ONDERZOEKCENTRUM B ware

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

BIOGEOCHEMISCH ONDERZOEK HEITRAKSE PEEL – 'T ZINKSKE

BODEMCHEMIE - HYDROCHEMIE - FOSFAATNALEVERING BIJ VERNATTING



- Conceptrapportage -

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant • Auteurs: 5.1.2.e & 5.1.2.e
• Projectnummer: PR-21.002 • Rapportnummer: RP-21.002.21.54 •
Datum: 16 juni 2021

BIOGEOCHEMISCH ONDERZOEK HEITRAKSE PEEL – 'T ZINKSKE

Conceptrapportage

5.1.2.e

5.1.2.e 5.1.2.e

5.1.2.e

ONDERZOEKCENTRUM B ware

Titel rapport:
Biogeochemisch onderzoek Heitrakse Peel - 't Zinkske, conceptrapportage

Auteurs:
5.1.2.e & 5.1.2.e

Rapportnummer: RP-21.002.21.54

Opdrachtgever:
Provincie Noord-Brabant

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

Contactpersonen:
5.1.2.e
Tel: 5.1.2.e of 5.1.2.e
5.1.2.e @b-ware.eu
www.b-ware.eu

5.1.2.e
Tel: 5.1.2.e
5.1.2.e @b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2021

