



ONTWIKKELING KRUIDENRIJK GRASLAND ECOLINT ELBURG



- notitie -

Opdrachtgever: RPS Advies- en Ingenieursbureau BV • Auteurs: Sasha Koning, Amber Visscher & Mark van Mullekom • Projectnummer: PR-21.131 • Rapportnummer: RP-21.131.22.30 •

Datum: 7 juli 2022

Titel rapport:

Ontwikkeling kruidenrijk grasland Ecolint Elburg, notitie

Auteurs:

Sasha Koning, Amber Visscher & Mark van Mullekom

Rapportnummer: RP-21.131.22.30

Opdrachtgever: RPS Advies- en Ingenieursbureau BV

Informatie:

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

Contactpersoon:

Mark van Mullekom

Tel: 024-2122207

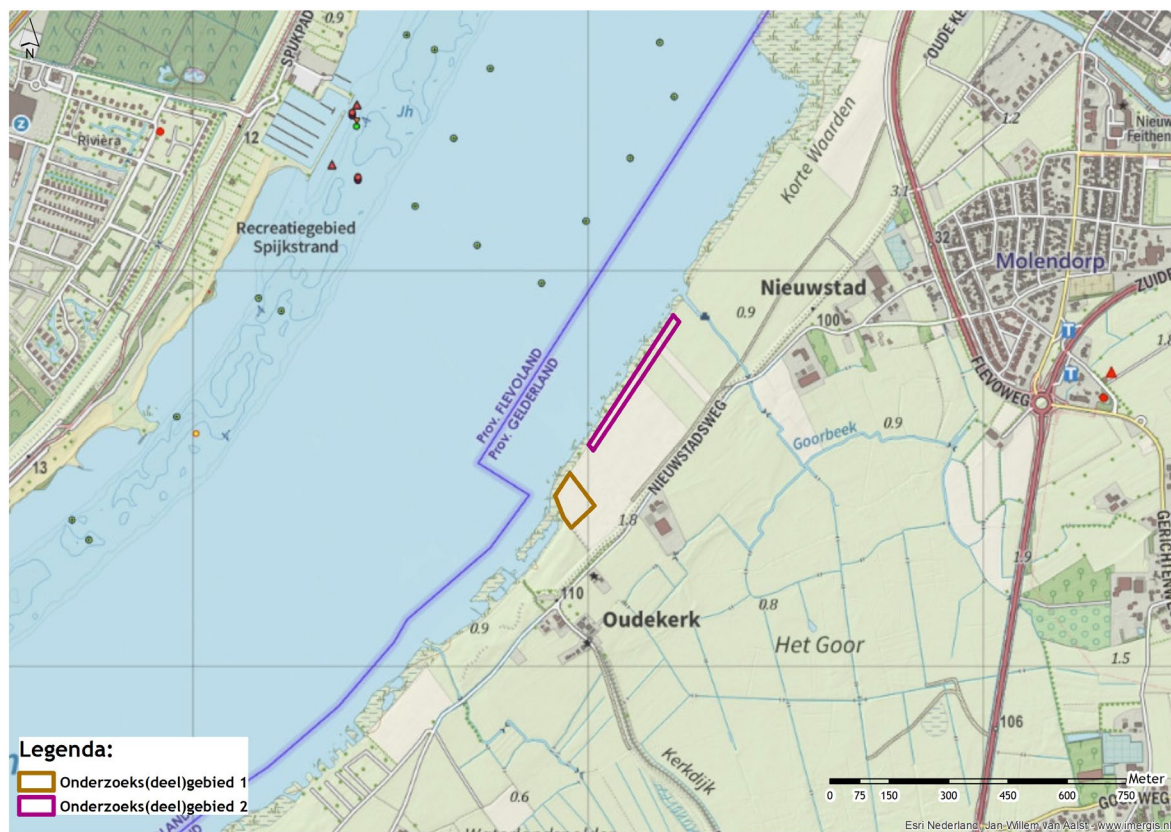
m.vanmullekom@b-ware.eu

www.b-ware.eu

1. AANLEIDING

Onderzoekcentrum B-WARE is door RPS Advies- en Ingenieursbureau BV gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren in het kader van de ontwikkeling van Ecolint Elburg langs de Veluwemeerkust. Hier dient een potentiebepaling van twee GNN compensatiegebieden (oppervlakte 2 x 0,7 ha, zie Figuur 1) plaats te vinden. Van belang zijn de hydrologie, voedselrijkdom van de bodem en de instroom van nutriënten uit de directe omgeving.

Het onderzoek dient de bodemkwaliteit, natuurpotenties en geschikte maatregelen in kaart te brengen in het onderzoeksgebied. Gedacht wordt aan de ontwikkeling van kruiden- en faunairijk grasland (of P-gelimiteerde natuurtypen).



Figuur 1. Overzicht van de ligging van de twee deelgebieden 1 en 2 in het onderzoeksgebied bij Ecolint Elburg.

2. MATERIAAL EN METHODEN

Op 25 februari 2022 werden op 9 locaties in twee deelgebieden boringen gezet en de bodem bemonsterd. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Casper Kuipers van ATKB (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen).

In twee deelgebieden zijn bodemonsters verzameld op 2 dieptes zodat de voedselrijkdom van de toplaag en de potentie na 10 cm plaggen in beeld kan worden gebracht. De globale bemonsteringsstrategie was:

- **Deelgebied 1:** Er is een mengmonster verzameld op locatie 7-9 van bodemlagen 0-10 en 10-30 cm-mv.
- **Deelgebied 2:** Op 3 locaties (1-3) zijn de bodemlagen 0-10 en 10-30 cm-mv bemonsterd. Daarnaast is een mengmonster verzameld op locaties 4-6 van bodemlagen 0-10 en 10-30 cm-mv.

Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en, indien waarneembaar in het profiel, ook de GHG en GLG (Tabel 1). Uit beide deelgebieden is met behulp van een tijdelijk peilbuis op een aantal locaties een monster van het freatische grondwater verzameld voor analyse. Tevens is er een oppervlaktewatermonster uit het Veluwemeer verzameld voor analyse. Voor de ligging van de monsterlocaties zie Figuur 2 en Figuur 3.

Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, hoogte ten opzichte van maaiveld (in m), landgebruik, actuele grondwaterstand (GWS; 25-02-2022), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie en beknopte omschrijving van maaiveld omstandigheden. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 2 en Figuur 3.

LOCATIE	DATUM	X	Y	MVH	MVTYPE	GWS	GHG	GLG	MAAIVELD OMSTANDIGHEDEN
1	25-2-2022	184216	494868	0,356	weiland	50	20	85	Matig lang Engels raaigras.
2*	25-2-2022	184176	494815	0,282	akker	50	20	70	Kale grond
3	25-2-2022	184153	494773	0,371	weiland	55	30	80	Kort gras. Engels raaigras.
4	25-2-2022	184102	494694	0,245	akker	0	0	nw	Kale grond. (Regen)water op maaiveld.
5*	25-2-2022	184074	494652	0,368	akker	30	10	70	Kale grond. Vogelmuur.
6	25-2-2022	184031	494590	0,32	akker	30	20	nw	Kale grond. Vogelmuur. Regenwater op maaiveld.
7	25-2-2022	183965	494456	0,31	akker	20	10	nw	Kale grond. Kiemplant vogelmuur, ridderzuring, gestreepte witbol.
8*	25-2-2022	183964	494409	0,371	akker	60	30	80	Kale grond. Kiemplanten vogelmuur, ridderzuring.
9	25-2-2022	183970	494368	0,541	akker	50	30	nw	Kale grond. Kiemplanten ridderzuring, kleine veldkers, ooievaarsbek spec.

