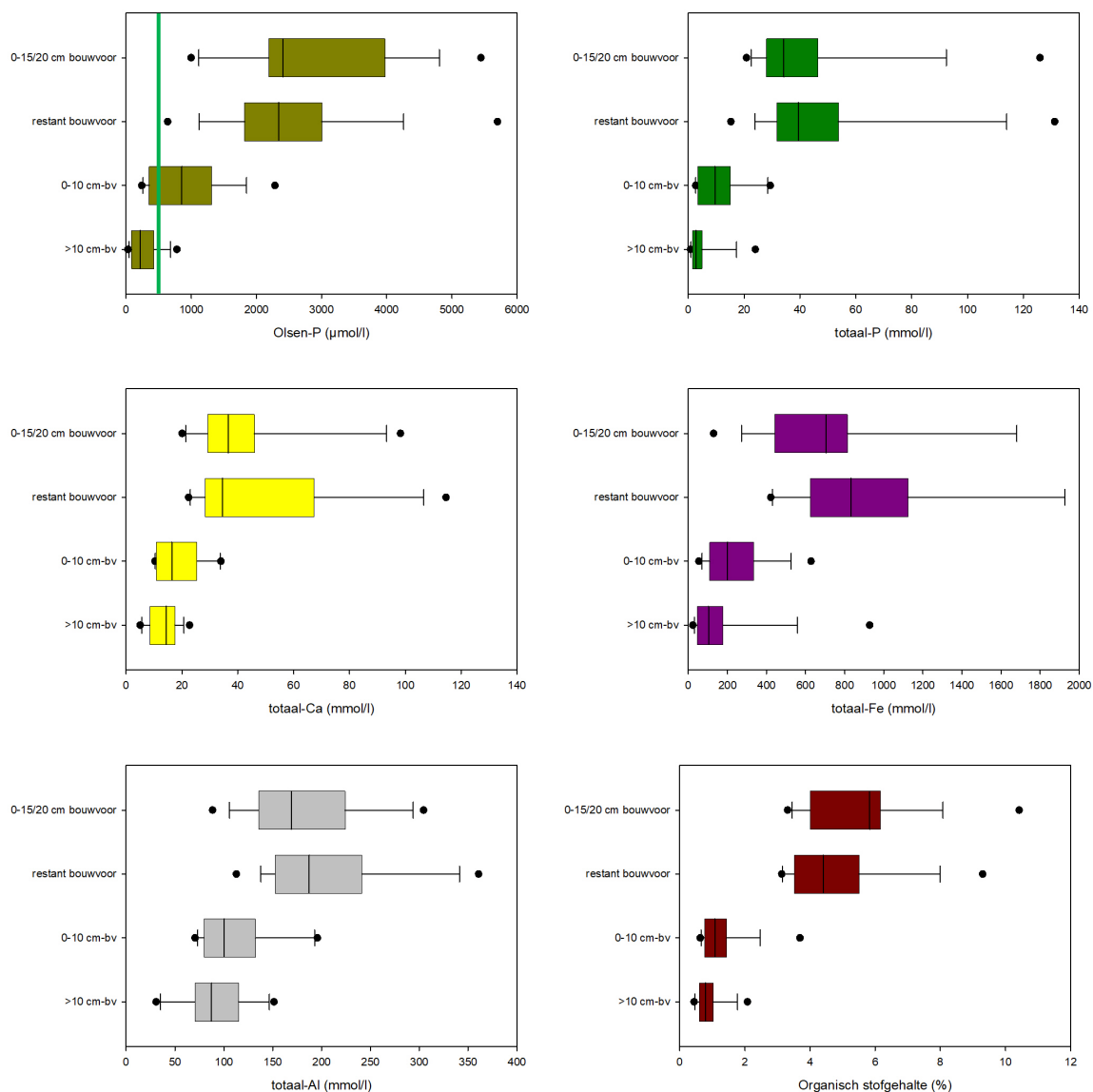
Figuur 9. Overzicht van de boorlocaties in het onderzoeksgebied op de Nederlandse bodemkaart.

4.3 Algemene bodemchemie

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

- Heide: 100-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Droog/ nat schraalland: (<)300-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Elzenbroekbos (met soortenrijke ondergroei): 100-800 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem (mits P-z < 2 $\mu\text{mol/l}$ en nitraat <100-200 $\mu\text{mol/l}$).

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



Figuur 10. Boxplots van de Olsen-P (inclusief optimale grenswaarde (groen) voor de ontwikkeling van schrale natuurtypen: 500 μmol/l), totaal-P, -Ca, -Fe, -Al en organisch stofgehalte in het onderzoeksgebied. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen: 0-15/20 cm bouwvoor (n=15), restant bouwvoor (n=18), 0-10 cm onder de bouwvoor (n=15) en >10 cm onder bouwvoor (n=15). De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

De bouwvoor (25-60 cm dik, Bijlage 1) is matig tot zeer sterk verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat (637-5700 μmol/l Olsen-P) en totaal-P (15,2-131,2 mmol/l bodem). De bodem direct onder de bouwvoor (0-10 cm-bv) is minder verrijkt met fosfaat waardoor op 6 locaties al een Olsen-P concentratie onder de optimale streefconcentratie (<500 μmol/l Olsen-P) voor P-gelimiteerde, schrale vegetatie wordt gemeten. De Olsen-P en totaal-P concentraties (27-780 μmol/l Olsen-P en 0,7-24,0 mmol/l totaal-P) nemen in de diepte nog verder af, echter op locatie 1, 7 en 8 blijven de Olsen-P concentraties (620-780 μmol/l) boven de optimale streefconcentratie.

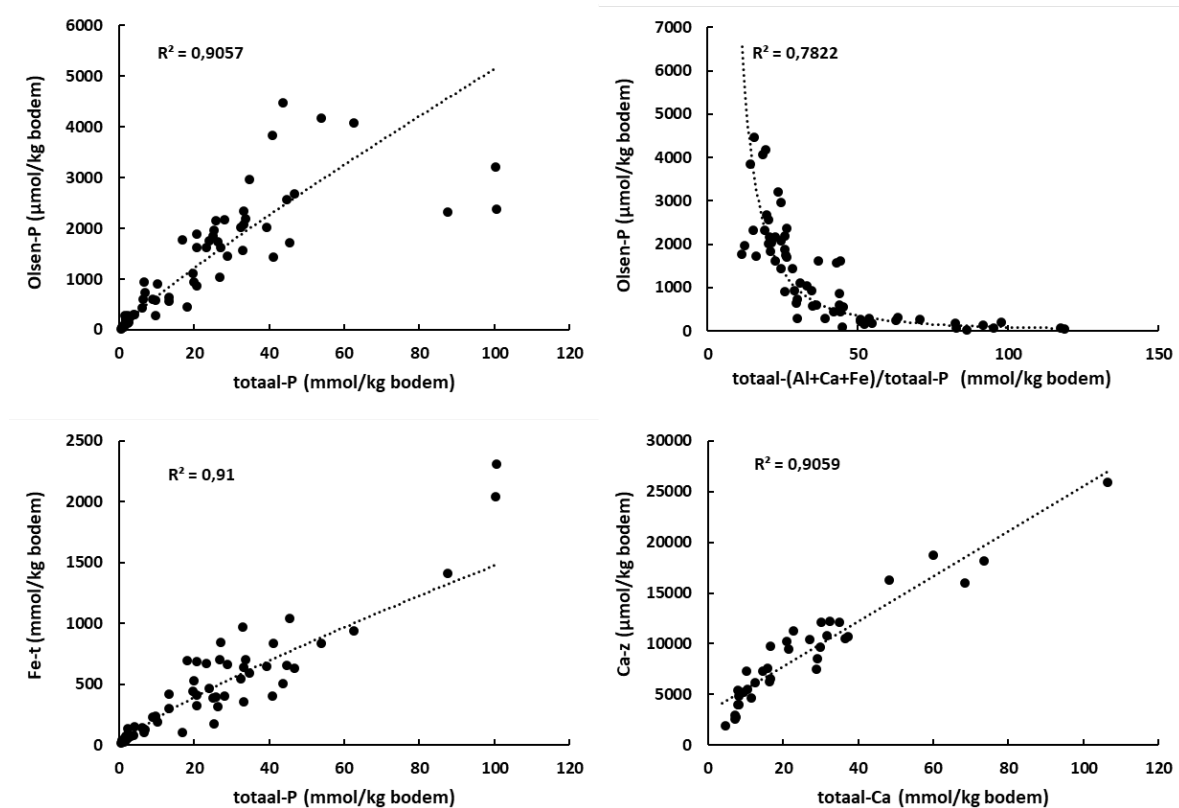
De bouwvoor is niet alleen rijker aan fosfaat. Dezelfde trend is ook waargenomen voor andere bodemchemische variabelen zoals calcium, ijzer, aluminium en het organisch stofgehalte (zie Figuur 10). De toplaag is wat kleiiger (hogere aluminiumconcentraties), ijzerrijker en sterker gebufferd (hogere calciumconcentraties) dan de bodem onder de bouwvoor. De hogere

calciumconcentraties in de bouwvoor kunnen (deels) ook het gevolg zijn van de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik.

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn. De bodem in het gebied is over het algemeen zwak tot matig verrijkt met nitraat (gemiddeld 359 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Op 4 locaties is de bodem daarentegen (zeer) rijk aan nitraat (415-3445 $\mu\text{mol/l}$). Over het algemeen zijn hoge stikstofconcentraties het gevolg van bemesting (in recente jaren) en/of de mineralisatie van organische stof.

Hoge stikstofconcentraties zijn vaak een minder groot probleem voor de beoogde natuurontwikkeling dan fosfaat. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en zal als gevolg van uitspoeling en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 3). In percelen die langer uit landbouwkundig gebruik zijn en verschaald worden zijn de nitraat- (<50-100 $\mu\text{mol/l}$) en P-zout (<2-3 $\mu\text{mol/l}$) concentraties vaak lager in vergelijking met percelen die in landbouwkundig gebruik zijn.

Bodemcorrelaties



Figuur 11. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen in het onderzoeksgebied.

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van (natte) voedselarme natuur. In Figuur 11 worden correlaties tussen een aantal relevante bodemchemische variabelen weergegeven. De concentratie Olsen-P (plantbeschikbaar fosfaat) neemt toe bij een toename van de totale P-voorraad in de bodem. Deze correlatie is zeer goed te zien in 't Gulden Land - kop van Aarle-Rixtel (Figuur 11, linksboven). De variatie duidt op variatie in grondgebruik (bemestingsgeschiedenis), bodemtype (klei/zand) en bodemchemie (aanwezigheid van P-bindende stoffen).

De concentratie Olsen-P is niet alleen afhankelijk van de totaal-P concentratie. Fosfor kan namelijk zeer effectief worden geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaerobe condities) en FePO_4 onder aerobe condities. Ook calcium kan P-immobiliserend werken waarbij de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen belangrijk zijn. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei-/leemdeeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties beïnvloeden de beschikbaarheid van fosfaat dus sterk. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en/of aluminium (Figuur 11, rechtsboven) ten opzichte van totaal-P, is de P-beschikbaarheid voor planten lager. De totaal-P concentraties kunnen dan ook relatief hoog zijn op ijzer- en calciumrijke (klei)bodems, terwijl de beschikbaarheid van fosfaat (relatief) beperkt blijft. In het huidige onderzoeksgebied lijkt vooral de correlatie tussen de totaal-P concentratie en de totaal-Fe concentratie sterk te zijn (Figuur 11, linksonder). Met de afzetting van ijzer (in kleiige deeltjes of door het grondwater) is er ook P afgezet. Doordat er een overmaat aan ijzer aanwezig is heeft dit niet direct invloed op de voor planten beschikbare P-concentratie. De (natuurlijke) P-voorraad is echter verstoord/aangevuld als gevolg van bemesting tijdens het landbouwkundig gebruik waardoor de P-beschikbaarheid hoger is.

In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange ($\text{pH}_w < 4,5$) komen. De basische kationen worden dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}); de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Als het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. In het onderzoeksgebied is de gemiddelde pH-z 6,0 en de gemiddelde indicatieve basenverzadiging 99,4%; het bodemadsorptiecomplex is grotendeels opgeladen met basische kationen.

Voor de mate van buffering is de concentratie zoutuitwisselbaar calcium zeer indicatief. In het gebied correleert de hoeveelheid zoutuitwisselbaar calcium goed met de totaal-calcium concentraties (Figuur 11, rechtsonder). De concentratie totaal-Ca kan in dit gebied dus ook, net als de concentratie Ca-z, worden gebruikt als een indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. Deze parameters zijn in grote mate bepalend voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Vanwege de sterke correlatie tussen Ca-z en totaal-Ca ($r=0,9059$) zijn met behulp van de bijbehorende formule ($\text{Ca-z}=222,57 \cdot \text{Ca-t}+3278,3$) indicatieve Ca-z concentratie van de bodems, waarbij geen zoutextractie is uitgevoerd, berekend. De berekende (indicatieve) concentraties zijn grijs en cursief weergegeven in Tabel 6.