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding 1

1.1 Aanleiding 1

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek 3

1.3 Leeswijzer 4

2. Materiaal en methoden 5

2.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek 5

2.2 Chemische analyse 12

3. Bodem- en hydrochemisch onderzoek landbouwgronden 15

3.1 Inleiding 15

3.2 Bodemopbouw en algemene bodemchemie 17

3.3 Waterkwaliteit 26

3.4 Natuurpotenties per deelgebied 28

3.5 Risico op P-nalevering na vernatting 45

4. Bodemchemie en waterkwaliteit referentielocaties 55

4.1 Inleiding 55

4.2 Heitrakse Peel 55

4.3 't Zinkske 58

4.4 Vergelijking met andere hoogveengebieden 59

4.5 Kwaliteit vochtige en droge heide in 't Zinkske 61

4.6 Conclusies referentielocaties 63

5. Samenvatting en adviezen 65

5.1 Landbouwpercelen 65

5.2 Referentielocaties 66

6. Literatuur 69

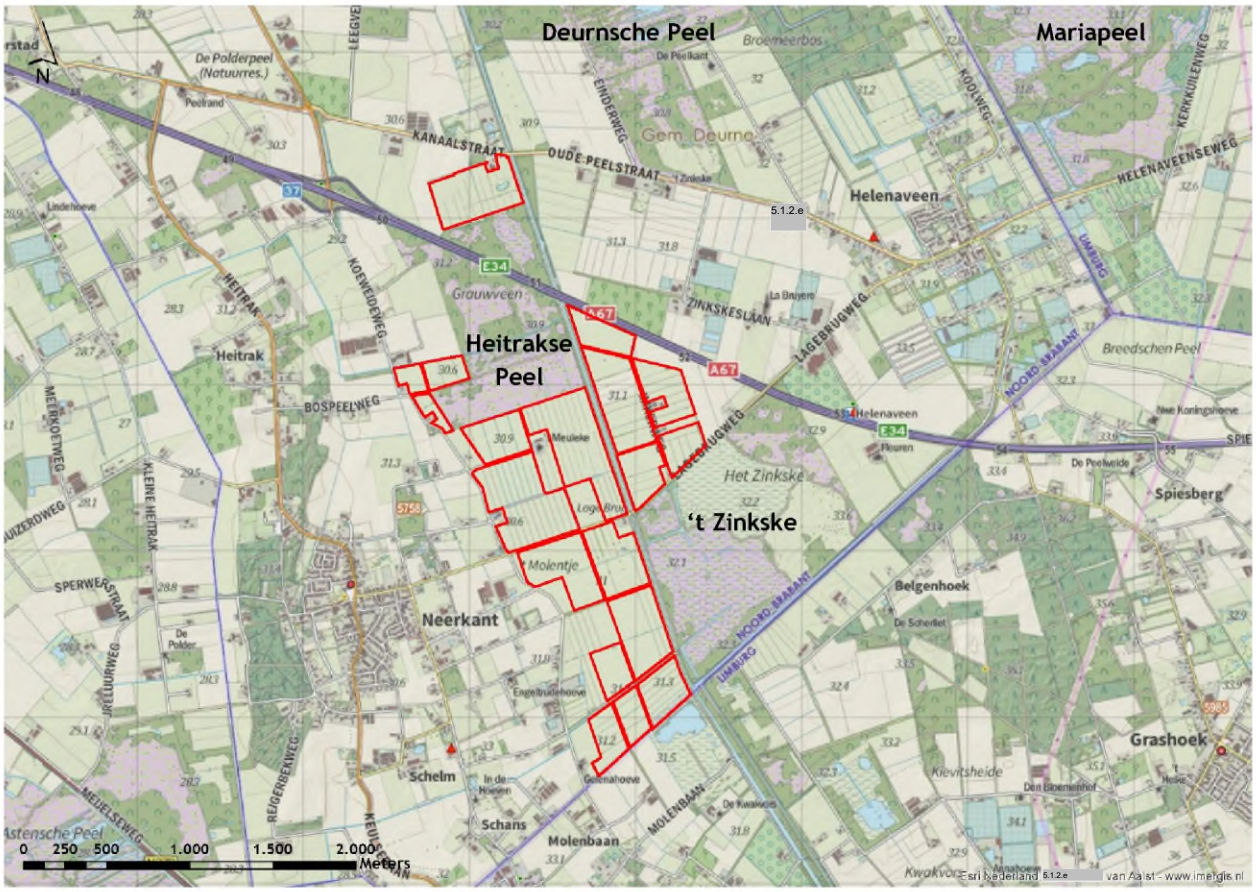
7. Bijlagen 73

1. INLEIDING

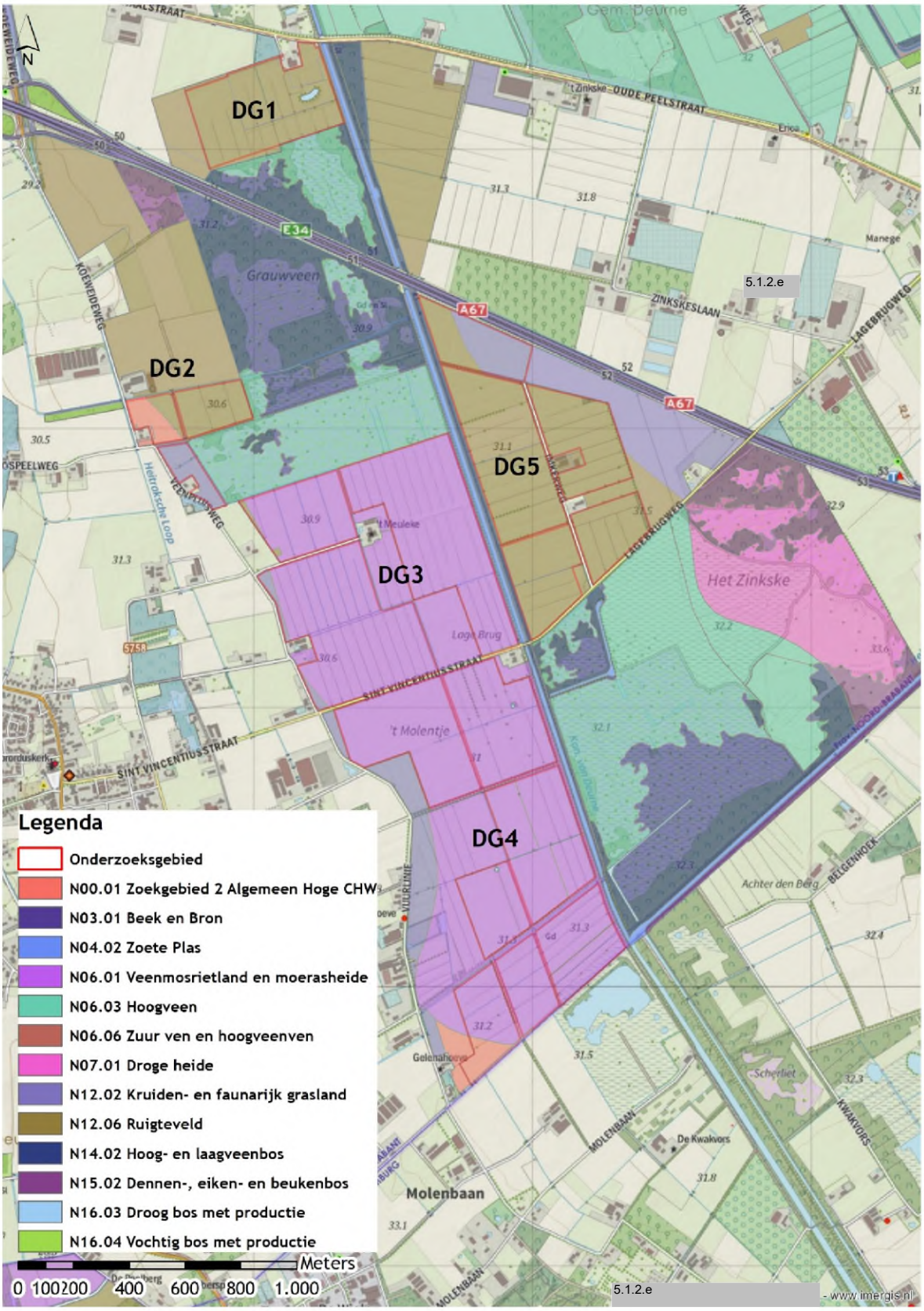
1.1 Aanleiding

De Heitrakse Peel en 't Zinkske (samen 234 hectare groot) maken deel uit van het Natura 2000-gebied Deurnsche Peel en Mariapeel. In het Natura 2000-beheerplan wordt voor beide gebieden benoemd dat er onderzoek naar de verbetermogelijkheden