In totaal zijn 10 bodemonsters afgeleverd bij B-WARE en chemisch geanalyseerd (zie bijlage voor een nadere toelichting):

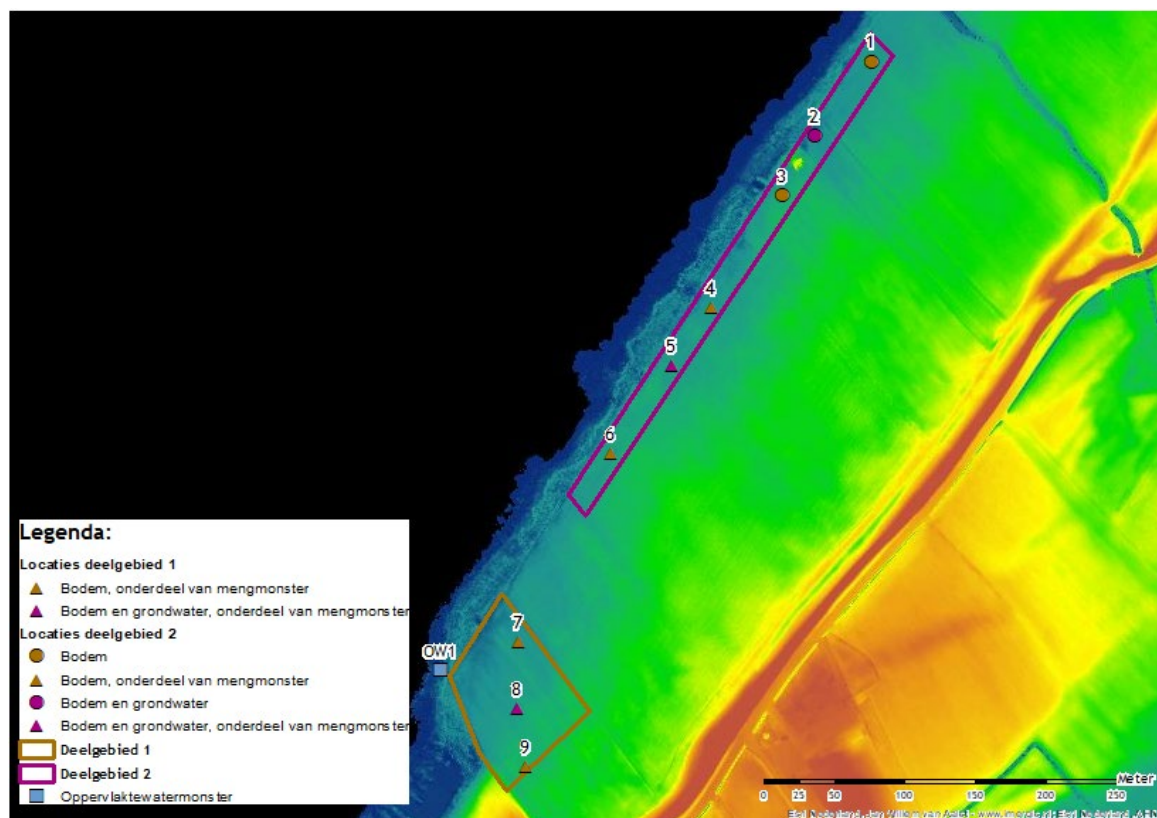
- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare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

Om te kunnen bepalen hoe lang aanvullend verschaald dient te worden door middel van maaien en afvoeren wanneer de nieuwe toplaag na ontgronding nog onvoldoende voedselarm is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschrallingsduur berekend worden. Zie de bijlage 2 voor de berekening van de verschrallingsduur.

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



Figuur 2. Topografische kaart met de ligging van de monsterlocaties in deelgebied 1 (locatie 7-9) en deelgebied 2 (locatie 1-6).



Figuur 3. Hoogtekaart (AHN3) met de ligging van de monsterlocaties in deelgebied 1 (locatie 7-9) en deelgebied 2 (locatie 1-6).

3. ABIOTIEK BEOOGDE NATUURTYPES

3.1 Vochtig heischraalgrasland, blauwgrasland en vochtig hooiland

Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn vooral relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Op calciumarme bodems (tot-Ca <10 mmol/l) ligt de ontwikkeling van natte heide voor de hand. Om de ontwikkeling van nat schraalland (N10.01) en vochtig hooiland (N10.02) mogelijk te maken dient de bodem voldoende gebufferd te zijn. Soortenrijke vochtige heischrale graslanden (N10.01) komen over het algemeen voor bij Ca-z concentraties van 4.000-10.000 $\mu\text{mol/l}$ en Olsen-P concentraties van 150-400 $\mu\text{mol/l}$. Onder zeer natte condities kan een kleine zeggenvegetatie tot ontwikkeling komen. Bij concentraties van circa 10.000-25.000 $\mu\text{mol/l}$ (Ca-t veelal >20 mmol/l) en Olsen-P concentraties van 200-500 $\mu\text{mol/l}$ kan een blauwgrasland worden ontwikkeld onder de juiste hydrologische omstandigheden (GRIP database B-WARE). Op gebufferde, ijzerrijke bodems kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een glanshaverhooiland).



Figuur 4. Foto van een nat schraalland (links) en vochtig hooiland (foto's: Harm Smeenge).

Voor vochtig heischraalgrasland en blauwgrasland wordt een Olsen-P streefconcentratie gehanteerd van (<)300-500 $\mu\text{mol/l}$. Vochtige hooilanden hebben meestal hogere fosfaatconcentraties, voor vochtig hooiland wordt een Olsen-P streefconcentratie gehanteerd van 300-800/900 $\mu\text{mol/l}$. Vooral onder extreem ijzerrijke omstandigheden wordt regelmatig Olsen-P concentraties tot 900 $\mu\text{mol/l}$ (of hoger) aangetroffen in goede ontwikkelde vochtige hooilanden. De P-z concentratie is dan veelal (zeer) laag. De totaal-P concentratie kan sterk variëren afhankelijk van de ijzer- en calciumconcentraties en/of de kleigehoud van de bodem.

Vochtig heischraalgrasland, blauwgrasland en vochtig hooiland vallen onder de soortenrijke vochtige tot natte natuurtypen. Voor vochtig heischraal grasland kan aanrijking van de wortelzone met grondwater via capillaire opstijging ook al voldoende zijn. De ontwikkeling van blauwgrasland en vochtig hooiland is alleen mogelijk als er voldoende grondwaterinvloed in maaiveld is. De periode waarin grondwater in de wortelzone uittreedt bepaalt in combinatie met de mate van buffering met het grondwater en de zuurproductie als gevolg droogval van de toplaag in de zomerperiode en verzurende (stikstof)depositie of bodems voldoende gebufferd blijven of (langzaam) verzuren.

Verruiging onder natte condities

Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling

(Figuur 5). Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems.



Figuur 5. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat. Aanvullend verschrallingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: Jan Vermeer en Maarten Veldhuis.

3.2 Ontwikkeling kruiden- en faunairijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is ($<900\text{--}1200\text{ }\mu\text{mol/l}$; Figuur 14).

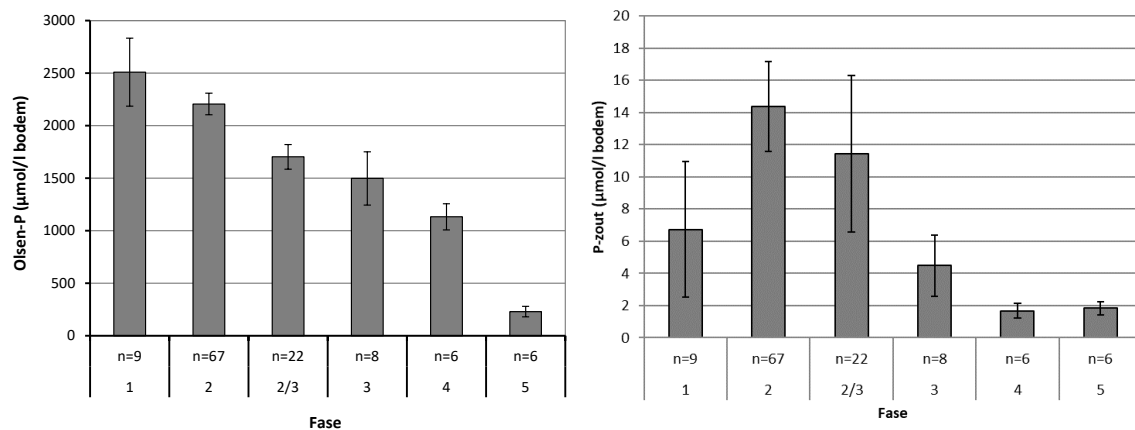


Figuur 6. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunairijk grasland. Foto's: Mark van Mullekom.

Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Op bijvoorbeeld droge, voedselrijkere zandgronden (zoals ook op de hoge, droge kop) kunnen 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).

Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Met name onder droge en ijzer- en calciumrijke condities lijkt de ontwikkeling van een (wat) kruidenrijker grasland kansrijk. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is ($P\text{-}z < 1\text{--}2\text{ }\mu\text{mol/l}$) en/of de nitraatconcentratie laag is ($<100\text{--}200\text{ }\mu\text{mol/l}$). Dit biedt perspectief bij hogere Olsen-P concentraties.

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



Figuur 7. 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).

Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken, wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei tot de bedekking voldoende laag is (bijvoorbeeld <25%). Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.

Wanneer sprake is van vochtige tot natte omstandigheden (wellicht het geval in het onderzoeksgebied) zijn voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden voedselarmere condities gewenst (circa 1200 µmol/l) waarbij droogval van de toplaag in de zomerperiode belangrijk is voor de fosfaatbinding.

3.3 Grondwaterstanden

Voor de ontwikkeling van vochtige natuurtypen, zoals nat schraalland of vochtig hooiland, is niet alleen de buffering van belang maar ook de grondwaterstanden. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed is zijn deze vegetaties mogelijk. 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. Voldoende doorstroming van uittredend grondwater en afvoer van regenwater is essentieel. 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)

4. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Bodemtype

De percelen met de monsterlocaties 2 en 4-9 zijn maisakkers, locatie 1 en 3 weilanden. In Tabel 1 staan per locatie beknopt de maaiveldomstandigheden beschreven. In het onderzoeksgebied bestaat de grondsoort op alle locaties vooral uit sterk siltige en matig/sterk humeuze klei. De bouwvoor (AP-horizont) (minimaal) 25/35 cm dik.



Figuur 8. Impressie van het perceel en boorprofiel (in kolommen van 40 cm per 10 cm) op locatie 1. Foto's: Casper Kuipers.



Figuur 9. Impressie van het perceel en boorprofiel op locatie 2. Foto's: Casper Kuipers.



Figuur 10. Impressie van het perceel en boorprofiel op locatie 3. Foto's: Casper Kuipers.



Figuur 11. Impressie van deelgebied 2 op de locatie 5. Foto's: Casper Kuipers.



Figuur 12. Impressie van deelgebied 1 op de locatie 8. Foto's: Casper Kuipers.

4.2 Grondwaterstanden

Voor de ontwikkeling van vochtige natuurtypen, zoals nat schraalland of vochtig hooiland, is niet alleen de buffering van belang maar ook de grondwaterstanden. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed is zijn deze vegetaties mogelijk. Onder voedselrijke omstandigheden kan vernatting leiden tot fosfaatmobilisatie en verzuuring. Droogval van de toplaag in de zomerperiode is belangrijk voor de fosfaatbinding.

In het onderzoeksgebied Elburg is de gemiddeld laagste (GLG) en gemiddeld hoogste (GHG) grondwaterstand afgeleid uit het bodemprofiel. Dit geeft een globale indicatie van de fluctuatie van de grondwaterstand. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie. De afgeleide GLG in het gebied varieert van 70 tot 85 cm-mv en de GHG van 0 tot 30 cm-mv. Hiermee lijkt het gebied voornamelijk vochtig tot nat te zijn. Door de kleibodem kan het voorkomen dat regenwater regelmatig op maaiveld blijft staan. Met name locatie 9 ligt wat hoger (en droger).

Daarnaast ligt het onderzoeksgebied langs de Veluwemeerkust en kan eventuele inundatie gevolgen hebben voor de beoogde natuurontwikkeling op de percelen. Indien het oppervlaktewater niet verrijkt is met fosfaat of nitraat en goed gebufferd is, kunnen tijdelijke inundaties in de winterperiode een positief effect hebben. Echter, wanneer het oppervlaktewater verrijkt is met fosfaat en nitraat kan er verzuuring van de vegetatie optreden, zeker wanneer inundatie met de afzetting van slib gepaard gaat.

4.3 Waterkwaliteit

Voor het hydrochemisch onderzoek zijn 3 grondwatermonsters en 1 oppervlaktewatermonster verzameld en geanalyseerd (zie Figuur 2). De resultaten worden weergegeven in Tabel 3. Het betreft slechts een eenmalige meting om een indicatie te krijgen van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Een uitgebreide (eco)hydrologische analyse maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

Tabel 3. Kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in het onderzoeksgebied. De concentraties zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$. Turb = turbiditeit in Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

Code	Type	pH	Alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	Fe/P	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
veluwe meer	OW	7,7	2,6	425	119	2330	9	1377	14	324	3	4,3	515	67,1	9,8	0,5	1107	131	1187
2	PB	6,8	-	786	2916	7996	35	3034	269	807	33	8,1	132	0,2	9,0	0,3	1034	184	756
5	PB	7,2	-	400	522	3846	45	1628	60	442	9	6,5	101	275,1	28,8	0,3	476	141	308
8	PB	6,8	-	1151	3857	10503	16	4597	233	1142	35	6,6	455	0,4	87,2	0,3	754	154	1459

Het freatisch grondwater is bemonsterd op de boorlocaties 2, 5 (beiden in deelgebied 2) en 8 (deelgebied 1). Het bemonsterde grondwater in deelgebied 2 is gebufferd (3846-7996 $\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$, Tabel 3). Het grondwater in deelgebied 1 is sterk gebufferd (10503 $\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$). Daarnaast is het grondwater op alle locaties sterk ijzerhoudend tot ijzerrijk (60-269 $\mu\text{mol/l}$). De fosforconcentraties in het grondwater zijn slechts licht verhoogd (6,5-8,1 $\mu\text{mol/l P}$), maar de Fe/P is $>>1$ en dat is positief. De nitraatconcentratie in het grondwater is laag op locaties 2 en 8 (0,2-0,4 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$), maar hoog op locatie 5 (275,1 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$). Op de plek waar nitraatuitspoeling plaatsvindt is de concentratie opgelost ijzer het laagst. Nitraatuitspoeling leidt tot de oxidatie van ijzer waardoor de concentratie opgelost ijzer in grondwater afneemt. Daarnaast is de ammoniumconcentratie in het grondwater op de locaties laag (9,0-87,2 $\mu\text{mol/l NH}_4^+$). Het grondwater is alleen op locatie 8 (matig) verrijkt met sulfaat (455 $\mu\text{mol/l}$).

Het oppervlaktewater is gebufferd (2330 $\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$, Tabel 3). De (ortho-)fosfaatconcentratie in het water is relatief laag (0,5 $\mu\text{mol/l PO}_4^{3-}$). Het oppervlaktewater is beperkt verrijkt met nitraat en de ammoniumconcentratie is relatief laag (67,1 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$ en 9,8 $\mu\text{mol/l NH}_4^+$). De sulfaatconcentratie is verhoogd (515 $\mu\text{mol/l}$).

De mate van buffering van het grondwater past bij de ontwikkeling van vochtig hooiland of nat schraalland. De bodemchemische condities zullen bepalen welk natuurbeheertype het meest reëel is. Zowel het grondwater als het oppervlaktewater is slechts (zeer) beperkt verrijkt met fosfaat, dit is gunstig. Wanneer er een natuurlijk peilbeheer wordt gevoerd met natte condities (grondwaterinvloed) in de periode oktober t/m maart/april (met voldoende doorstroming) en droogval van de toplaag in de zomerperiode kan het ijzerrijke grondwater leiden tot extra fosfaatbinding. Bij eventuele inundaties met oppervlaktewater vormt met name de afzetting van P-rijk slib een risico. Bij inundaties in de winterperiode is het risico op P-mobilisatie uit de bodem lager in vergelijking met de zomerperiode.

4.4 Algemene streefconcentraties

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid 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 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):

- Nat schraalland: (<)300-500 µmol/l bodem;
- Vochtig hooiland: Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem;
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (mits P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l).