De bouwvoor in het gebied is rijker aan calcium (Ca-t gemiddeld 47 mmol/l en Ca-z gemiddeld 15.171 $\mu\text{mol/l}$) dan de bodems onder de bouwvoor (Ca-t gemiddeld 16 mmol/l en Ca-z gemiddeld 7.760 $\mu\text{mol/l}$). Op basis van de calciumconcentraties kan op de toplaag vegetatie zoals blauwgrasland of vochtig hooiland tot ontwikkeling kunnen komen. Onder de bouwvoor is de buffering eerder geschikt voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland en soms zelfs een heide op calciumarme bodems. Hierdoor dient kritisch te worden gekeken naar het eventueel (lokaal) verwijderen van de kleiige (fosfaatrijke) toplaag, zeker op plekken waar verschrallingsbeheer kansen biedt. De ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen is echter alleen mogelijk mits voldaan wordt aan de andere vereisten van deze vegetatietypes (P-limitatie en hydrologie).

Het is bij een eventuele ontgroning dus goed te checken of deze wenselijk is aangezien hiermee niet alleen fosfaat wordt afgevoerd maar ook de kleiige, ijzerrijke, calciumrijkere toplaag (zie ook de boxplots). Zeer ijzerrijke bodems bieden kansen om door middel van een verschrallingsbeheer op termijn om te vormen naar een kruidenrijker grasland of een (rompgemeenschap van) een vochtig hooiland. Hier zullen we, bij het vaststellen van de maatregelen per locatie, rekening mee houden.

4.4 Hydrochemie

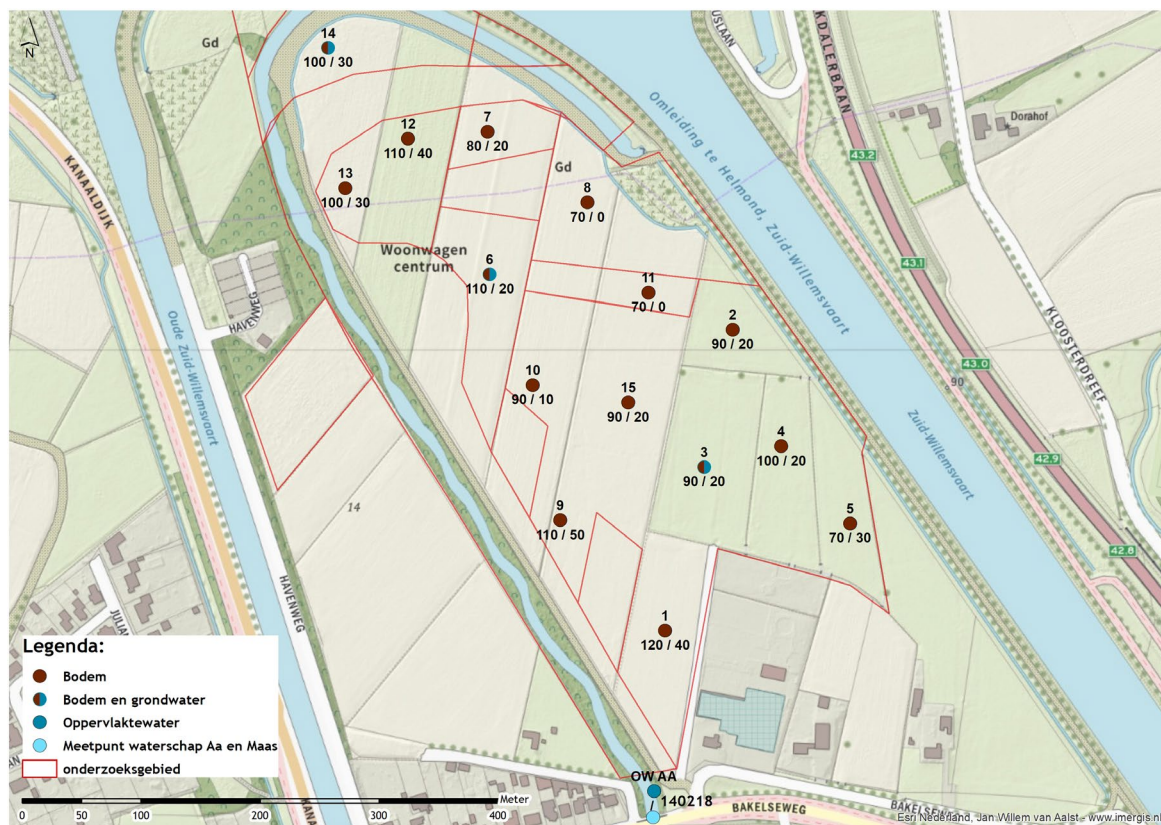
In deze paragraaf worden de grondwaterstanden en de waterkwaliteit besproken op basis van het hydrochemisch onderzoek en de afgelezen grondwaterstanden vanaf het boorprofiel.

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is naast de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en het bodemtype ook afhankelijk van de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte, relatief voedselarme natuurtypen. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen is grondwaterinvloed in het maaiveld vereist van circa oktober tot en met maart. In de zomerperiode dient de bodem beperkt droog te vallen.

Tabel 2. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

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

De gemiddeld laagste (GLG) en gemiddeld hoogste (GHG) grondwaterstand werd afgeleid uit het bodemprofiel. Dit geeft een globale indicatie van de fluctuatie van de grondwaterstand. De verschillen zijn relatief groot. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie. De afgeleide GLG varieert van 70 tot 120 cm-mv en de GHG van 0 tot 50 cm-mv. In Figuur 12 worden afgeleide grondwaterstanden weergegeven op een topografische kaart. Hieruit is af te leiden dat voornamelijk de westrand van het gebied, van noord naar zuid, lage(re) grondwaterstanden heeft (voornamelijk: GLG >100 cm-mv en GHG >30 cm-mv) in vergelijking met de rest van het gebied (voornamelijk: GLG <100 cm-mv en GHG 0-20 cm-mv).



Figuur 12. Overzicht van de afgeleide grondwaterstanden (GLG/GHG) per locatie in het onderzoeksgebied op een topografische kaart.

De grondwaterkwaliteit is van invloed op de vegetatieontwikkeling in een gebied. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurtypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant. Voor de ontwikkeling van blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is vereist dat grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uittreedt. Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegengegaan. Wanneer ook ijzer wordt aangevoerd kan dit leiden tot fosfaatimmobilisatie. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe, reguleerbare greppels (10-20 cm) of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of 'weggedrukt' door regenwater. Het is zaak voldoende doorstroming van uittredend grondwater te creëren (en afvoer van regenwater) met droogval van de toplaag in de zomerperiode.

Wanneer het grondwater niet hoog en/of lang genoeg in de toplaag van de bodem doordringt om aanrijking van de basenvoorraad te bewerkstelligen ter compensatie van de zuurvorming die plaatsvindt als gevolg van oxidatieprocessen in de toplaag (de vereiste periode is afhankelijk van de buffering en de Ca+Mg-concentraties van het grondwater) zal de bodembuffering afnemen. Zowel de mate van buffering als het aantal weken dat grondwater in het maaiveld uittreedt, is hierop van invloed. Zwak tot matig gebufferd grondwater is in principe geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland (heischraal grasland, blauwgrasland, veldrusschraalland). Onder zeer ijzerrijke (en veelal wat meer gebufferde) omstandigheden kan een vochtig hooiland (dotterbloemhooiland) tot ontwikkeling komen. Een goede parameter voor de mate van buffering is de bicarbonaatconcentratie (HCO_3^-) van het grondwater.

Voor het hydrochemisch onderzoek zijn 3 grondwaterwatermonsters en is 1 oppervlaktewatermonster in het gebied verzameld en geanalyseerd (zie Figuur 6 en Figuur 7). De resultaten worden weergegeven in Tabel 3.

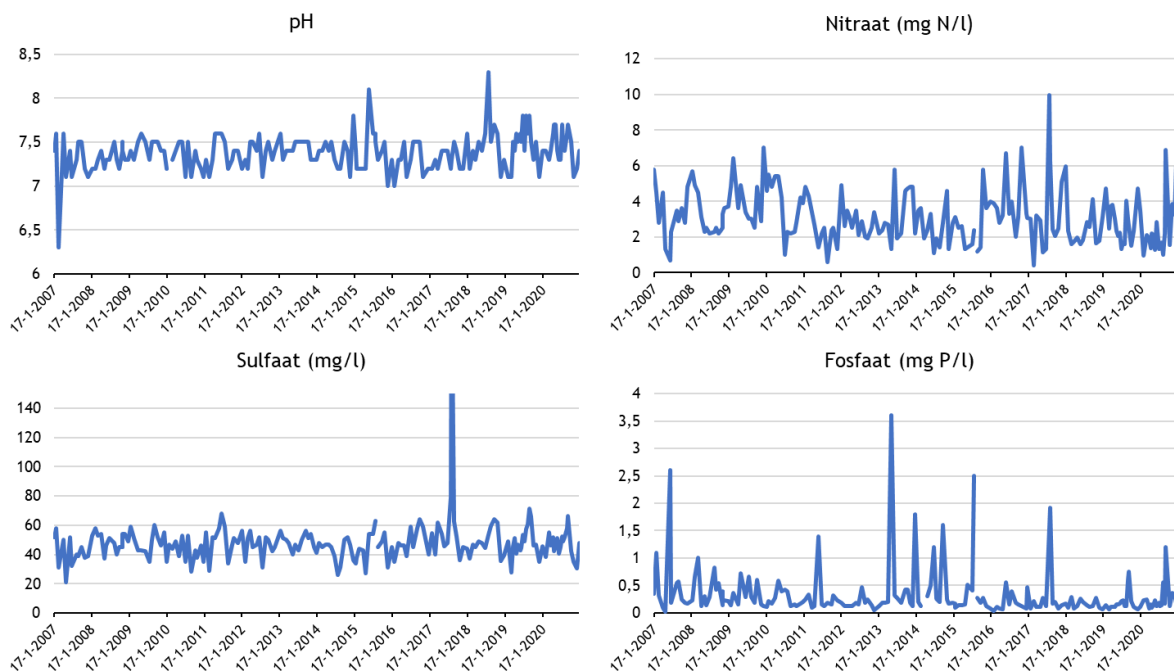
Tabel 3. Kwaliteit van het water in het onderzoeksgebied. In de bovenste tabel zijn de concentraties weergegeven in $\mu\text{mol/l}$, in de onderste tabel zijn de concentraties omgerekend naar de gebruikte eenheid bij het waterschap (mg/l). EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$. Turb = turbiditeit in Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

Code	pH	Alk	EGV	Turb	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
OW aa	7,1	4,8	724	16	880	4155	2	1781	33	276	7,9	374	243,1	71,7	0,7	3383	381	3297
GW 03	6,4	4,6	525	-	4055	3829	6	1781	173	200	4,1	762	0,0	48,4	-	1589	115	618
GW 06	6,8	4,1	529	-	1254	3560	18	1641	16	386	3,0	555	5,6	35,2	-	1545	325	1246
GW 14	5,9	1,9	2310	-	1739	624	3	6564	1	1448	0,3	1135	1928,6	1,4	-	4937	741	2577

Code	pH	Alk	EGV	Turb	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁺	P-PO ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
OW aa	7,1	4,8	724	16	39	254	0	71	2	7	0,2	36	15,1	3,4	1,3	1,0	0,07	0,02	77,8	15	116,9
GW 03	6,4	4,6	525	-	178	234	0	71	10	5	0,1	73	0,0	0,0	0,9	0,7	-	-	36,5	5	21,9
GW 06	6,8	4,1	529	-	55	217	0	66	1	9	0,1	53	0,3	0,1	0,6	0,5	-	-	35,5	13	44,2
GW 14	5,9	1,9	2310	-	77	38	0	263	0	35	0,0	109	119,6	27,0	0,0	0,0	-	-	113,5	29	91,4

Het oppervlaktewatermonster is verzameld in de Aa (het instroom gebied). Het oppervlaktewater is goed gebufferd (pH: 7,1, HCO₃⁻ 4155 $\mu\text{mol/l}$, alkaliniteit 4,8 meq/l en Ca 1781 $\mu\text{mol/l}$). De (ortho-)fosfaatconcentratie in het water is relatief laag (0,7 $\mu\text{mol/l}$ PO₄⁺). Het water is matig sulfaathoudend. Er is echter wel sprake van hoge stikstofconcentraties (243,1 NO₃⁻ $\mu\text{mol/l}$ en 71,7 NH₄⁺ $\mu\text{mol/l}$).

Op locatie 140218 (oDE_AA_410), benedenstrooms van het RWZI-lozingspunt in de Aa, wordt door Waterschap Aa en Maas de oppervlaktewaterkwaliteit gemonitord. In Figuur 13 wordt het verloop van de pH en de fosfaat-, nitraat- en sulfaatconcentratie weergegeven. Het lijkt erop dat aan het eind van 2021 de nitraatconcentratie aan het toenemen is. Bij de pH en de sulfaat- en fosfaatconcentraties lijkt er sprake te zijn van een cyclus, waarbij deze waarden toenemen rond de zomerperiode en weer afnemen in de winterperiode.



Figuur 13. Overzicht van enkele waterkwaliteitsparameters (pH en de fosfaat-, nitraat- en sulfaatconcentraties) op locatie 140218 (oDE_AA_410) in de tijd. De tijdspan loopt van 17-1-2007 tot 4-1-2021.