voor het habitattype herstellend hoogveen (H7120) noodzakelijk is (DLG e.a., 2017). De waterstanden zijn in beide gebieden te laag en door deze verdroging vindt er versnelde afbraak en mineralisatie van het nog aanwezige veenpakket plaats. Als gevolg van deze mineralisatie en de hoge atmosferische stikstofdepositie zijn pijpenstrootje en berken gaan domineren ten koste van typische soorten van vochtige heide en/of hoogveen.

Hydrologisch herstel van het Natura 2000-gebied kan mogelijk worden gecombineerd met natuurontwikkeling (uitbreiding (hoog)veenontwikkeling) in de aangrenzende (voormalige) landbouwpercelen (Figuur 1). De oppervlakte Nieuwe Natuur rond beide gebieden is samen 288 hectare, waarvan 178 hectare in eigendom is bij Staatsbosbeheer en overheden (de in rood omlijnde percelen in Figuur 1). Op de ambitiekaart van de provincie Noord-Brabant worden voor deze landbouwpercelen de volgende natuurbeheertype aangegeven: veenmosrietland en moerasheide (N06.01) en ruigteveld (N12.06; Figuur 2).



Figuur 1. Kaart met de ligging van de Heitrakse Peel, 't Zinkske en de agrarische percelen (rood omlijnd).



Figuur 2. Ambitiekaart van het onderzoeksgebied. Bron: provincie Noord-Brabant.