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem 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 in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

4.5 Kansen voor natuurontwikkeling

In deze paragraaf worden op basis van bodemtype, bodemchemie en grondwaterstanden de kansen voor natuurontwikkeling voor de twee deelgebieden besproken. De bodemchemische condities en natuurpotenties zijn in beide deelgebieden vergelijkbaar. Plaggen heeft geen directe meerwaarde aangezien dit niet of nauwelijks tot de gewenste verlaging van de voedselrijkdom leidt.

Deelgebied 2 (locaties 1-6; GLG = 70-85 cm-mv; GHG = 10-30 cm-mv)

Tabel 4. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied 2 in Elburg. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand, OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l). M8/M12= berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 800/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). U8/U12=berekende duur uitmijnbeheer (4x zo snel dan met alleen maaien en afvoeren). Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	11-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschralling II

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M8	M12	U8	U12
1	0-10	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	24	1,2	3208	27,6	364	138	227	49	124	10	5	26017	4317	7733	7,0	100	15,6	288	13	65	54	16	13
	10-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	20	1,2	3652	29,2	317	193	231	40	140	9	3	26720	2990	5593	7,2	100	25,9	376	6	143	123	36	31
2	0-10	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	21	1,4	3753	28,2	350	140	271	46	157	8	6	29816	4994	6419	7,3	100	15,9	202	6	69	60	17	15
	10-30	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	20	1,4	3770	27,8	406	154	281	51	167	8	6	29834	3904	6109	7,3	100	15,4	244	7	137	119	34	30
3	0-10	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	9	30	1,0	3149	19,9	214	83	120	30	74	13	10	22500	5696	10629	6,9	100	33,2	922	23	46	39	12	10
	10-25	Klei, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	23	1,1	2198	20,6	252	96	178	30	97	11	7	21019	2170	8417	7,2	100	17,0	876	12	61	44	15	11
MM 2-1 (4-6)	0-10	Klei, uiterst siltig, sterk humeus, bv	AP	5	27	1,2	3192	26,1	337	179	259	38	154	11	9	29549	2533	7946	7,5	100	16,1	220	11	61	51	15	13
	10-30/35	Klei, sterk siltig, sterk humeus, bv	AP	6	28	1,2	2616	22,0	381	180	261	43	163	11	2	30259	3122	8250	7,5	100	14,6	322	9	95	74	24	19

Op de locaties in deelgebied 2 zijn de Olsen-P concentraties in de toplaag veel te hoog voor de ontwikkeling van fosfaatarme tot matig voedselrijke (Olsen-P 500-1200 µmol/l) natuurbeheertypen (3192-3753 µmol/l). De totaal-P en Olsen-P concentraties nemen ook nauwelijks af in de diepte. Het afgraven van 10 cm heeft hierdoor geen meerwaarde (2198-3770 µmol/l). De P-z concentratie

.....

in de toplaag is hoog (15,4-33,2 $\mu\text{mol/l}$), wat duidt op P-verrijking door landbouwkundig gebruik. Ook de nitraatconcentraties zijn hoog (220-922 $\mu\text{mol/l}$). Voor een optimaal kruiden- en faunairijk grasland onder vochtige condities wordt een Olsen-P streefconcentratie van 1200(-1500) $\mu\text{mol/l}$ gehanteerd. Daar is de berekende verschrallingsduur op gebaseerd. De verschrallingsduren (M8 en M12) zijn weergegeven in Figuur 14 en Figuur 15 en zijn hoog (108-172 jaar) en mogelijk een overschatting als gevolg van de hoge totaal-P voorraad in de bodem. Diepere bodemanalyses kunnen een beeld geven van de totaal-P achtergrondconcentratie van de klei. Geadviseerd wordt om op de locaties te richten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunairijk grasland op de huidige toplaag. Hier zijn verschillende opties voor en komen we op terug.

Omdat sprake is van vochtige tot natte omstandigheden is het belangrijk om de P-beschikbaarheid te beperken (onder droge condities kan N-limitatie nog een rol spelen maar dat lijkt hier niet het geval). Op de graslanden van locatie 1 en 3 dient het beheer gericht te zijn op intensief maaien en afvoeren (minimaal 2 keer per jaar) zonder aanvullende bemesting. Ondanks dat de verschrallingsduur voor een optimaal kruiden- en faunairijk grasland fors is, is kruidenrijk grasland een breed begrip. Indien wordt verschralld zullen de labiele nutriëntenconcentraties (P-z en NO_3^-) afnemen. De soortenrijkdom neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is ($\text{P-z} < 1\text{-}2 \mu\text{mol/l}$) en ook de nitraatconcentratie laag is ($< 100\text{-}200 \mu\text{mol/l}$). Dit kan al tot een wat kruidenrijkere ontwikkeling leiden. Het is niet te kwantificeren hoelang dit duurt.



Figuur 13. Foto's van matig tot goed ontwikkeld kruidenrijk grasland in de Oosterzijpolder bij Alkmaar op een kleiige bodem met een Olsen-P concentratie van circa 2000-2500 $\mu\text{mol/l}$ (links; $\text{P-z} < 3\text{-}5 \mu\text{mol/l}$) 1100-1500 $\mu\text{mol/l}$ (rechts).

Wanneer de huidige graszode zode soortenarm blijft kan een maatregel als chopperen in combinatie met het inzaaien van een passend graskruidenmengsel, gevolgd door een beheer van maaien en afvoeren, kansen bieden voor een soortenrijkere ontwikkeling. Doorzaaien met een soortenrijk (inheems) kruidenmengsel is eveneens een optie. Omdat sprake is van voedselrijke condities is het belangrijk dat de toplaag van de bodem droogvalt in de zomerperiode (dan is het peil in het Veluwemeer 35 cm hoger) en inundaties worden voorkomen. Dit stimuleert de P-binding en voorkomen fosfaatmobilisatie.

Op de akker van locaties 2 en 4-6 kan enkele jaren een verschrallingsbeheer (gewasteelt) worden voortgezet zonder aanvullende bemesting. Hierbij wordt adviseert om enkele jaren mais te telen zonder bemesting. Op het moment dat de productiviteit afneemt, kan maaisel uit een kruidenrijk grasland of een inheems kruidenmengsel worden ingezaaid. Op de site van biodivers zijn zaadmengsels te vinden die geschikt zijn voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland (<https://biodivers.nl/kruidenrijk-grasland/>). Graskruidenmengsels gaan floreren op percelen met

een opbrengst van minder dan 6 tot 7 ton/ds/ha/jaar. Het is niet bekend wat de huidige opbrengst van de percelen is.

Als een grasland met wat algemenere kruiden volstaat, is het ook een optie om meteen een kruidenrijker mengsel in te zaaien. Bij voorkeur wel een mengsel dat tegen een wat hogere voedselrijkdom en productiviteit kan. Dit is een risico. Droogval van de toplaag blijft van belang. Vraat door ganzen vormt overigens een belangrijk risico bij opnieuw in te zaaien percelen.

Voor meer praktische/toegepaste adviezen met betrekking tot het optimaliseren van bestaande graslanden (chopperen + herintroductie of doorzaaien) en het inzaaien van de huidige akkers (eventueel voorafgegaan door enkele jaren maisteelt ter verschraling) zou men Bart Timmermans van het Louis Bolk instituut kunnen inschakelen.

Ook zou nog kunnen worden gekozen voor een uitmijnbeheer met productief gras of een grasklaver-mengsel (inzaaien). Uitmijnen is het versneld afvoeren van fosfaat in de bovenste 20 tot 30 cm van de bodem door de productie van een grasland (tijdelijk, gedurende een aantal jaar) te verhogen en hoog te houden. Op deze manier kan er jaarlijks zo'n 40 kg P per ha worden afgevoerd: vier keer zoveel dan met alleen maaien en afvoeren (Tabel 4).