Op 3 locaties in het onderzoeksgebied is het freatische grondwater eenmalig bemonsterd uit een boorgat. Het bemonsterde grondwater is goed tot sterk gebufferd ($624\text{--}3829\text{ }\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$, alkaliniteit $1,9\text{--}4,6\text{ meq/l}$; Tabel 3). Op locatie 3 is het grondwater ijzerrijk ($173\text{ }\mu\text{mol/l}$). Dit is positief voor de fosfaatvastlegging. De nitraatconcentratie in het grondwater verschilt sterk. Op locatie 3 en 6 is het grondwater niet tot nauwelijks verrijkt ($0,0\text{--}5,6\text{ }\mu\text{mol/l NO}_3^-$). Echter, het grondwater op locatie 14 is zeer sterk verrijkt met nitraat ($1928,6\text{ }\mu\text{mol/l NO}_3^-$). Op locatie 14 is het grondwater tevens zeer rijk aan calcium en sulfaat. Dit kan duiden op pyrietoxidatie door nitraatuitspoeling. Nitraatrijk grondwater is overwegend ijzerarm omdat opgelost ijzer oxideert door nitraat en daarmee dieper in de bodem neerslaat en uit het grondwater verdwijnt. De fosforconcentraties in het grondwater zijn relatief laag ($0,3\text{--}4,1\text{ }\mu\text{mol/l PO}_4^{3-}$) en de Fe/P ratio is positief. Op basis van de verhoogde/hoge sulfaatconcentraties in het grondwater is het belangrijk dat er onder natte omstandigheden voldoende doorstroming van uittredend grondwater plaatsvindt om interne eutrofiëring te voorkomen. Gebufferd, ijzerhoudend tot ijzerrijk grondwater past bij de beoogde natuurtypen als vochtig hooiland en broekbos. Het is de verwachting dat de nitraat- en fosforconcentraties afnemen wanneer de landbouwkundige activiteiten stoppen en/of de voedselrijke toplaag wordt afgegraven. Het betreft slechts een eenmalige meting om een indicatie te krijgen van de grondwaterkwaliteit. Een uitgebreide (eco)hydrologische analyses maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

4.5 Kansen voor natuurontwikkeling

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van 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).

Een geschikte parameter voor de weergave van de voor planten beschikbare P concentratie is Olsen-P. Deze wordt bepaald door middel van een bodemextractie met een bicarbonaatoplossing. Het is echter de vraag of deze extractiemethode een juiste weergave geeft van de voor planten beschikbare fosfaatconcentratie onder zeer/extreem ijzerrijke omstandigheden ($>800\text{--}1000\text{ mmol/l}$). Wanneer een kleine fractie van het aan ijzer gebonden totaal-P wordt gemobiliseerd resulteert dit, als gevolg van een zeer hoge totaal-P concentratie, meteen in een hoge Olsen-P concentratie. Het is daarom ook goed om naar de labiel-P concentraties (P-NaCl: in de tabel weergegeven als P-z) te kijken. Hoge Olsen-P concentraties ($>2500\text{ }\mu\text{mol/l}$) gaan over het algemeen ook samen met hogere labiel-P concentratie. Dit is hier niet (altijd) het geval (de P-z concentraties zijn relatief laag: $< 5\text{ }\mu\text{mol/l}$) wat erop kan duiden dat de P-beschikbaarheid in de praktijk lager is onder zeer/extreem ijzerrijke omstandigheden. Dit is echter niet te kwantificeren.

Natuurbeheertypen en bodem

Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn vooral relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Bodems met een totaal-Ca concentratie van $>20\text{ mmol/l}$ en een Ca-z concentratie van meer dan $4.000\text{--}5.000\text{ }\mu\text{mol/l}$ zijn over het algemeen voldoende gebufferd voor (matig) gebufferde natuurtypen (Tabel 4). Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide (of hoogveen) voor de hand (zeer indicatief: Ca-t $< 10\text{ mmol/l}$ en Ca-z $< 3.000/4.000\text{ }\mu\text{mol/l}$). Op zwak-calciumhoudende bodems (Ca-tot $>10\text{ mmol/l}$ en Ca-z $3.000/4.000\text{--}8.000\text{ }\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland (of kleine zeggenvegetaties) voor de hand mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: $8.000\text{--}30.000\text{ }\mu\text{mol/l}$) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldruischraalland tot

Op de ijzerrijke, calciumhoudende/calciumrijke kleibodems ligt de ontwikkeling van een vochtig hooiland (onder vochtige-natte omstandigheden) of glanshaverhooiland (onder drogere omstandigheden; de soortenrijkdom is veelal beperkt op sterk kleiige locaties) voor de hand.

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

28

Hoge ijzer- en/of calciumconcentraties in de bodem dragen bij aan een lage fosfaatbeschikbaarheid, maar ook de aanvoer van ijzer- en/of calciumrijk grondwater. Voor het natuurbetype rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01) is vooral het habitatype vochtige alluviale bossen (H91Eo_C) van belang. In Tabel 5 worden een aantal relevante bodemchemische kenmerken van goed ontwikkelde en meer eutrofe elzenbroekbossen gegeven. Goed ontwikkelde elzenbroekbossen komen net als dotterbloemhooilanden voor op goed gebufferde bodems en bij een relatief lage P-beschikbaarheid ($< 800 \mu\text{mol Olsen-P/l}$ en $< 2 \mu\text{mol P-z/l}$). Eutrofe rompgemeenschappen komen voor bij een vergelijkbare P-voorraad in de bodem, maar bij een hogere P-beschikbaarheid als gevolg van een lagere Fe/P-ratio van de bodem. Ook in goed ontwikkelde elzenbroekbossen worden, waarschijnlijk als gevolg van de natte omstandigheden en het feit dat het om organische bodems gaat, hoge ammoniumconcentraties in het zoutextract gemeten (Tabel 5).

Tabel 5. Overzicht van een aantal belangrijke bodemchemische kenmerken van Elzenbroekbossen. Bron: referentiedatabase GRIP (Gemeten Referentiewaarden In Plantengemeenschappen) van Onderzoekcentrum B-WARE.

Bostype	Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$)	P-z ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-P (mmol/l)	$\text{NH}_4\text{-z}$ ($\mu\text{mol/l}$)	$\text{NO}_3\text{-z}$ ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-Ca (mmol/l)	Ca-z ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-Fe (mmol/l)
Goed ontwikkeld Elzenbroekbos Carici elongatae- Alnetum	100-800 (n=8)	0,3-2,1 (n=9)	4-22 (n=69)	140-800 (n=9)	1-70 (n=9)	30-100 (n=69)	3.000-17.000 (n=9)	40-385 (n=69)
Eutroof elzenbroekbos RG Calamagrostis canescens-[Alnion glutinosae] RG Urtica dioica- [Alnion glutinosae]	350-1500 (n=10)	0,7-20 (n=6)	5-23 (n=34)	25-425 (n=6)	130-500 (n=6)	25-80 (n=34)	7.000-23.000 (n=6)	50-190 (n=34)

Verschralingsduur

Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem, voornamelijk de bouwvoor, in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschralingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschraling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden.

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is 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 $\mu\text{mol Olsen-P/l}$ de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ($(0,5/10) \times 100$). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ($(0,5/5) \times 100$). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder

.....
hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overal 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. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. effectiviteit en hydrologie).

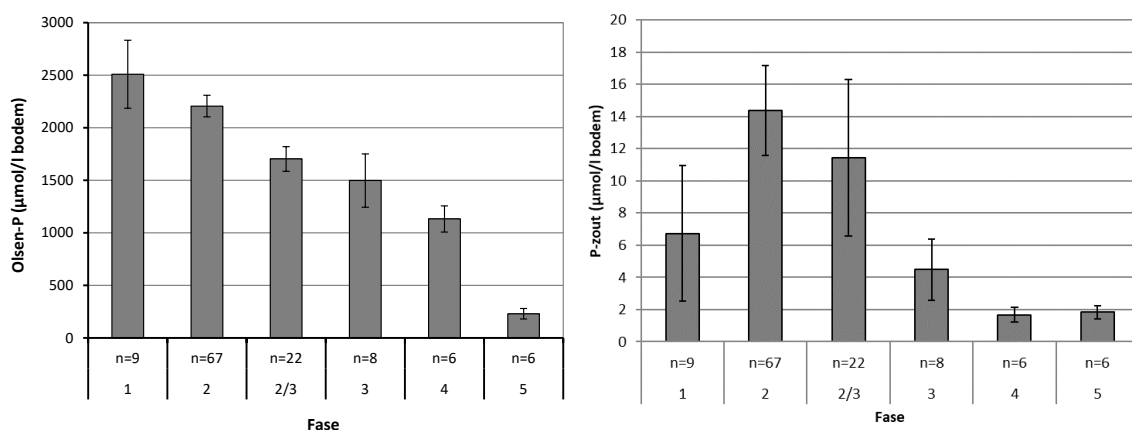
In Tabel 6 wordt de berekende verschrallingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en diepte gegeven. De verschrallingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang dan de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

N.B.: Als gevolg van de lokaal extreem ijzerrijke omstandigheden en de daarmee gepaard gaande hoge totaal-P concentraties geven de berekende verschrallingsduren niet altijd een goed beeld van de vereiste verschrallingsduur van ijzerrijke (>±300-500 mmol/l) bodems. Voor de overige bodems geeft dit wel een juiste indicatie.

Kruiden- en faunarijkgasland

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen voor schrale doeltypen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland met een Olsen-P streefconcentratie van ongeveer 900-1200 µmol/l. Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200 µmol/l; Figuur 14).

Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet.



Figuur 14. 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-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is ($P-z < 1-2 \mu\text{mol/l}$) en ook de nitraatconcentratie laag is ($< 100-200 \mu\text{mol/l}$). Overigens kunnen er op droge, voedselrijkere zandgronden ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof

(eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.



Figuur 15. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunairijk grasland. Foto's: Mark van Mullekom.

Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

In deze paragraaf worden op basis van bodemtype, bodemchemie en grondwaterstanden de kansen voor natuurontwikkeling per locatie besproken. Op basis van de bodemchemische condities wordt gekeken welke maatregelen nodig zijn voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur. Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan. Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter voor 'half werk' te kiezen. Dit laatste levert over het algemeen vooral teleurstellingen op en is zonde van de inspanningen en gemaakte kosten.

Zoals eerder vermeld is het mogelijk dat lokaal, vanwege de hoge ijzerconcentraties (>300 mmol/l), de Olsen-P concentratie wordt overschat, echter dit is niet te kwantificeren. Het is daarom ook goed om naar de labiel-P concentraties (P-z) te kijken.

Vanwege de sterke correlatie tussen Ca-z en totaal-Ca ($r=0,9059$; Figuur 11) zijn met behulp van de bijbehorende formule ($Ca-z=222,57*Ca-t+3278,3$) indicatieve Ca-z concentratie van de bodems, waarbij geen zoutextractie is uitgevoerd, berekend. De berekende (indicatieve) concentraties zijn grijs en cursief weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in 't Gulden Land - kop van Aarle-Rixtel. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties ($\mu\text{mol/l}$), BV = indicatieve basenverzadiging, M5/M8/M12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500 (optimaal voor schraalland/vochtig hooiland), 800 (suboptimaal voor vochtig hooiland) en 1200 (kruiden- en faunairijk grasland) μmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Onderzoek natuurpotenties 't Gulden Land - kop van Aarle-Rixtel
RP-21.014.21.39