In opdracht van de provincie Noord-Brabant heeft Onderzoekcentrum B-WARE een tweetal onderzoeken uitgevoerd:

1. Bodem- en hydrochemisch onderzoek in de bestaande natuurgebieden Heitrakse Peel en 't Zinkske om de huidige kwaliteit van de aanwezige natuurtypen en de kansen voor de ontwikkeling van herstellend hoogveen (en hoogveenbos) in beeld te brengen. De analysedata van deze locaties zijn ook gebruikt als referentie voor het bepalen van de potenties van de agrarische percelen.
2. Bodem- en hydrochemisch onderzoek op de aangrenzende agrarische percelen (alleen eigendommen Staatsbosbeheer en overheden; Figuur 1), zowel ter ondersteuning voor de ontwikkeling van herstellend hoogveen als om de potenties voor uitbreiding van het areaal van dit habitattype in kaart te brengen.



Figuur 3. Impressie van het onderzoeksgebied. Foto genomen vanaf de agrarische percelen ten zuiden van de Heitrakse Peel in de richting van het natuurgebied. Foto: 5.1.2.e

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek

Bestaande natuurgebieden

Het doel van het onderzoek in de bestaande natuur van de Heitrakse Peel en 't Zinkske is om een beeld te krijgen van de bodem- en hydrochemische kwaliteit van de aanwezige natuurtypen en de kansen voor de ambitiehabitattypen (herstellend hoogveen en hoogveenbos; Figuur 2) in beeld te brengen.

Agrarische percelen

Het doel van het onderzoek op de agrarische percelen (178 ha) is om de kansen voor de ontwikkeling van natte schrale natuur in kaart te brengen. De bodemopbouw is op 51 locaties in kaart gebracht en verschillende bodemlagen zijn geanalyseerd (o.a. fosfor, calcium, ijzer en organische stof) met als doel zicht te krijgen op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke, P-gelimiteerde natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschralingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. In aanvulling hierop zijn de risico's op fosfaatmobilisatie bij vernatting in kaart gebracht.

Concreet worden op basis van het onderzoek op de agrarische percelen de volgende vragen beantwoord:

- Wat is de bodemopbouw en de bodemchemische samenstelling van de bouwvoor en de bodemlaag direct onder de bouwvoor en (lokaal) de bodemlaag daaronder?
- Wat is het risico op P-nalevering bij vernatting?
- Wat zijn de natuurpotenties en welke verschralingsmaatregelen zijn hiervoor vereist?
- Wat is de kwaliteit van het freatische grondwater en vormt deze een kans of een bedreiging voor de beoogde natuurontwikkeling?
- Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek op de (voormalige) landbouwgronden per deelgebied gepresenteerd en de kansen voor de natuurontwikkeling beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het onderzoek op de referentielocaties gepresenteerd, gevolgd door de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van het onderzoek in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 bestaat uit een overzicht van de gebruikte literatuur, gevolgd door de bijlagen in hoofdstuk 7. In de bijlagen is ook achtergrondinformatie opgenomen over de processen die een rol spelen bij de ontwikkeling van natuur op voormalige landbouwgronden en over de (hydro)chemische randvoorwaarden bij hoogveenherstel.

De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is niet alleen afhankelijk van de kansen en risico's qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het (ecohydrologische) systeem. Deze toetsing en een extrapolatie naar gebiedsdekkende inrichtingsmaatregelen maken geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van weloverwogen keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek

Bestaande natuur

Op 16 en 17 maart 2021 werden op 7 referentielocaties (R1 t/m R7) in de bestaande natuur van de Heitrakse Peel en 't Zinkske bodem- en watermonsters verzameld. Zie Figuur 4 en Figuur 5 voor de ligging van de locaties en Tabel 1 en Tabel 2 voor details over de bemonsteringslocaties. Op iedere locatie werd op 2 diepten (toplaag veen en direct onderliggende veen- of zandbodem) de bodem bemonsterd. Daarnaast werd op iedere locatie op 2 diepten poriewater verzameld en een oppervlaktewatermonster genomen.