Het beheer van uitmijnen (met grasland of grasklaver) in de praktijk bestaat voornamelijk uit maaien: percelen 4 tot 5 keer per groeiseizoen maaien om maximaal fosfaat af te voeren. Het ideale maaitijdstip is als er ook genoeg gras/grasklaver staat, als het goed weer is en de percelen te berijden zijn. Bij uitmijnen is het kort de winter in gaan erg belangrijk voor het behoud van de kwaliteit van de zode (en bv. van de klaver). Daarom kan in sommige gevallen (bv. indien de omstandigheden in het najaar te nat zijn) ervoor gekozen worden de laatste snede te laten weiden. Uitmijnen kan op twee manieren: door inzaai van een grasklaver in combinatie met kalibemesting of door een productief grasland met kali- en stikstofbemesting. In sommige gevallen kan dit met de bestaande zode als er een behoorlijk aandeel productieve soorten nog in de zode aanwezig is. Akkers zullen opnieuw moeten worden ingezaaid. Let op: de bestaande zode moet dan echt vol staan met productieve soorten, anders zal de gewenste fosfaatafvoer lager zijn en wordt de uitmijntermijn langer. In dat geval is herinzaai te verkiezen. Productieve soorten zijn Engels of Italiaans raaigras, Timo-thee gras, Beemdlangbloem, Rietzwenk, Veldbeemd, Kropaar of Ruw beemdgras. Percelen met bijna alleen Pitrus of Gestreepte witbol zullen, ook na bemesting, nooit de gewenste opbrengst en fosfaatafvoer opleveren.

Voor praktische uitmijnadviezen zou men Bart Timmermans van het Louis Bolk instituut kunnen inschakelen.

Deelgebied 1 (locaties 7-9; GLG = 80 cm-mv; GHG = 10-30 cm-mv)

Tabel 5. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in deelgebied 1 in Elburg. Voor de gebruikte afkortingen, eenheden en kleurarceringen zie Tabel 4.

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	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M8	M12	U8	U12
MM 1-1 (7-9)	0-10	Klei, sterk siltig, sterk humeus, bv	AP	6	29	1,2	2667	24,4	364	130	265	38	142	11	151	30055	1727	8438	7,3	99	20,6	240	11	53	42	13	10
MM 1-2 (7-9)	10-25/30	Klei, sterk siltig, sterk humeus, bv	AP	6	30	1,1	2195	21,7	319	137	227	32	121	11	10	29116	1053	7647	7,4	100	9,8	284	9	86	61	22	15

Op locaties in deelgebied 1 zijn de Olsen-P concentraties in de toplaag te hoog voor de ontwikkeling van fosfaatarme natuur (2195 µmol/l; 24,4 mmol/l). De concentraties nemen ook nauwelijks af in de diepte waardoor 10 cm plaggen onvoldoende meerwaarde heeft (2195 µmol/l; 21,7 mmol/l). De P-z concentratie in de toplaag is hoog (20,6 µmol/l), wat duidt op P-verrijking door landbouwkundig gebruik. Ook de nitraatconcentratie is hoog (240 µmol/l). De verschrallingsduren (M8 en M12) zijn weergegeven in Figuur 14 en Figuur 15 en zijn fors (118 en 88 jaar).

Op de akker kan enkele jaren een verschrallingsbeheer (gewasteelt) worden voortgezet zonder aanvullende bemesting. Op het moment dat de productiviteit afneemt kan maaisel uit een kruidenrijk grasland of een inheems kruidenmengsel worden ingezaaid. Ook zou nog kunnen worden gekozen voor een actief, gericht uitmijnbeheer met een grasklavermengsel (met N-bemesting) of productieve graszode (met K- en N-bemesting). Op deze manier kan er jaarlijks zo'n 40 kg P per ha worden afgevoerd: vier keer zoveel dan met alleen maaien en afvoeren (Tabel 4). Het is ook een optie om meteen een kruidenrijker mengsel in te zaaien dat tegen een hogere voedselrijkdom en productiviteit kan. Dit is een risico. Droogval van de toplaag blijft van belang. Vraat door ganzen vormt overigens een belangrijk risico bij opnieuw in te zaaien percelen.

Voor praktische uitmijnadviezen zou men Bart Timmermans van het Louis Bolk Instituut kunnen inschakelen.



Figuur 14. Overzicht van de verschrallingsduur (M8) van de toplaag (0-25 cm-mv) in jaren via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr) tot een Olsen-P concentratie van 800 $\mu\text{mol/l}$.



Figuur 15. Overzicht van de verschravingsduur (M12) van de toplaag (0-25 cm-mv) in jaren via maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr) tot een Olsen-P concentratie van 1200 $\mu\text{mol/l}$.

5. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

In beide deelgebieden in Elburg zijn de Olsen-P, P-z en nitraat concentraties in de toplaag (veel) te hoog voor de ontwikkeling van fosfaatarme tot matig voedselrijke natuurbeheertypen. De verschrallingsduren zijn fors, ook al zijn deze mogelijk overschat door de hoge totaal-P voorraad in de kleibodem (diepere analyses kunnen inzicht verschaffen in de totaal-P achtergrondconcentratie). Uit de metingen blijkt dat het plaggen van 10 cm geen meerwaarde heeft omdat de fosfaatconcentratie niet/nauwelijks afnemen. Er zouden alleen maar vochtigere omstandigheden ontstaan waarbij het risico op verruiging groot is in combinatie met de voedselrijkdom. Desondanks zijn er mogelijkheden om een soortenrijkere ontwikkeling te stimuleren. Geadviseerd wordt om in te zetten op het ontwikkelen van een kruiden- en faunarijk grasland op de toplaag.

Qua bodemchemie zijn de gebieden vergelijkbaar. Deelgebied 1 (locatie 7-9) ligt iets hoger en droger (met name locatie 9) en deze zone lijkt hiermee wat kansrijker. De adviezen zijn als volgt voor de huidige graslanden en akkers.

Wanneer bestaande graslanden (locatie 1 en 3) na maaien en afvoeren (minimaal 2x per jaar zonder aanvullende bemesting) soortenarm blijven kan een maatregel als chopperen in combinatie met het inzaaien van een passend graskruidenmengsel, gevolgd door een beheer van maaien en afvoeren, kansen bieden voor een soortenrijkere ontwikkeling. Doorzaaien met een soortenrijk (inheems) kruidenmengsel is eveneens een optie. Omdat sprake is van voedselrijke condities is het belangrijk dat de toplaag van de bodem droogvalt in de zomerperiode (dan is het peil in het Veluwemeer 35 cm hoger) en inundaties worden voorkomen. Dit stimuleert de P-binding en voorkomen fosfaatmobilisatie.

Op de akkers (locatie 2, 4-6 en 7-9) kan enkele jaren een verschrallingsbeheer (gewasteelt) worden voortgezet zonder aanvullende bemesting. Hierbij wordt adviseert om enkele jaren mais te telen zonder bemesting. Op het moment dat de productiviteit afneemt, kan maaisel uit een kruidenrijk grasland of een inheems kruidenmengsel worden ingezaaid. Op de site van biodivers zijn zaadmengsels te vinden die geschikt zijn voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland (<https://biodivers.nl/kruidenrijk-grasland/>). Graskruidenmengsels gaan floreren op percelen met een opbrengst van minder dan 6 tot 7 ton/ds/ha/jaar. Het is niet bekend wat de huidige opbrengst van de percelen is. Als een grasland met wat algemenere kruiden volstaat, is het ook een optie om meteen een kruidenrijker mengsel in te zaaien. Bij voorkeur wel een mengsel dat tegen een wat hogere voedselrijkdom en productiviteit kan. Dit is een risico. Droogval van de toplaag blijft van belang. Vraat door ganzen vormt overigens een belangrijk risico bij opnieuw in te zaaien percelen.

Voor praktische adviezen (keuze zaadmengsel en praktische invulling van de toepassing en het beheer) zou men Bart Timmermans van het Louis Bolk instituut kunnen inschakelen.

LITERATUUR

- Becker, P. de (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- 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.
- 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*.