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)																					
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren																					
<5	<150	<10	<4000	<40	<1	<50	0	voldoende P-arm																				
6-10	151-250	11-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren																				
11-25	251-400	21-30	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren																				
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen																				
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen																				
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I																				
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II																				
Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	OLS-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	M12
1	0-15	zand, matig humeus, bv	AP	6	22	1,0	4387	42,8	126	37	494	6	24	10	5	10474	0,00	916	6915	5,6	99	71	392	128	124	118	109	97
	15-30	zand, matig humeus, bv	AP	5	18	1,1	4101	43,6	146	34	431	6	24	7		11109								126	120	110	96	
	30-45	zand, matig humeus, bv	AP	5	18	1,3	2972	112,1	246	62	1807	6	28	7	1	20798	0,00	509	7818	5,7	100	4	210	10		291	256	209
	45-55	zand	C	2	15	1,4	1559	27,8	196	31	628	5	21	2	20	13452	0,00	815	4537	5,8	100	1	196	16	70	59	42	20
	55-65	zand	C	1	14	1,4	620	8,7	144	23	200	7	22	1		9721									14	5	0	0
2	0-15	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	5	22	1,1	2322	27,6	166	29	422	6	24	9	11	11243	0,00	864	6872	5,8	100	5	312	33	75	68	57	42
	15-25	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	19	1,2	1989	28,3	193	31	822	5	23	7		10865									75	66	53	35
	25-35	zand	C	1	15	1,4	354	3,4	80	12	121	5	16	1	2	6904	0,00	895	4135	6,2	100	0	44	79	1	0	0	0
	35-45	zand	C	1	16	1,3	162	3,1	96	15	177	8	20	1		7711									0	0	0	0
3	0-20	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	5	20	1,1	997	23,6	218	36	780	5	30	7	3	12360	0,00	328	9153	6,0	100	1	216	26	52	37	15	0
	20-30	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	19	1,1	637	15,2	185	29	476	4	25	6		10278									25	10	0	0
	30-40	zand	C	1	14	1,3	241	3,1	75	14	81	3	13	1	2	7312	0,00	684	3864	5,8	100	1	56	46	0	0	0	0
	40-50	zand	C	1	13	1,3	80	1,7	87	14	43	5	14	1		7267									0	0	0	0
4	0-20	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	18	1,2	1195	30,9	174	34	813	6	22	6	6	9856	0,00	2871	4713	6,0	100	4	235	47	72	56	32	0
	20-30	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	24	1,3	1175	24,9	165	35	662	5	23	5		11842									58	45	25	0
	30-40	zand	C	1	16	1,4	297	2,6	71	10	54	3	11	1	2	3762	0,00	645	2112	6,6	100	3	24	28	0	0	0	0
	40-50	zand	C	0	15	1,3	27	0,8	38	6	23	3	8	1	1	2548	0,00	509	1388	6,9	100	2	9	14	0	0	0	0
5	0-15	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	6	23	1,0	2401	34,2	117	37	366	10	25	10	2	10834	0,00	5283	7442	6,3	100	11	415	28	94	85	71	53
	15-30	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	18	1,2	1696	33,8	141	33	780	8	24	5		11225									87	75	56	31
	30-50	zand, sterk kleiig, matig humeus	A	4	19	1,2	2285	29,4	118	34	208	7	19	7	13	8749	0,00	2734	4653	6,0	100	6	243	47	80	72	60	44
	50-60	zand	C	1	15	1,4	384	3,3	110	17	103	6	16	1	3	8701	0,00	3022	4987	6,0	100	1	36	23	1	0	0	0
	60-70	zand	C	1	16	1,4	85	1,2	74	11	56	5	14	1		6912									0	0	0	0
6	0-20	klei, sterk zandig, matig humeus, bv	AP	6	22	1,3	3520	61,5	287	90	828	24	39	11	3	21032	0,00	4923	7668	6,0	100	13	292	11	176	165	148	127
	20-35	klei, sterk zandig, matig humeus, bv	AP	6	23	1,2	3098	53,8	230	69	790	22	32	9		19292									152	141	125	103
	35-45	zand	C	1	14	1,4	1005	9,5	91	19	174	7	15	2	11	5395	0,00	2051	2086	6,2	100	1	14	20	20	15	6	0
	45-55	zand	C	1	16	1,4	59	1,1	68	11	46	6	12	1		8675									0	0	0	0
7	0-20	klei, sterk zandig, matig humeus, bv	AP	4	22	1,3	2610	41,8	142	38	705	14	20	8	1	12400	0,00	2827	4260	6,2	100	15	208	87	116	106	91	71
	20-30	klei, sterk zandig, matig humeus, bv	AP	4	19	1,3	2621	51,4	157	39	841	14	21	6		12882									142	130	112	87
	30-40	zand	BC	1	14	1,3	854	12,8	191	34	335	15	32	1	1	9696	0,00	4040	4189	6,7	99	1	48	54	26	17	3	0
	40-50	zand	BC	2	16	1,4	780	12,8	118	19	313	10	21	1		12253									25	14	0	0
8	0-20	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	3	23	1,2	2192	20,9	88	20	130	5	11	6	20	7753	0,00	1093	1715	5,8	99	8	48	59	56	50	41	30
	20-35	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	3	21	1,3	2298	34,8	113	25	422	6	13	7		9918									94	85	71	52
	35-45	zand, rommelig	BC	1	17	1,5	1311	14,9	82	17	283	4	12	3	3	6799	0,00	1842	2066	6,3	100	9	82	43	36	29	18	4
	45-55	zand, rommelig	BC	2	18	1,3	600	24,0	115	18	928	4	9	3		8275									38	12	0	0
9	0-20	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	5	21	1,2	2409	38,3	171	24	744	4	18	8	52	11775	0,00	194	4505	5,2	99	11	153	109	105	95	80	60
	20-35	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	5	19	1,2	2024	53,7	156	24	1230	3	15	6		9277									143	126	101	68
	35-50	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	19	1,3	1861	53,5	195	30	1088	4	16	6	29	14591	0,00	192	2612	5,3	99	3	172	45	140	122	95	59
	50-65	zand	BC	1	15	1,3	392	5,0	80	11	107	2	5	1	11	7127	0,00	171	1061	5,3	99	1	174	23	4	0	0	0
	65-75	zand	C	0	17	1,3	111	1,6	31	5	38	2	2	1		5492									0	0	0	0
10	0-20	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	6	26	1,3	2423	32,8	136	46	507	9	21	8	3	15878	0,00	2950	5100	6,0	99	17	38	156	90	81	69	52
	20-35	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	23	1,4	2963	45,8	153	67	959	13	26	13		19287									129	119	104	85
	35-45	zand	C	1	14	1,5	426	15,0	84	11	353	7	13	1	2	3986	0,00	1901	2166	6,2	98	1	43	114	14	0	0	0
	45-55	zand	C	1	16	1,5	428	2,4	70	9	47	6	11	1		6803									0	0	0	0
11	0-20	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	4	23	1,3	2180	28,0	169	22	442	4	17	6	23	8833	0,00	189	2689	5,6	99	5	32	64	75	67	55	39
	20-35	zand, sterk kleiig, matig humeus, bv	AP	3	25	1,4	2386	32,6	190	22	638	4	17	6		9441									89	81	68	51
	35-45	zand	BC	1	22	1,4	866	9,2	121	12	201	5	15	2	69	5851	0,01	240	1977	5,2	97	2	16	35	19	12	2	0
	45-55	zand	BC	1	21	1,5	304	2,8	151	14	111	12	23	1		8083									0	0	0	0
12	0-20	zand, sterk kleiig, matig humeus, rom., bv	AP	6	21	1,3	3972	46,4	238	98	790	19	34	11	1	24336	0,00	2										

.....
Locatie 1 GHG: 40 cm-mv GLG: 120 cm-mv; doelstelling vochtig hooiland

De bouwvoor (0-45 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 32-62 mmol/l, Ca-z: ± 10.500 -20.800 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 431-1807 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2972-4387 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 42,8-112,1 mmol/l). De zeer hoge P-z concentratie in de toplaag (71 $\mu\text{mol/l}$) duidt op intensief landbouwkundig gebruik (bemesting).

Pas op 55-65 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatietypen zoals blauwgrasland. Door de forse diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos, met soortenarme en ruige ondergroei, of een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschaald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland.

Advies: deze locatie omvormen tot bos of de toplaag door middel van een blijvend verschrallingsbeheer langzaam ontwikkelen tot een kruidenrijk(er) grasland.

Locatie 2 GHG: 20 cm-mv GLG: 90 cm-mv; doelstelling vochtig hooiland

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 29-32 mmol/l, Ca-z: ± 10.900 -11.200 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 422-822 mmol/l). De gehele bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1989-2322 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 27,6-28,3 mmol/l). De P-z concentratie is relatief laag in de toplaag (5 $\mu\text{mol/l}$). Er wordt verwacht dat op de toplaag een kruiden- en faunarijkgrasland kan worden ontwikkeld na enkele jaren verschrallen.

Dit is echter ook (samen met locatie 10 en 15) een locatie waar door middel van een beperkte ontgroning de juiste bodemchemische condities kunnen worden gecreëerd voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur. Onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (Olsen-P: 354 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 3,4 mmol/l) voor de ontwikkeling van een nat schraalland zoals een heischraalgrasland (Ca-t: 12 mmol/l, Ca-z: ± 6.900 $\mu\text{mol/l}$). Indien de locatie na een ontgraving van de 25 cm (de bouwvoor) te vochtig is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend.

Optie 1: huidige toplaag enkele jaren verschrallen t.b.v. de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijkgrasland en op de lange termijn richting vochtig hooiland.

Optie 2: 25 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland of bij natte omstandigheden een klein zeggenmoeras.

Locatie 3 GHG: 20 cm-mv GLG: 90 cm-mv; doelstelling vochtig hooiland

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 29-36 mmol/l, Ca-z: ± 10.300 -12.400 $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 476-780 mmol/l). De gehele bouwvoor is matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 637-997 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 15,2-23,6 mmol/l). De P-z concentratie is zeer laag (1 $\mu\text{mol/l}$). Er wordt verwacht dat op de toplaag een vochtig hooiland kan worden ontwikkeld na enkele jaren (maximaal 15 jaar) verschrallen in de vorm van maaien en afvoeren. Dit biedt kansen op deze locatie. Wanneer de doelsoorten niet tot ontwikkeling komen na het realiseren van de gewenste verschralling, wordt geadviseerd om de soortenarme zode te plaggen en maaisel uit een referentiegebied op te brengen.

Onder de toplaag van de bouwvoor (20-30 cm-mv) is de bodem minder rijk aan fosfaat (Olsen-P: 637 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 15,2 mmol/l). Hierdoor is na een ontgroning van 20 cm, in combinatie met circa 10 jaar maaien en afvoeren (risico op pitrusontwikkeling), de ontwikkeling van een nat schraalland zoals een blauwgrasland (Ca-t: 29 mmol/l, Ca-z: ± 10.300 $\mu\text{mol/l}$) mogelijk.

.....

De bodem op 30-40 cm-mv is voldoende fosfaatarm (Olsen-P: 241 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 3,1 mmol/l) om de ontwikkeling van een nat schraalland zoals een heischraalgrasland (Ca-t: 14 mmol/l, Ca-z: $\pm 7.300 \mu\text{mol/l}$) meteen mogelijk te maken. Indien de locatie na een ontgraving van 30 cm (de bouwvoor) te vochtig is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend.

Optie 1: huidige toplaag maximaal 15 jaar verschralen t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland (weinig verrijkte toplaag).

Optie 2: 20 cm afgraven en circa 10 jaar verschralen t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland.

Optie 3: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland of bij natte omstandigheden een klein zeggenmoeras.

Locatie 4 GHG: 20 cm-mv GLG: 100 cm-mv; doelstelling vochtig hooiland

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 34-35 mmol/l, Ca-z: $\pm 9.900-11.800 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 662-813 mmol/l). De gehele bouwvoor is matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1175-1195 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 24,9-30,9 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is relatief laag (4 $\mu\text{mol/l}$). Er wordt verwacht dat op de toplaag een vochtig hooiland kan worden ontwikkeld na verschraling (maximaal 32 jaar) in de vorm van maaien en afvoeren. Dit biedt kansen op deze locatie.

Onder de bouwvoor (30-40 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (Olsen-P: 297 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 2,6 mmol/l) om de ontwikkeling van een nat schraalland of heide (Ca-t: 10 mmol/l, Ca-z: $\pm 3.800 \mu\text{mol/l}$) mogelijk te maken.

Optie 1: huidige toplaag maximaal 32 jaar verschralen t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland (weinig verrijkte toplaag).

Optie 2: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland of heide.

Locatie 5 GHG: 30 cm-mv GLG: 70 cm-mv; doelstelling vochtig hooiland

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 33-37 mmol/l, Ca-z: $\pm 10.800-11.200 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 366-780 mmol/l). De gehele bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1696-2401 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 33,8-34,2 mmol/l). De P-z concentratie is beperkt verhoogd in de toplaag (11 $\mu\text{mol/l}$).

Pas op 50-60 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatietypen zoals heischraalgrasland. Door de forse diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos, met soortenarme en ruige ondergroei, of een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschraald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland.

Advies: deze locatie omvormen tot bos of de toplaag door middel van een blijvend verschralingsbeheer langzaam ontwikkelen tot een kruidenrijk(er) grasland.

Locatie 6 GHG: 20 cm-mv GLG: 110 cm-mv; doelstelling nat grasland

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 69-90 mmol/l, Ca-z: $\pm 19.300-21.000 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 790-828 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat

.....
(Olsen-P: 3098-3520 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 53,8-61,5 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is 13 $\mu\text{mol/l}$ wat duidt op P-verrijking door bemesting.

Pas op 45-55 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatie zoals heischraalgrasland. Door de forse diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschaald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland. Op de lange termijn kan de vegetatie zich ontwikkelen richting een vochtig hooiland. Dit wordt met name kansrijk geacht omdat de toplaag zeer rijk is aan ijzer.

Advies: zeer ijzerrijke toplaag door ontwikkelen door middel van een blijvend verschrallingsbeheer tot een kruidenrijk grasland en op de lange termijn richting vochtig hooiland.

Locatie 7 GHG: 20 cm-mv GLG: 80 cm-mv; doelstelling broekbos

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 38-39 mmol/l, Ca-z: $\pm 12.400-12.900 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 705-841 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2610-2621 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 41,8-51,4 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is 15 $\mu\text{mol/l}$ wat duidt op P-verrijking door bemesting. Op de toplaag is de ontwikkeling van een voedselrijk/eutroof broekbos mogelijk. Een dergelijk broekbos heeft vaak een ruige/verruigde ondergroei. Momenteel treedt er geen grondwater uit in het maaiveld (GHG 20 cm-mv).

De bodem op 30-40 cm-mv is voldoende fosfaatarm (Olsen-P: 854 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 12,8 mmol/l) om de ontwikkeling van een elzenbroekbos (Fe 335 mmol/l en Ca 34 mmol/l) mogelijk te maken.

Optie 1: toplaag door ontwikkelen tot een voedselrijker broekbos (met ruige ondergroei).

Optie 2: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een elzenbroekbos met soortenrijke ondergroei (onder de juiste hydrologische condities met voldoende doorstroming).

Locatie 8 GHG: 0 cm-mv GLG: 70 cm-mv; doelstelling bos

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en rijk aan ijzer (Ca-t: 20-25 mmol/l, Ca-z: $\pm 7.800-9.900 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 130-422 mmol/l). De gehele bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2192-2298 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 20,9-34,8 mmol/l). Pas op 45-55 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatietypen zoals heischraalgrasland. Door de forse diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos, met soortenarme en ruige ondergroei, of een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschaald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) verder afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland.

Advies: deze locatie omvormen tot bos of de toplaag door middel van een blijvend verschrallingsbeheer langzaam ontwikkelen tot een kruidenrijk(er) grasland.