Tabel 1. Omschrijving van de referentielocaties (R1 t/m R7), het bodemprofiel, bemonsteringsdiepte en bodemtype. Voor ligging van de locaties zie Figuur 4 en Figuur 5.

Locatie	Omschrijving locatie	Bodemprofiel	Bemonsterings-diepte *cm-mv*	Bodemtype
R1	Pijpenstrootje en waterveenmos, nat	0-30 cm veraard veen, vanaf 30 cm zand	0-15	veraard veen
			15-30	veraard veen
R2	Berkenbroek met veenpluis en waterveenmos	0-40 cm (intact) veen	0-20	intact veenmosveen
			20-40	bruin veen
R3	Berkenbroek met pijpenstrootje, geen veenmos, wel nat	0-10 cm pijpenstrootje strooisel, 10-45 cm veraard veen, > 45 cm lemig materiaal	10-30	kruimelig, structuurarm veen
			30-45	veraard veen, lemiger aan onderkant
R4	Slenk met pijpenstro en algen, geen veenmos	0-10 cm strooisel, 10-40 cm veraard veen	10-25	kruimelig veen, doorworteld
			25-40	veraard veen
R5	Veenput met veenpluis, geen veenmos	25 cm water op maaiveld, 0-20 cm slab veen, 20-40 veraard veen, vanaf 40 cm gliedelaag	0-20	slap veen
			20-35	veraard veen
R6	Slenk met pijpenstrootje, dophei, struikhei, eenarig wollegras	10 cm water op maaiveld, 0-35 cm veraard veen, vanaf 35-40 cm zandig	0-20	veraard veen
			20-35	veraard veen
R7	Slenk met pijpenstrootje	30 cm water op maaiveld, 0-20 cm veraard veen, 20-35 cm zand	0-20	veraard veen
			20-35	zand



Figuur 4. Topografische kaart met de ligging van de bemonsterde referentielocaties in de Heitrakse Peel.



Figuur 5. Topografische kaart met de ligging van de bemonsterde referentielocaties in 't Zinkske.



Figuur 6. Impressie van referentielocatie R1 t/m R7 in de Heitrakse Peel en 't Zinkske. Voor ligging van de locaties zie Figuur 4 en Figuur 5. Rechtsonder een detailfoto van de bemonstering van poriewater (op locatie R2).

Tabel 2. Overzicht van de codering van de referentielocaties, XY-coördinaten en diepten (in cm onder maaiveld) waarop de keramische cups voor de bemonstering van het poriewater zijn geplaatst. Op locatie Ow11 en OW12 werd het oppervlaktewater bemonsterd. Voor ligging van de locaties zie Figuur 4 en Figuur 5.

Locatie	X	Y	Diepte cups
			cm-mv
R1	189539	377140	10 - 40
R2	189391	377179	10 - 50
R3	189127	377086	10 - 50
R4	189066	377043	10 - 50
R5	190776	375955	10 - 40
R6	190872	376232	10 - 40
R7	190884	376216	10 - 55
OW11	188970	377181	
OW12	189054	377045	

Het oppervlaktewater werd bemonsterd door onder water een 250 of 500 ml HDPE-pot te vullen en luchtdicht af te sluiten. Poriewater werd verzameld met behulp van keramische cups (Figuur 6 rechtsonder). Poriewater werd overnacht, onder vacuüm met een 50 ml injectiespuit uit de veenbodem opgezogen en luchtdicht afgesloten. De watermonsters werden gedurende maximaal 24 uur bewaard bij 4 °C tot verdere analyse.