6. BIJLAGE 1: ANALYSES

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60 °C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) 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 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonstersaars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Destructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie

Met een zoutextractie kunnen de de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l⁻¹ NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Oppervlakte- en grondwater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO₂ en HCO₃) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 mol l⁻¹ zoutzuur tot pH 4,2. De

.....

toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De extinctie (450 nm) van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Biotek plaatreader. De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP-OES 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) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

7. BIJLAGE 2: BEREKENING VERSCHRALINGSDUUR

Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem, voornamelijk de bouwvoor, in het onderzoeksgebied (lokaal beperkt) verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschrallingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschralling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschralling via maaien en afvoeren of uitmijnen bij graslanden/hooilanden binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschrallingsduur berekend worden.

De verschrallingsduur 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 μmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ($((0,5/10) \times 100)$). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ($((0,5/5) \times 100)$). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschrallingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschrallingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschralling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschrallingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l (diepere bodemanalyses zouden meer inzicht kunnen verschaffen in de totaal-P achtergrondconcentratie van de kleibodems waarmee de totaal-p ondergrens zou kunnen worden aangepast). Voor uitmijnen (vooral geschikt op droge locaties) 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 Figuur 14 en Figuur 15 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 als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 20-25 cm bij elkaar worden opgeteld.

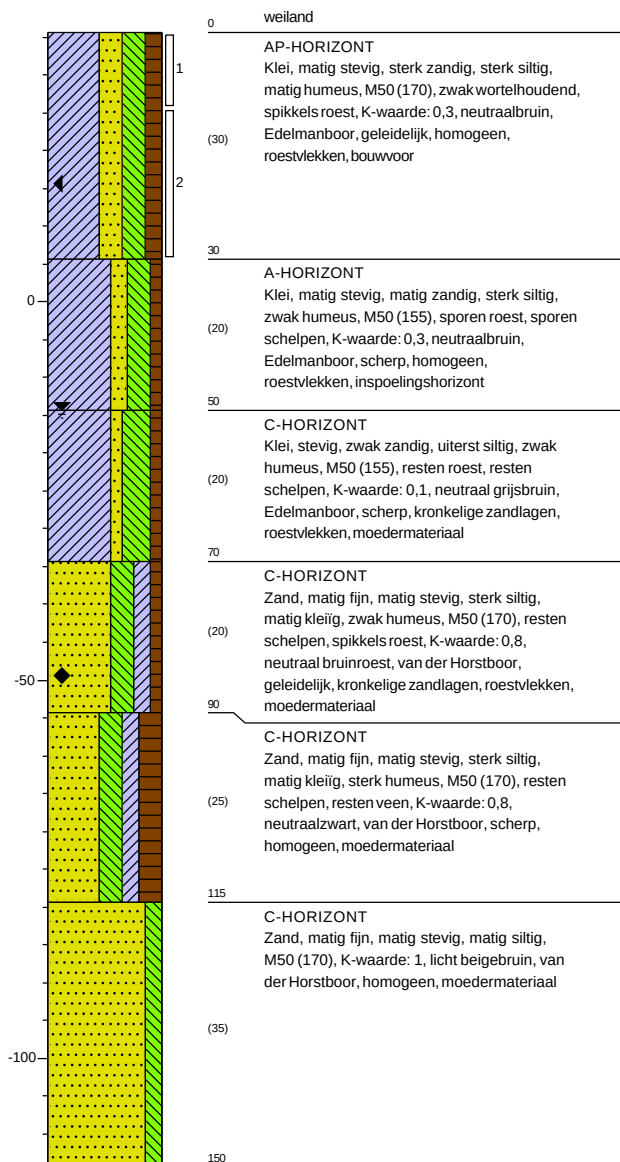
Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.

.....
BIJLAGE 3: BOORPROFIELEN ELBURG

Boring:

1

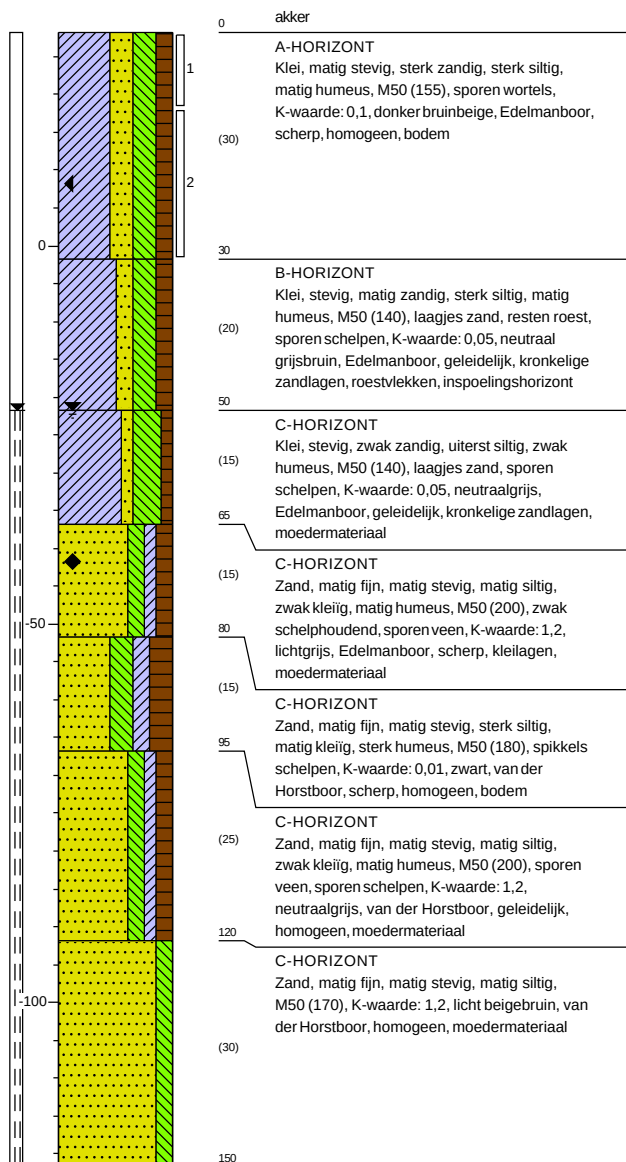
X: 184215,66
Y: 494867,79
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,356
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 85



Boring:

2

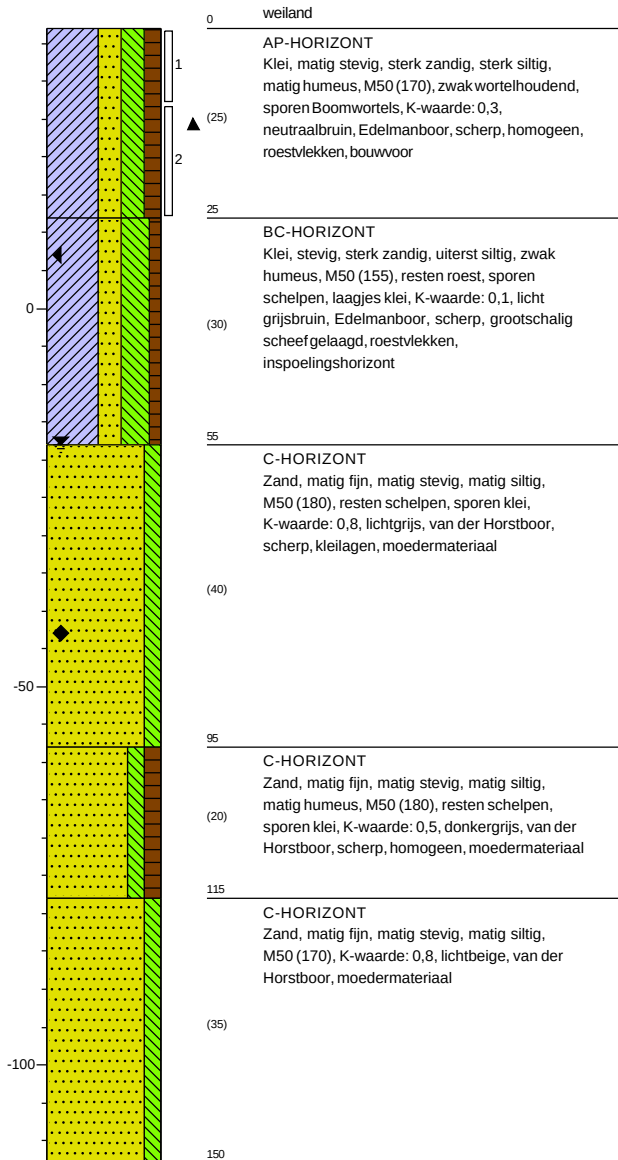
X: 184175,51
Y: 494814,59
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,282
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 70