Locatie 9 GHG: 50 cm-mv GLG: 110 cm-mv; doelstelling vochtig hooiland

De bouwvoor (0-50 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 24-30 mmol/l, Ca-z: $\pm 9.300-14.600 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 744-1230 mmol/l). De gehele bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1861-2409 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 38,3-53,7 mmol/l). De P-z concentratie is beperkt verhoogd in de toplaag (11 $\mu\text{mol/l}$).

.....

Pas op 50-65 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatie zoals heischraalgrasland of heide. Door de forse diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos, met soortenarme en ruige ondergroei, of een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschaald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland.

Advies: deze locatie omvormen tot bos of de toplaag door middel van een blijvend verschrallingsbeheer langzaam ontwikkelen tot een kruidenrijk(er) grasland.

Locatie 10 GHG: 10 cm-mv GLG: 90 cm-mv; doelstelling vochtig hooiland

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 46-67 mmol/l, Ca-z: $\pm 15.900-19.300$ $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 507-959 mmol/l). De gehele bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2423-2963 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 32,8-45,8 mmol/l). De P-z concentratie is 17 $\mu\text{mol/l}$ wat duidt op P-verrijking door landbouwkundig gebruik. Indien blijvend wordt verschaald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland. Op de lange termijn kan de vegetatie zich ontwikkelen richting een vochtig hooiland.

Dit is echter ook (samen met locatie 2 en 15) een locatie waar door middel van een beperkte ontgronding de juiste bodemchemische condities kunnen worden gecreëerd voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur. Onder de bouwvoor (35-45 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (Olsen-P: 426 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 15,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een nat schraalland of heide (Ca-t: 11 mmol/l, Ca-z: ± 4.000 $\mu\text{mol/l}$). Indien de locatie na een ontgraving van de 35 cm (de bouwvoor) te vochtig is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend.

Optie 1: toplaag door ontwikkelen door middel van een blijvend verschrallingsbeheer tot een kruidenrijk grasland en op de lange termijn richting vochtig hooiland.

Optie 2: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland/ heide of bij natte omstandigheden een klein zeggenmoeras.

Locatie 11 GHG: 0 cm-mv GLG: 70 cm-mv; doelstelling bos

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 22 mmol/l, Ca-z: $\pm 8.900-9.400$ $\mu\text{mol/l}$, Fe-t: 442-638 mmol/l). De gehele bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2180-2386 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 28,0-32,6 mmol/l). De P-z concentratie is relatief laag in de toplaag (5 $\mu\text{mol/l}$). Dit is positief voor een kruidenrijkere ontwikkeling.

Pas na afgraving van 35 (12 jaar aanvullend verschrallingsbeheer vereist; risico op pitrusontwikkeling) tot 45 cm wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatietypen zoals heischraalgrasland of heide. Hiervoor zou niet alleen het fosfaat maar ook het ijzer en calcium in de toplaag worden afgegraven. Door de diepte van het fosfaatfront (45 cm) en de huidige grondwaterstanden (GHG 0 cm-mv) wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos, met soortenarme en ruige ondergroei, of een grasland mogelijk. Aangezien de huidige labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) al laag zijn en in combinatie met de hoge ijzerconcentratie van de bodem is het mogelijk dat de ontwikkeling positiever uitpakt.

.....
Advies: deze locatie omvormen tot bos of de toplaag door middel van een blijvend verschrallingsbeheer langzaam ontwikkelen tot een kruidenrijk(er) grasland. Het is positief dat de huidige labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) al laag zijn.

Locatie 12 GHG: 0 cm-mv GLG: 70 cm-mv; doelstelling nat grasland

De forse bouwvoor (0-60 cm-mv) is rijk aan calcium en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 98-115 mmol/l, Ca-z: $\pm 24.300-27.800 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 790-1047 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1683-3972 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 33,3-46,4 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is 11 $\mu\text{mol/l}$ wat duidt op P-verrijking door bemesting.

Pas op 60-70 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatie zoals heischraalgrasland. Door de forse diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschralld zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland. Op de lange termijn kan de vegetatie zich ontwikkelen richting een vochtig hooiland. Dit wordt met name kansrijk geacht omdat de toplaag zeer rijk is aan ijzer.

Advies: zeer ijzerrijke toplaag door ontwikkelen door middel van een blijvend verschrallingsbeheer tot een kruidenrijk grasland en op de lange termijn richting vochtig hooiland.

Locatie 13 GHG: 30 cm-mv GLG: 100 cm-mv; doelstelling nat grasland

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 42-59 mmol/l, Ca-z: $\pm 16.000-17.700 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 1090-1308 mmol/l). De gehele bouwvoor is zeer sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 5447-5700 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 70,1-87,3 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is zeer hoog (115 $\mu\text{mol/l}$) wat duidt op P-verrijking door bemesting.

Pas op 30-40 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatie zoals heischraalgrasland. Door de diepte van het fosfaatfront en de grondwaterstanden wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschralld zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland. Op de lange termijn kan de vegetatie zich ontwikkelen richting een vochtig hooiland. Dit wordt met name kansrijk geacht omdat de toplaag zeer rijk is aan ijzer.

Advies: zeer ijzerrijke toplaag door ontwikkelen door middel van een blijvend verschrallingsbeheer tot een kruidenrijk grasland en op de lange termijn richting vochtig hooiland.

Locatie 14 GHG: 30 cm-mv GLG: 100 cm-mv; doelstelling nat grasland

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is sterk calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 76-87 mmol/l, Ca-z: $\pm 23.600 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 2566-3010 mmol/l). De gehele bouwvoor is zeer sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3099-4024 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 126,0-131,2 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is zeer hoog (90 $\mu\text{mol/l}$) wat duidt op P-verrijking door bemesting.

Pas op 45-55 cm-mv wordt de bodem voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van schrale vegetatie zoals heischraalgrasland. Echter de nitraatconcentraties op deze diepte zijn zeer hoog (3257 $\mu\text{mol/l}$ NO_3^-). Door de diepte van het fosfaatfront, de nitraatconcentratie op 30-40 cm-mv en de grondwaterstanden wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschralld zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van

.....
het grasland. Op de lange termijn kan de vegetatie zich ontwikkelen richting een vochtig hooiland. Dit wordt met name kansrijk geacht omdat de toplaag zeer rijk is aan ijzer.

Advies: zeer ijzerrijke toplaag door ontwikkelen door middel van een blijvend verschrallingsbeheer tot een kruidenrijk grasland en op de lange termijn richting vochtig hooiland.

Locatie 15 GHG: 20 cm-mv GLG: 90 cm-mv; doelstelling hooiland

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zeer rijk aan ijzer (Ca-t: 23-34 mmol/l, Ca-z: $\pm 9.700-13.500 \mu\text{mol/l}$, Fe-t: 446-580 mmol/l). De gehele bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2407-2644 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 31,2-29,3 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is relatief laag (5 $\mu\text{mol/l}$). Er wordt verwacht dat op de toplaag een kruiden- en faunarijkgasland kan worden ontwikkeld na enkele jaren verschrallen. Door te verschrallen zal ook de zeer hoge nitraatconcentratie (1052 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$) in de toplaag met de tijd afnemen.

Dit is echter ook (samen met locatie 2 en 10) een locatie waar door middel van een beperkte ontgronding de juiste bodemchemische condities kunnen worden gecreëerd voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur. Onder de bouwvoor (30-40 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (Olsen-P: 271 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 2,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van een nat schraalland of heide (Ca-t: 11 mmol/l, Ca-z: $\pm 4.300 \mu\text{mol/l}$). Indien de locatie na een ontgraving van de 30 cm (de bouwvoor) te vochtig is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend.

Optie 1: toplaag door ontwikkelen door middel van een blijvend verschrallingsbeheer tot een kruidenrijk grasland en op de lange termijn richting vochtig hooiland.

Optie 2: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalland/ heide of bij natte omstandigheden een klein zeggenmoeras.

Samenvatting kansen voor natuurontwikkeling

Uit het bodemchemisch onderzoek is gebleken dat de toplaag in het gebied verrijkt is met fosfaat en daarmee niet meteen geschikt is voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen. Het verwijderen van de bouwvoor blijkt niet altijd voldoende om P-gelimiteerde condities te creëren in het gebied, soms is er sprake van fosfaatuitspoeling naar de onderliggende bodemlagen. Daarnaast is de toplaag vaak zeer ijzerrijk ($>300 \text{ mmol/l}$) hierdoor is het mogelijk dat de Olsen-P concentratie wordt overschat, echter dit is niet te kwantificeren. Daarom is ook goed naar de labiel-P concentraties (P-z) gekeken. Het gebied kan worden onderverdeeld in 5 clusters op basis van de potenties en benodigde maatregelen:

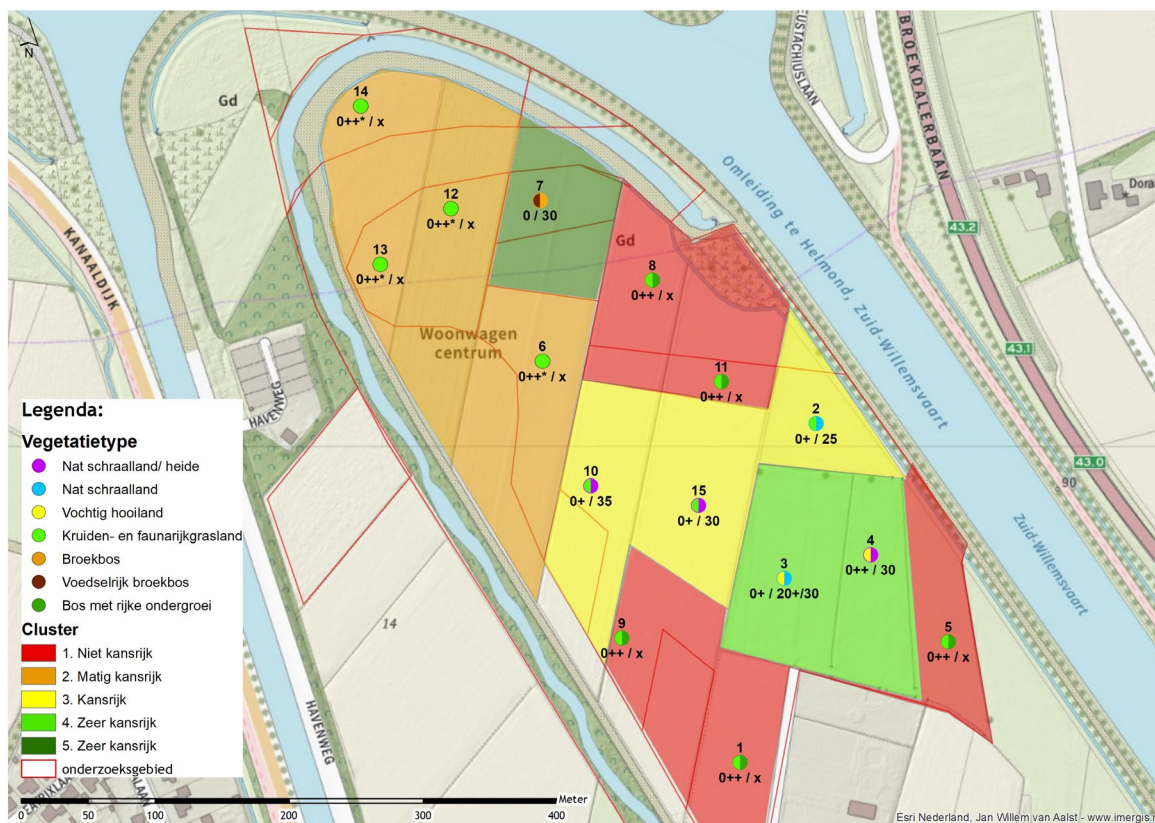
- Cluster 1 (locatie 1, 5, 8, 9 en 11): deze locaties zijn niet kansrijk voor de beoogde ontwikkeling. Vanwege de diepte van het fosfaatfront, de grondwaterstanden en labiele nutriënten concentraties wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos, met soortenarme en ruige ondergroei, of een grasland (op termijn kruidenrijker door middel van het voeren van een verschrallingsbeheer van maaien en afvoeren) mogelijk.
- Cluster 2 (locatie 6, 12, 13 en 14): deze locaties zijn iets kansrijker (matig kansrijk) echter de gewenste ontwikkeling is pas mogelijk op langere termijn. Door ijzerrijkdom van de toplaag, de diepte van het fosfaatfront, nitraatconcentratie op 30-40 cm-mv en de grondwaterstanden wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de zeer ijzerrijke toplaag is de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschrallend zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de

.....

kruidenrijkdom van het grasland. Op de lange termijn kan de vegetatie zich ontwikkelen richting een vochtig hooiland (mede ook kansrijk door de zeer /extreem ijzerrijke omstandigheden in deze zone).

- Cluster 3 (locatie 2, 10 en 15): de toplaag is verrijkt met fosfaat maar op deze locaties kan door middel van een relatief beperkte ontgronding (25-35 cm) een nat schraalland (of heide) ontwikkeld worden en zijn daarmee kansrijk voor natuurontwikkeling. Indien de locatie na een ontgraving te vochtig/nat is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend. Daarnaast is het ook mogelijk om door middel van maaien en afvoeren een kruiden- en faunarijkgrasland, of op (de langere) termijn vochtig hooiland, te ontwikkelen op de toplaag. Dit zijn de 3 locaties die het meeste perspectief bieden bij een beperkte ontgronding.
- Cluster 4 (locatie 3 en 4): deze locaties hebben de minst verrijkt toplaag waardoor, door middel van een verschrallingsbeheer, de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag mogelijk is. Na een ontgronding van 30 cm is de ontwikkeling van een nat schraalland of heide mogelijk. Indien de locatie na een ontgraving te vochtig is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend. Door de beperkte P-verrijking van de toplaag wordt echter geadviseerd om op deze kansrijke locaties een verschrallingsbeheer te voeren voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Wanneer de beoogde doelsoorten niet tot ontwikkeling komen wordt, na het bereiken van de gewenste verschralling, geadviseerd om de soortenarme zode te plaggen en maaisel uit een referentiegebied op te brengen.
- Cluster 5 (locatie 7): op deze locatie is de ontwikkeling van een broekbos mogelijk. Op de toplaag is de ontwikkeling van een voedselrijk broekbos, met ruige ondergroei, mogelijk. Na een ontgronding van 30 cm is de ontwikkeling van een elzenbroekbos met soortenrijke ondergroei (met voldoende doorstroming) mogelijk.

De per locatie beschreven kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen worden in Figuur 16 samengevat.



Figuur 16. Overzicht van de ontwikkelingsmogelijkheden in het gebied op een topografische kaart. Onder de locaties worden de benodigde maatregelen weergegeven (toplaag/afgraving). Indien verschrallingsbeheer nodig is wordt dit middels + (0-10 jaar) of ++ (>10 jaar) weergegeven, * betekent dat op lange termijn een vochtig hooiland mogelijk is na verschralling. Wanneer geen afgraving wordt geadviseerd is dit weergegeven middels een x. De aangegeven clustergrenzen zijn indicatief en met name gebaseerd op de perceelgrenzen in combinatie met de resultaten van de puntmetingen.

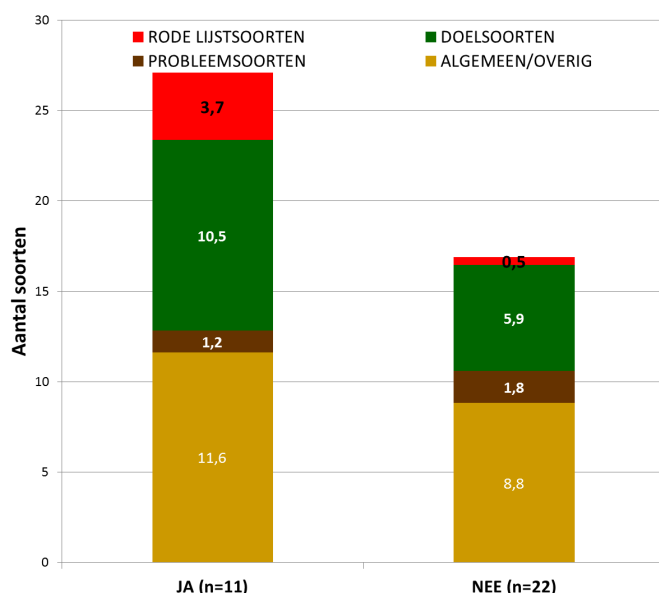
4.6 Aanvullende maatregelen

De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. 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.

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten 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 17).

Ditselfde geldt ook voor locaties die door middel van een verschrallingsbeheer zijn verschralld. Na het bereiken van de vereiste verschralling is een dichte (relatief soortenarme) zode aanwezig waarin doelsoorten waarschijnlijk ontbreken. Plaggen of chopperen van de zode (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie opbrengen kan de beoogde ontwikkeling stimuleren.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 17) 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 ook bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m² verspreiden over 15-25 m²) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. 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.



Figuur 17. 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 andere 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.

Op (matig) voedselrijke plekken waar niet wordt afgegraven kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland. 'Kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er eigenlijk 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. Wanneer witboldomantie optreedt wordt geadviseerd het maai-beheer te vervroegen. De soortenrijkdom

.....

(ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is ($P\text{-}z < 1\text{-}2$). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (circa 900-1200 $\mu\text{mol/l}$). Om vervuiging te voorkomen wordt geadviseerd om de detailontwatering in stand te houden zodat de P-rijke toplaag voldoende droogvalt (voorkomen P-mobilisatie).

Wanneer na een ontgronding nog sprake is van te voedselrijke omstandigheden is het risico op ongewenste uitbundige groei van watercrassula ook groter (Figuur 18). Wanneer sprake is van voedselarme omstandigheden dan is dit risico kleiner. Mocht watercrassula alsnog tot ontwikkeling komen dan is de totale biomassa veelal lager. Ook de inundatie met voedselrijk water kan de ontwikkeling van watercrassula stimuleren. Overigens kunnen zowel de vervuiging met pitrus als de woekering van watercrassula worden beperkt door doelsoorten/concurrenten in te brengen (Brouwer et al., 2017). Dit bevestigt de noodzaak van het inbrengen van maaisel na het uitvoeren van een ontgronding. De opdrachtgever gaat de te ontwikkelen percelen drie jaar isoleren van de Baakse beek waardoor de vegetatie zich kan ontwikkelen en waardoor watercrassula hopelijk minder kansen krijgt om explosief te groeien.



Figuur 18. Watercrassula is een invasieve exoot plantensoort die met name in natte en vochtige, zandige natuurgebieden inheemse plantensoorten verdringt. De soorten kan gaan woekeren op open plekken na een ontgronding, vooral wanneer de N-concentraties ($> 40 \mu\text{mol/l}$ in het oppervlaktewater) en P-concentraties ($> 350 \mu\text{mol/l}$ Olsen-P in de bodem) nog te hoog zijn en/of voldoende CO_2 beschikbaar is ($> 200 \mu\text{mol/l}$). Door voldoende voedselarme condities te creëren en de ontwikkeling van concurrenten (o.a. pilvaren, oeverkruid, waterpostelein, vlottende bies, knolrus, veenmos, veelstengelige waterbies en moerashertshooi) te stimuleren kan het risico op de woekering van watercrassula worden beperkt (Van der Loop & van Kleef, 2020; Brouwer et al., 2017). Links: Heerenven (foto: Esther Lucassen). Rechts: Akkerveen (foto: Hein van Kleef).

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. De afvoer van grond- en/of regenwater is een belangrijke vereiste: er dient doorstroming plaats te vinden in plaats van stagnatie. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland kan inundatie met relatief schoon, gebufferd oppervlaktewater volstaan. Inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib kan echter tot verrijking en daarmee tot vervuiging leiden. In de zomer dient de toplaag droog te vallen om P-binding te stimuleren en vervuiging te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Belangrijkste conclusies

- Waterschap Aa en Maas is samen met gemeente Helmond en gemeente Laarbeek bezig met de inrichting van het noordelijke deel van 't Gulden Land (zie Figuur 1). Door samen te werken willen deze partijen voldoen aan verschillende opgaves zoals afvoer van stedelijk water, ontwikkelen van natuur en het stimuleren van recreatie (Visie voor "Het Gulden Land"). Onderdeel hiervan is het ontwikkelen van de kop van Aarle-Rixtel.
- Onderzoekcentrum B-WARE heeft een bodem- en hydrochemisch onderzoek uitgevoerd op enkele voormalige landbouwgronden in dit gebied (zie Figuur 2). Het onderzoek dient de voedselrijkdom, natuurpotenties en geschikte maatregelen in kaart te brengen in het onderzoeksgebied. De fosfaatrijkdom van de bodem is bepaald door middel van een bodemchemisch onderzoek. Op 15 locaties in het onderzoeksgebied zijn daarvoor op verschillende diepten bodemonsters verzameld. Hiernaast zijn één oppervlaktewatermonster en 3 freatische grondwatermonsters verzameld.
- Uit de beschrijving van de bodemprofielen blijkt dat de bodem in het gebied voornamelijk bestaat uit een zandbodem tot op 150 cm-mv (zie Tabel 6 en Bijlage 2). Deze zandbodem is op 4 locaties afgedekt met een sterk zandige kleibodem (locatie 6, 7, 12 en 13), dit is eveneens ook de bouwvoor. Op de andere locaties (uitgezonderd locatie 1) is de bouwvoor sterk kleiig. De dikte van de bouwvoor is zeer wisselend van 25 tot 60 cm, maar is over het algemeen 30-35 cm dik en overwegend ijzerrijk en lokaal zeer/extreem ijzerrijk.
- De afgeleide GLG varieert van 70 tot 120 cm-mv en de GHG van 0 tot 50 cm-mv. In Figuur 12 worden afgeleide grondwaterstanden weergegeven op een topografische kaart. Hieruit is af te leiden dat voornamelijk de westrand van het gebied, van noord naar zuid, lage(re) grondwaterstanden (voornamelijk: GLG >100 cm-mv en GHG >30 cm-mv) heeft in vergelijking met de rest van het gebied (voornamelijk: GLG <100 cm-mv en GHG 0-20 cm-mv).
- Het oppervlaktewatermonster is verzameld in de Aa (het instroom gebied). Het oppervlaktewater is goed gebufferd (pH: 7,1, HCO_3^- 4155 $\mu\text{mol/l}$, alkaliniteit 4,8 meq/l en Ca 1781 $\mu\text{mol/l}$). De (ortho-)fosfaatconcentratie in het water is relatief laag (0,7 $\mu\text{mol/l}$ PO_4^{+}). Het water is matig sulfaathoudend. Er is echter wel sprake van hoge stikstofconcentraties (243,1 NO_3^- $\mu\text{mol/l}$ en 71,7 NH_4^+ $\mu\text{mol/l}$).
- Op locatie 140218 (oDE_AA_410), benedenstrooms van het RWZI-lozingspunt in de Aa, wordt door Waterschap Aa en Maas de oppervlaktewaterkwaliteit gemonitord. In Figuur 13 wordt het verloop van de pH en de fosfaat-, nitraat- en sulfaatconcentratie weergegeven. Het lijkt erop dat aan het eind van 2021 de nitraatconcentratie aan het toenemen is. Bij de pH en de sulfaat- en fosfaatconcentraties lijkt er sprake te zijn van een cyclus, waarbij deze waarden toenemen rond de zomerperiode en weer afnemen in de winterperiode.
- Op 3 locaties in het onderzoeksgebied is het freatische grondwater eenmalig bemonsterd uit een boorgat. De nitraatconcentratie in het grondwater verschilt sterk. De fosforconcentraties in het grondwater zijn relatief laag (0,3-4,1 $\mu\text{mol/l}$ PO_4^{+}) en de Fe/P ratio is positief. Op basis van de verhoogde/hoge sulfaatconcentraties in het grondwater is het belangrijk dat er onder natte omstandigheden voldoende doorstroming van uittredend grondwater plaatsvindt om interne eutrofiëring te voorkomen. Gebufferd, ijzerhoudend tot ijzerrijk grondwater past bij de beoogde natuurtypen als vochtig hooiland en broekbos. Het is de verwachting dat de nitraat- en fosforconcentraties afnemen wanneer de landbouwkundige activiteiten stoppen en/of de voedselrijke toplaag wordt afgegraven.
- Uit het bodemchemisch onderzoek is gebleken dat de toplaag in het gebied verrijkt is met fosfaat en daarmee niet meteen geschikt is voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde

natuurtypen. Het verwijderen van de bouwvoor blijkt niet altijd voldoende om P-gelimiteerde condities te creëren in het gebied, soms is er sprake van fosfaatuitspoeling naar de onderliggende bodemlagen. Daarnaast is de toplaag vaak zeer ijzerrijk (>500-8000 mmol/l). Op ijzerrijke locaties met een lage P-z concentratie liggen kansen voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. De Olsen-P concentraties is onder zeer ijzerrijke (en daarmee vaak ook zeer totaal-P rijke) omstandigheden vaak een overschatting. Dit is echter niet te kwantificeren. Daarom is ook goed naar de labiel-P concentraties (P-z) gekeken.