Boring:

3

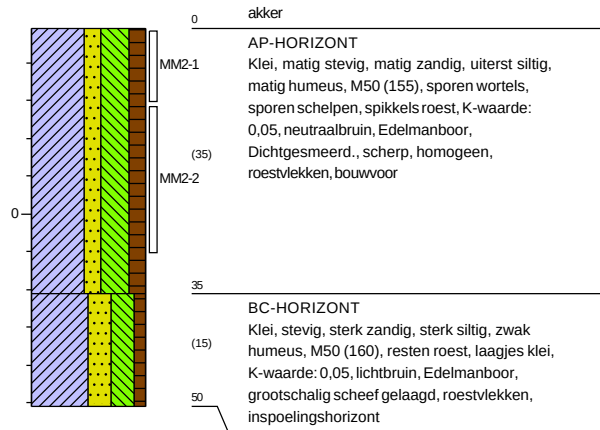
X: 184152,60
Y: 494772,62
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,371
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 80



Boring:

4

X: 184101,97
Y: 494693,74
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,245
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 0
GHG: 0

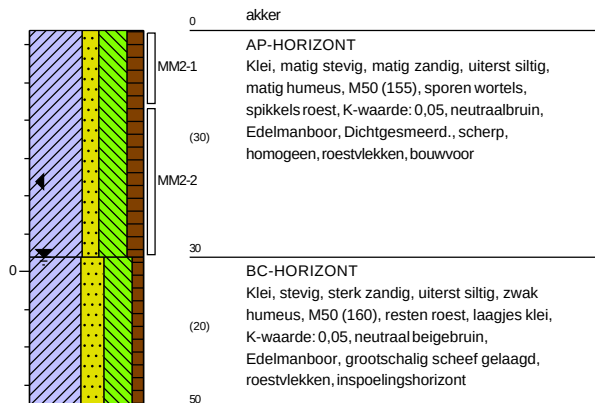
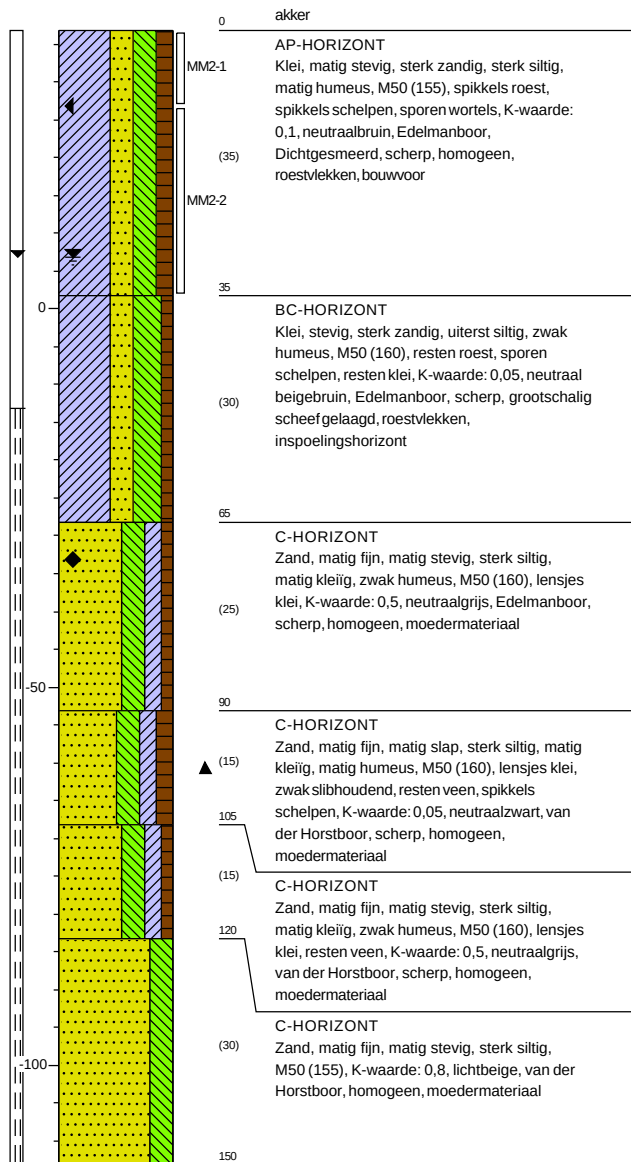


Boring: 5

X: 184073,84
Y: 494652,14
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,368
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 70

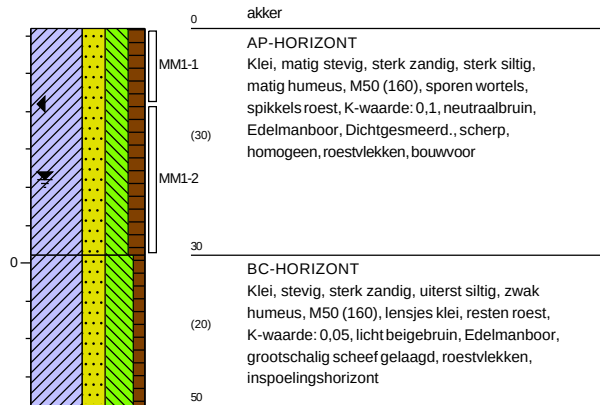
Boring: 6

X: 184031,00
Y: 494590,01
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,32
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 20



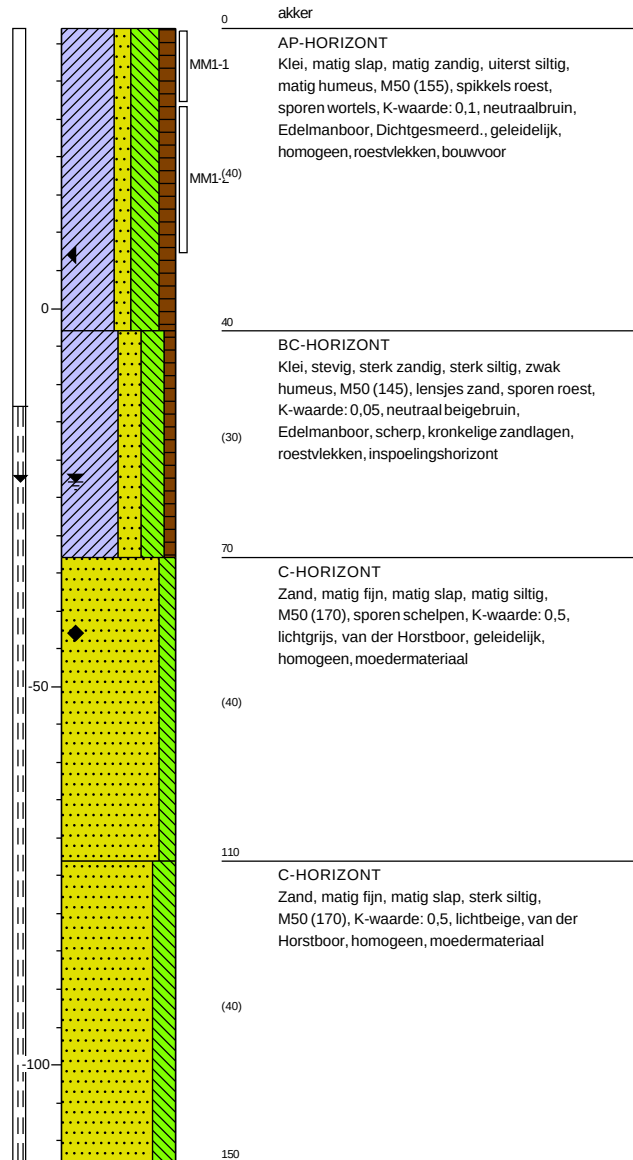
Boring: 7

X: 183965,37
Y: 494456,44
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,31
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 20
GHG: 10