- Het gebied kan worden onderverdeeld in 5 clusters op basis van de potenties en benodigde maatregelen:
 - Cluster 1 (locatie 1, 5, 8, 9 en 11): deze locaties zijn niet kansrijk voor de beoogde ontwikkeling. Vanwege de diepte van het fosfaatfront, de grondwaterstanden en labiele nutriënten concentraties wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos, met soortenarme en ruige ondergroei, of een grasland (op termijn kruidenrijker door middel van het voeren van een verschrallingsbeheer van maaien en afvoeren) mogelijk. Een beperkte ontgroning (een deel van de P-rijke toplaag) afgraven wordt afgeraden omdat dit tot vochtige, voedselrijke condities leidt waarbij het risico op verzuuring zeer groot is.
 - Cluster 2 (locatie 6, 12, 13 en 14): deze locaties zijn iets kansrijker (matig kansrijk) echter de gewenste ontwikkeling is pas mogelijk op langere termijn. Door ijzerrijkdom van de toplaag, de diepte van het fosfaatfront, nitraatconcentratie op 30-40 cm-mv en de grondwaterstanden wordt geadviseerd om de toplaag door te ontwikkelen. Op de zeer ijzerrijke toplaag is de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland mogelijk. Indien blijvend wordt verschaald zullen de labiele nutriënt concentraties (P-z en NO_3^-) afnemen gevolgd door een toename in de kruidenrijkdom van het grasland. Op de lange termijn kan de vegetatie zich ontwikkelen richting een vochtig hooiland (mede ook kansrijk door de zeer /extreem ijzerrijke omstandigheden in deze zone).
 - Cluster 3 (locatie 2, 10 en 15): de toplaag is verrijkt met fosfaat maar op deze locaties kan door middel van een relatief beperkte ontgroning (25-35 cm) een nat schraalland (of heide) ontwikkeld worden en zijn daarmee kansrijk voor natuurontwikkeling. Indien de locatie na een ontgraving te vochtig/nat is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend. Daarnaast is het ook mogelijk om door middel van maaien en afvoeren een kruiden- en faunarijkgasland, of op (de langere) termijn vochtig hooiland, te ontwikkelen op de toplaag. Dit zijn de 3 locaties die het meeste perspectief bieden bij een beperkte ontgroning.
 - Cluster 4 (locatie 3 en 4): deze locaties hebben de minst verrijkt toplaag waardoor, door middel van een verschrallingsbeheer, de ontwikkeling van een vochtig hooiland op de toplaag mogelijk is. Na een ontgroning van 30 cm is de ontwikkeling van een nat schraalland of heide mogelijk. Indien de locatie na een ontgraving te vochtig is geworden voor een nat schraalland is de ontwikkeling van een klein zeggenmoeras meer voor de hand liggend. Door de beperkte P-verrijking van de toplaag wordt echter geadviseerd om op deze kansrijke locaties een verschrallingsbeheer te voeren voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Wanneer de beoogde doelsoorten niet tot ontwikkeling komen wordt, na het bereiken van de gewenste verschralling, geadviseerd om de soortenarme zode te plaggen en maaisel uit een referentiegebied op te brengen.
 - Cluster 5 (locatie 7): op deze locatie is de ontwikkeling van een broekbos mogelijk. Op de toplaag is de ontwikkeling van een voedselrijk broekbos, met ruige ondergroei, mogelijk. Na een ontgroning van 30 cm is de ontwikkeling van een elzenbroekbos met soortenrijke ondergroei (met voldoende doorstroming) mogelijk.

- De per locatie beschreven kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen worden in Figuur 16 samengevat.
- Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschrallingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden. Het vormt de basis voor het op te stellen inrichtingsplan. Dit maakt geen onderdeel uit van de opdracht. Een eventuele ontgronding kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het (eco)hydrologische 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.

5.2 Aanbevelingen

- Na afgraving van de P-rijke top laag, het verwijderen van de zode of het bereiken van de gewenste verschralling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein (heide, nat schraalland of kruiden- en faunarijkgasland) op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden te creëren voor de beoogde doelsoorten. Het zorgt er bovendien voor dat extra organisch materiaal wordt ingebracht na ontgraving en remt de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten. De eerste jaren na herintroductie volstaat het klempelen van de vegetatie. Bij een dichtere zode wordt maaien en afvoeren geadviseerd. Zie paragraaf 2.4 en 4.5 voor aanvullende informatie omtrent het aanvullend beheer wanneer de gewenste verschralling is bereikt.
- Een optimale (voedselarme) ontwikkeling kan bovendien de woekering van watercrassula voorkomen. Watercrassula is een van oorsprong Australische plant. Deze exoot groeit dermate snel, dat andere water- en oeverplanten verdwijnen. Het probleem met watercrassula neemt nog steeds toe en doet zich vooral voor op net afgegraven landbouwgronden. Door natte bodems voldoende voedselarm te maken bij afgraven en de ontwikkeling van de doelvegetatie op de open bodem te versnellen (door middel van herintroductie) kan dit probleem worden voorkomen/onderdrukt (Brouwer et al., 2017).
- Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals natte schraallanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden regelbaar te maken met behulp van kleine stuwtjes (flexibiliteit in water vasthouden en aflatens creëren).

.....

6. LITERATUUR

- Becker, P. de (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.
- Brouwer, E., E.C.H.E.T. Lucassen, M. Buiks & T. Onkelinx (2017). Competitive strength of Australian swamp stonecrop (*Crassula helmsii*). *Aquatic Invasions* 12 (3): 321-331.
- 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.
- Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? *De Levende Natuur* 121: 92-95.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- 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.
- Loop, J. van der & H. Van Kleef (2020). Omgaan met watercrassula in natuurgebieden. Uitgave Stichting Bargerveen, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture circular No. 939*.

- Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.
- Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. Samenwerkende Uitgevers Vof.
- 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.
- Visie voor "Het Gulden Land" (2019) Een visie voor "Het Gulden Land" in vier stappen naar een gedeelde visie. Gemeente Helmond, Gemeente Laarbeek, Waterschap Aa en Maas en Kragten.

7. BIJLAGEN

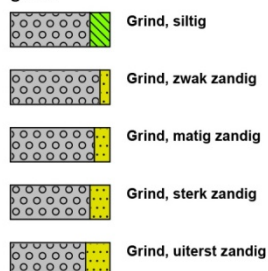
7.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in 't Gulden Land - kop van Aarle-Rixtel. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door het ATKB (Jan Vermeer).

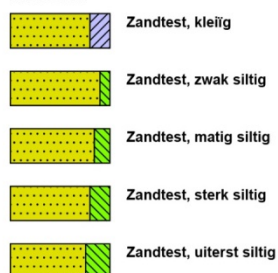
Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind



zandtest



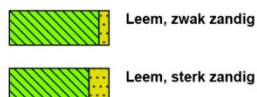
veen



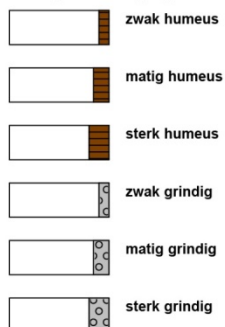
klei



leem



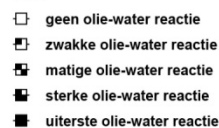
overige toevoegingen



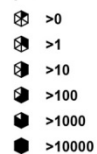
geur



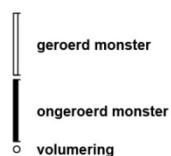
olie



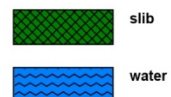
p.i.d.-waarde



monsters

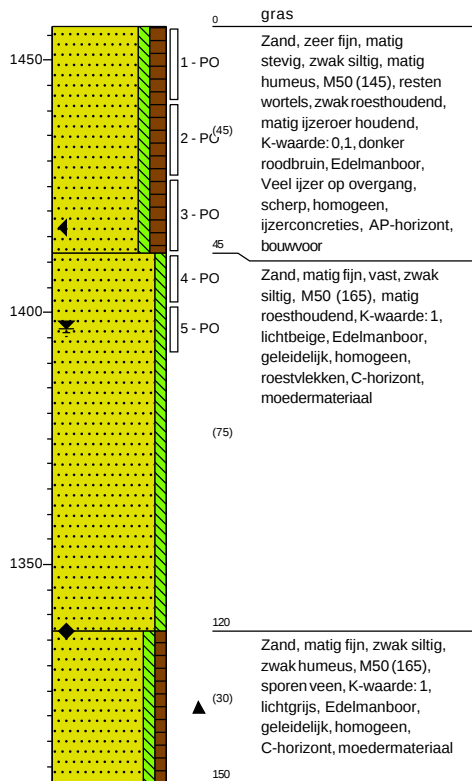


overig



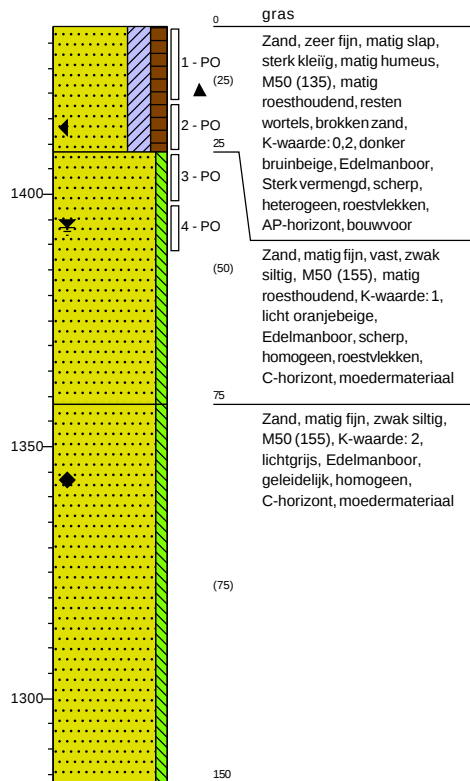
Boring: 1

X: 173559,96
Y: 391764,07
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,568
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 120



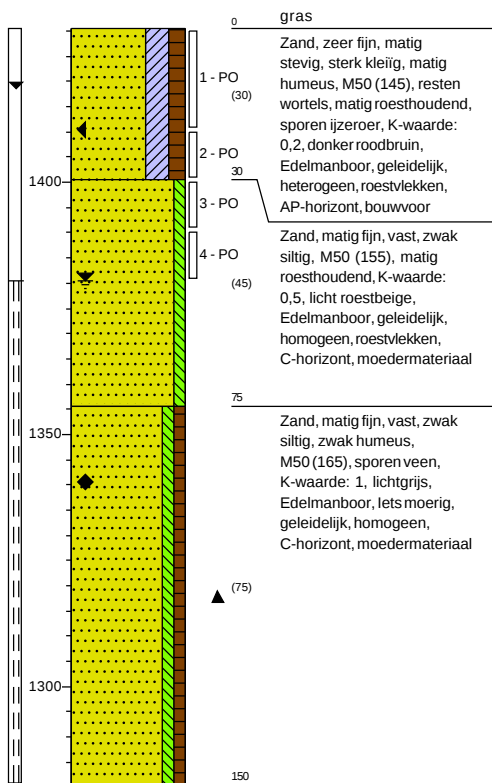
Boring: 2

X: 173616,77
Y: 392017,14
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,333
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 20
GLG: 90



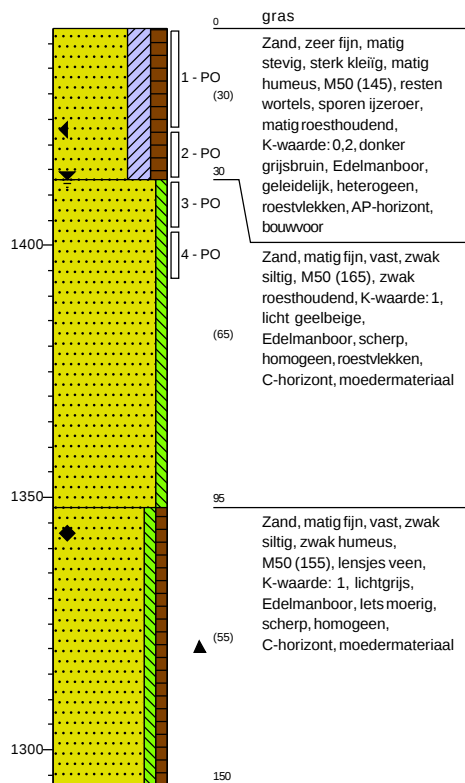
Boring: 3

X: 173592,93
Y: 391901,59
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,306
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 90
Opmerking: GW



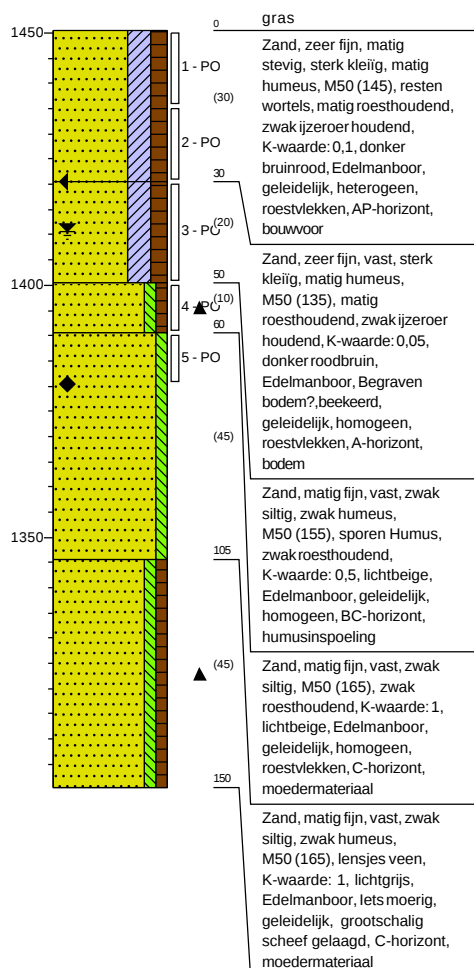
Boring: 4

X: 173657,51
Y: 391919,07
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,43
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 20
GLG: 100



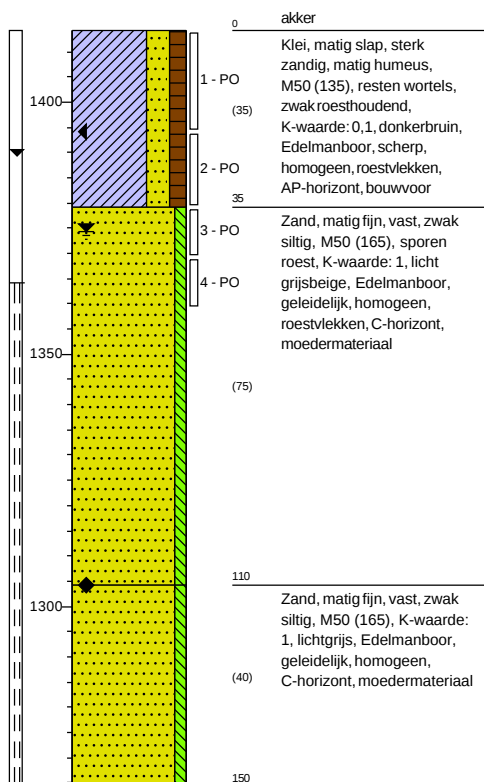
Boring: 5

X: 173715,62
Y: 391854,24
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,506
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 30
GLG: 70