Boring: 8

X: 183964,14
Y: 494408,81
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,371
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 80



Boring:

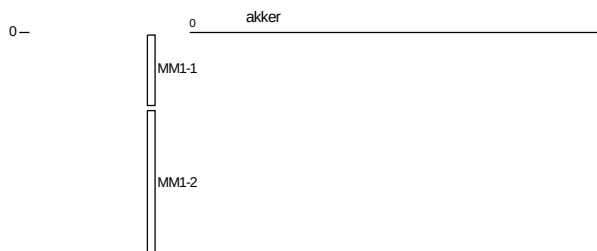
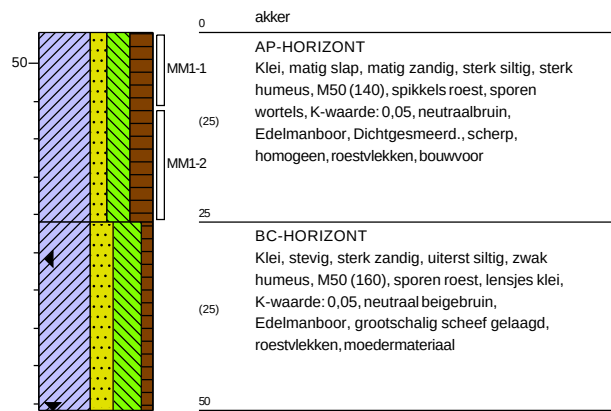
9

X: 183970,25
Y: 494368,04
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: 0,541
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 30

Boring:

MM1

Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers



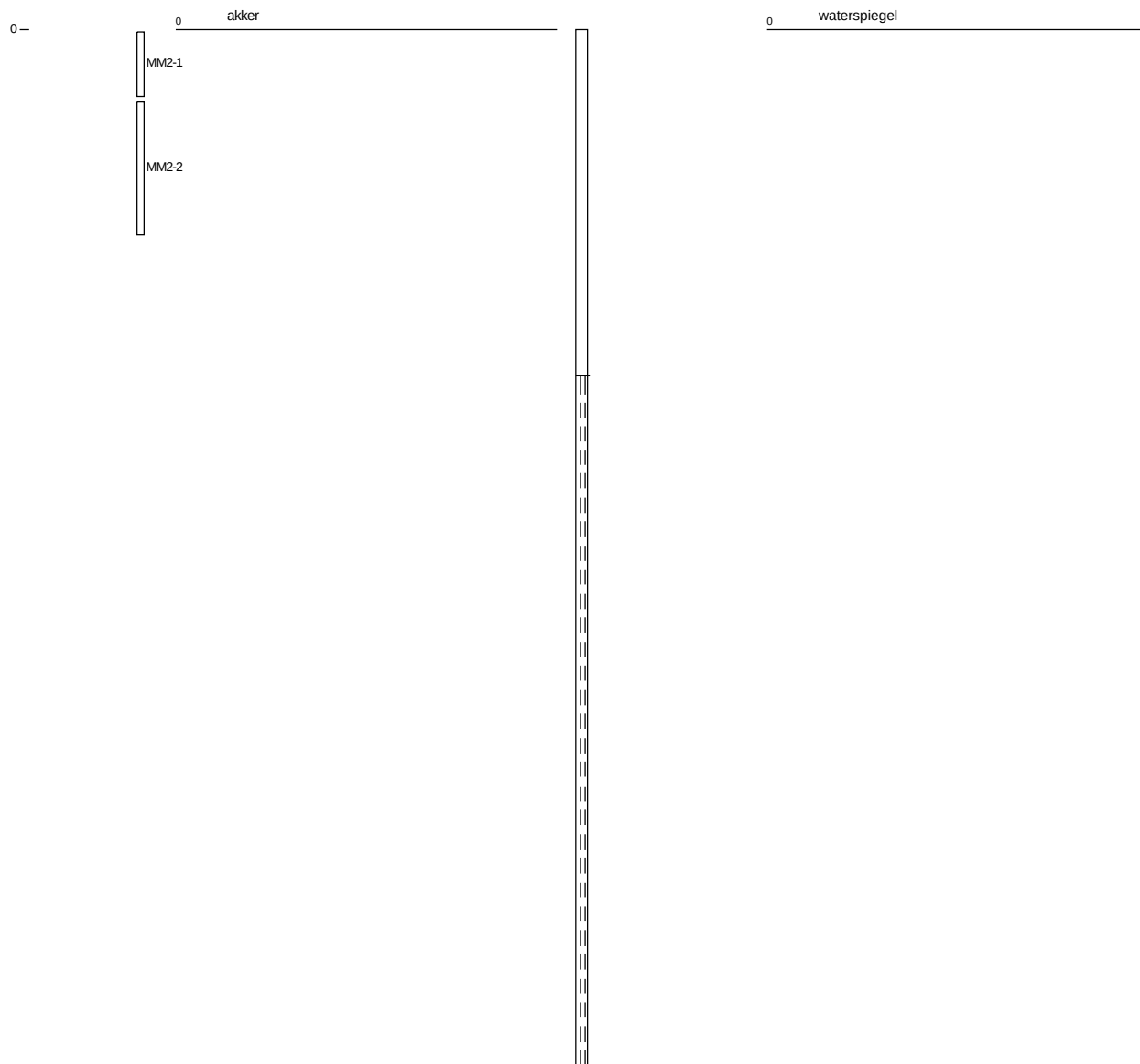
Boring: MM2

Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers

Boring: Veluwemeer

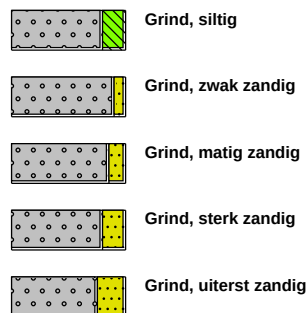
X: 183910,14
Y: 494435,77
Datum: 25-2-2022
Boormeester: Casper Kuipers
N.A.P.: -0,027
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 0

Opmerking: Geen broedvogels of nesten waargenomen.

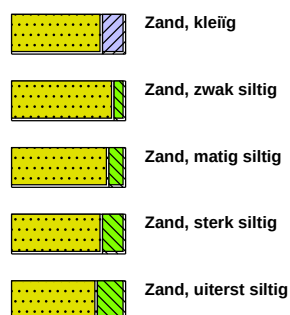


Legenda (conform NEN 5104)

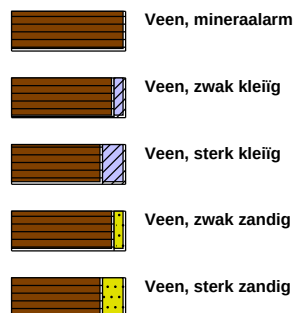
grind



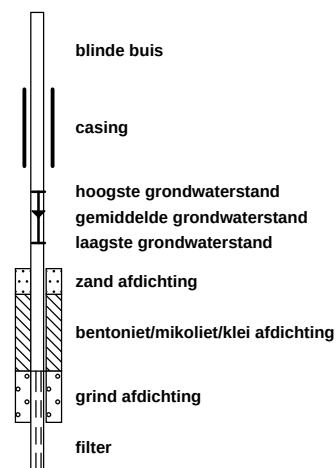
zand



veen



peilbuis



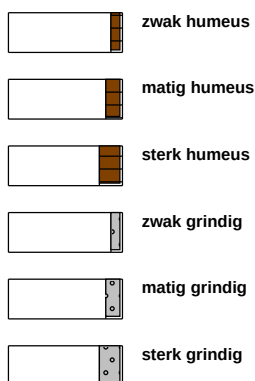
klei



leem



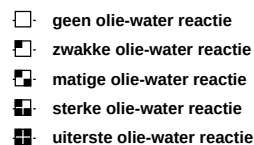
overige toevoegingen



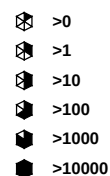
geur



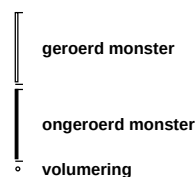
olie



p.i.d.-waarde



monsters



overig



B
ware

www.b-ware.eu