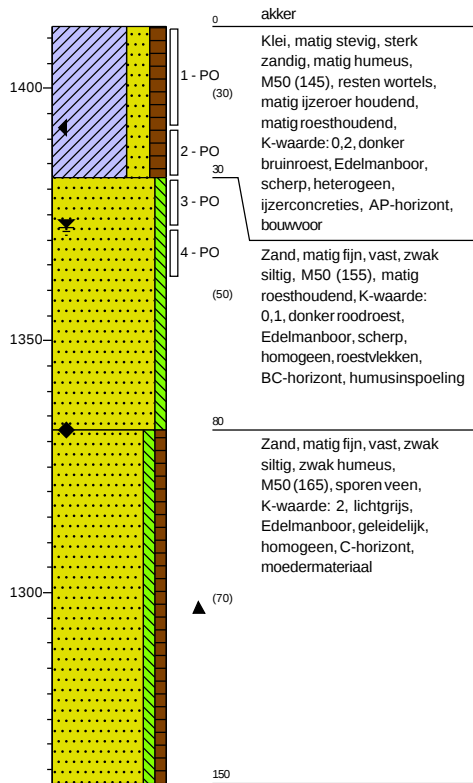
Boring: 6

X: 173412,27
Y: 392063,78
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,142
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 20
GLG: 110
Opmerking: GW



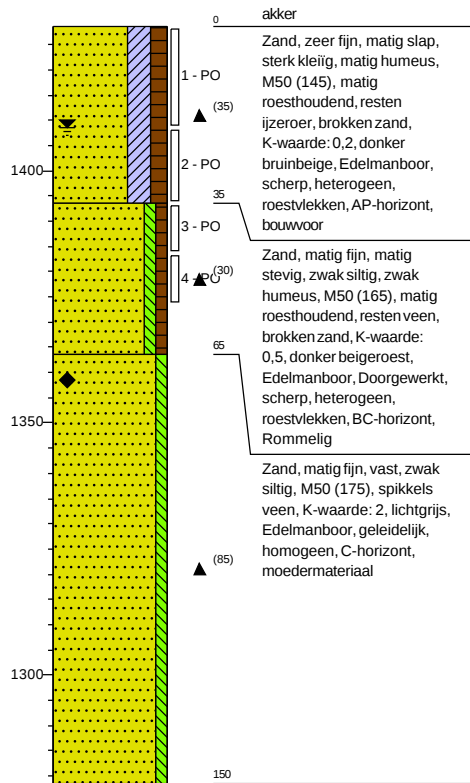
Boring: 7

X: 173410,57
Y: 392183,75
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,124
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 20
GLG: 80



Boring: 8

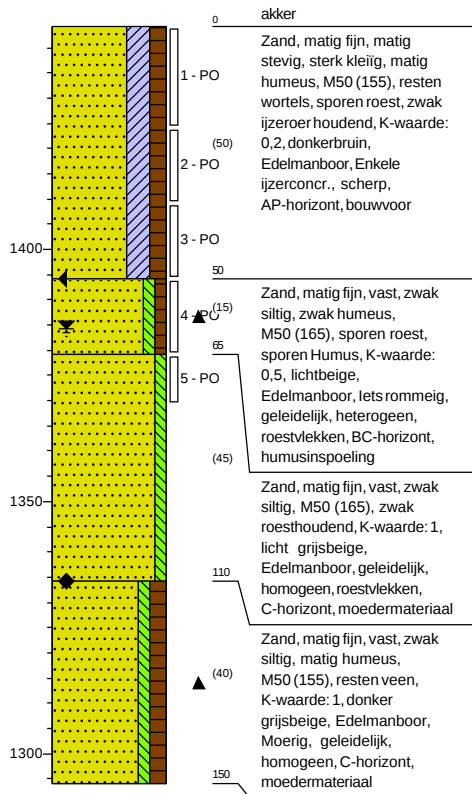
X: 173494,61
Y: 392124,25
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,286
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 20
GHG: 0
GLG: 70



Boring:

9

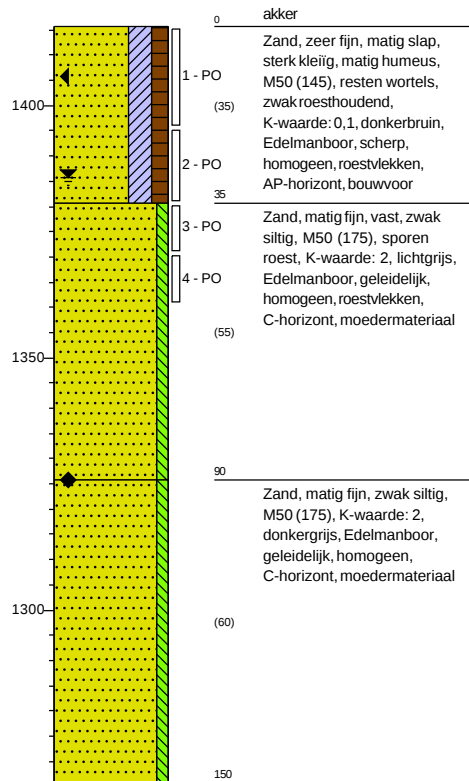
X: 173471,79
Y: 391856,95
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,443
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 50
GLG: 110



Boring:

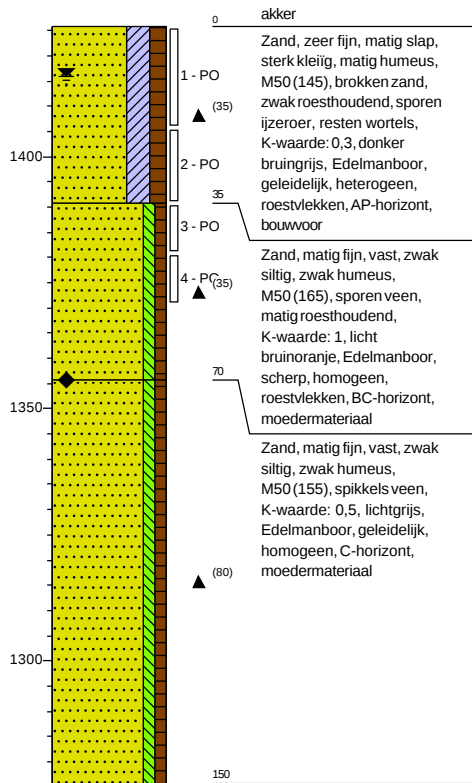
10

X: 173448,51
Y: 391970,53
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,158
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 90



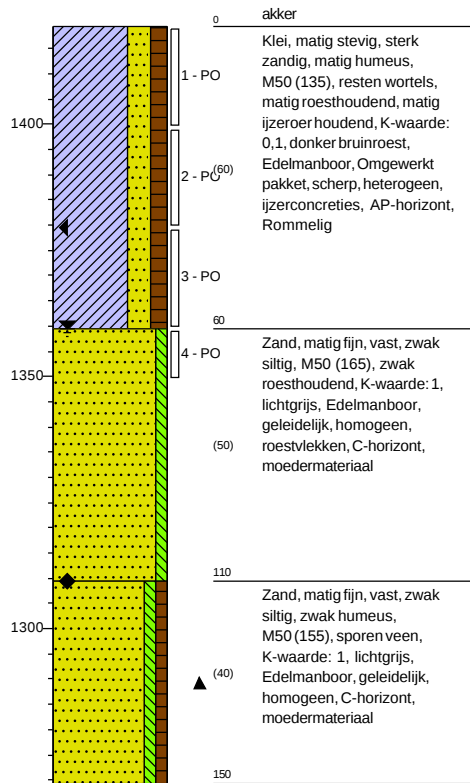
Boring: 11

X: 173545,95
Y: 392048,43
Datum: 10-2-2021
N.A.P.: 14,258
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 10
GHG: 0
GLG: 70



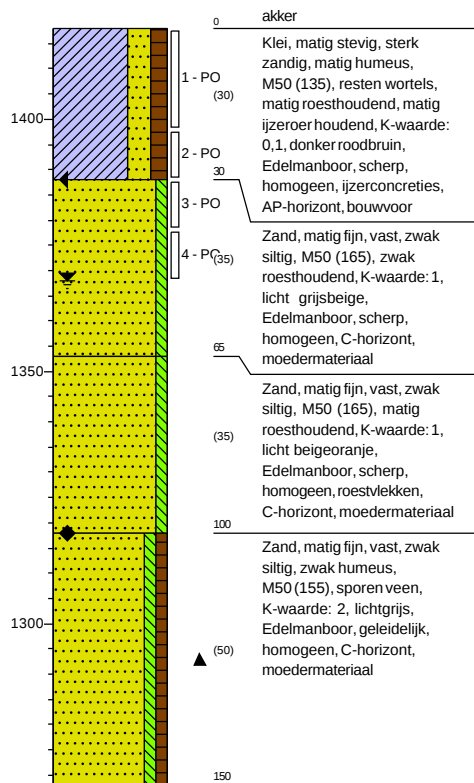
Boring: 12

X: 173343,73
Y: 392177,70
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,194
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 110



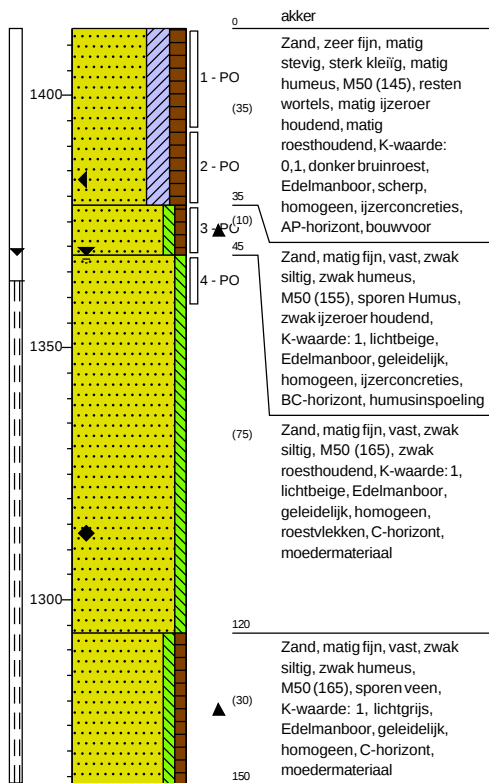
Boring: 13

X: 173291,02
Y: 392136,17
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,181
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 30
GLG: 100



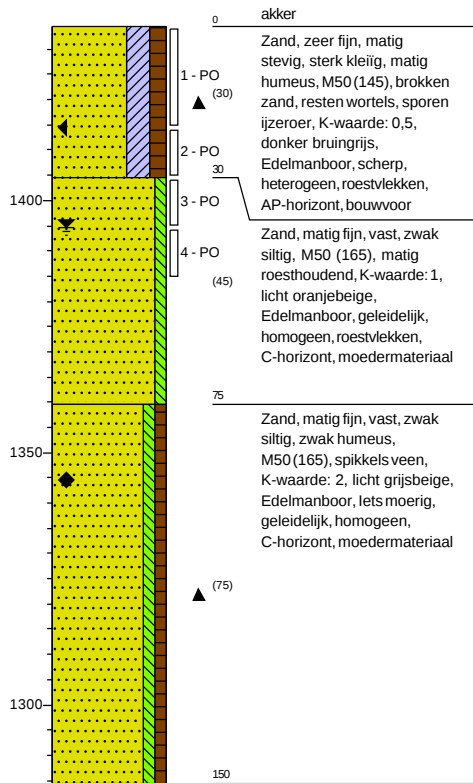
Boring: 14

X: 173276,47
Y: 392254,25
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,133
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 45
GHG: 30
GLG: 100
Opmerking: GW



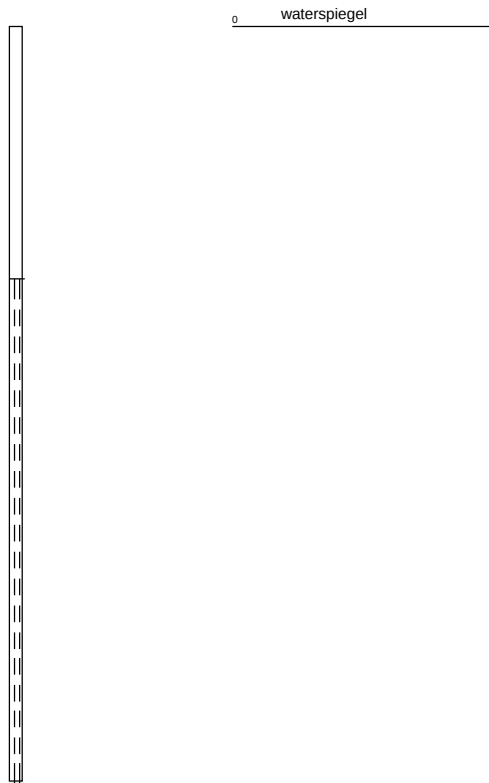
Boring: 15

X: 173528,91
Y: 391955,91
Datum: 10-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 14,345
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 40
GHG: 20
GLG: 90



Boring: OW AA

X: 173550,76
Y: 391629,00
Datum: 11-2-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 13,373
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



B
ware

www.b-ware.eu