Agrarische percelen

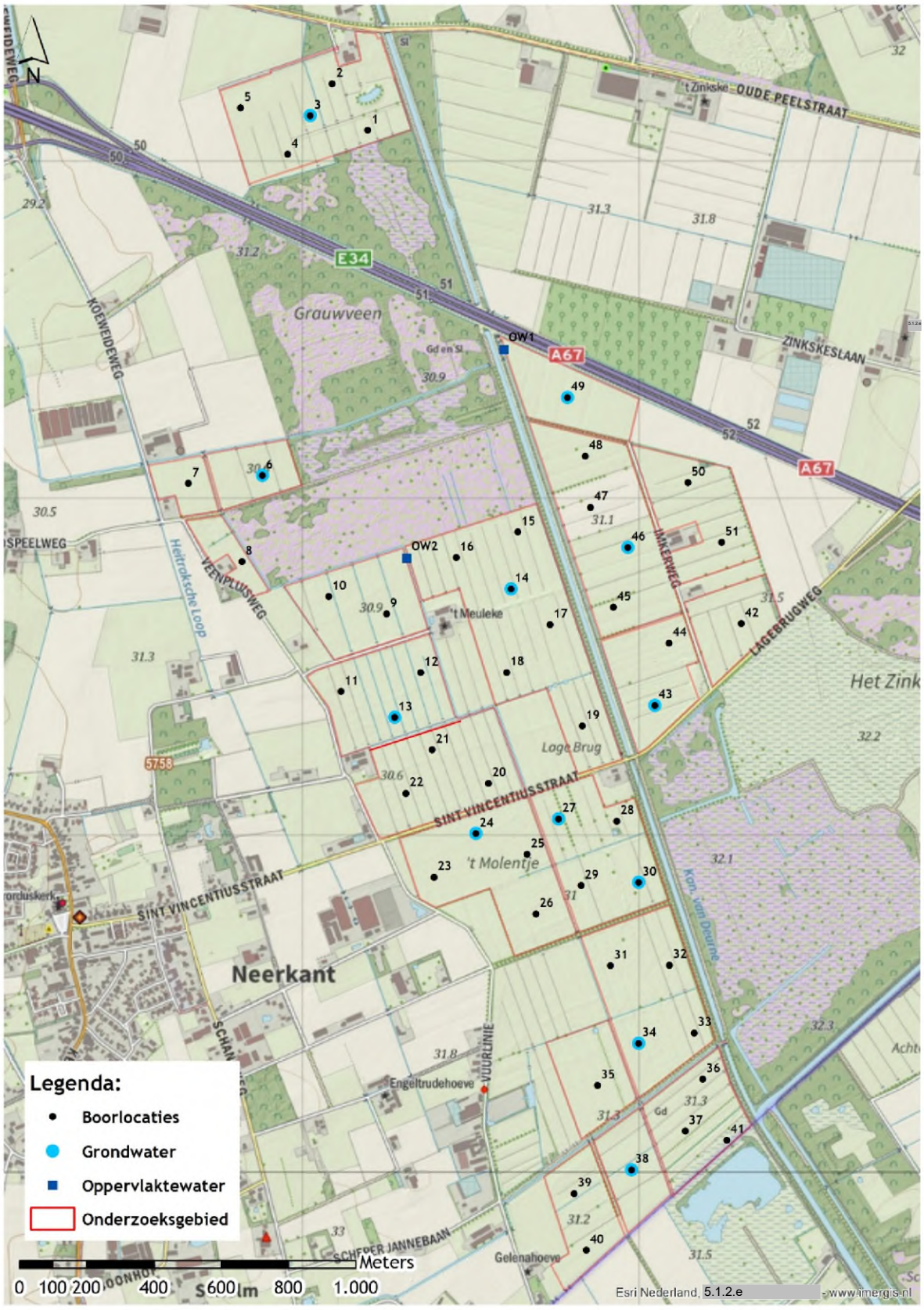
De monsterlocaties werden vastgesteld in overleg met de opdrachtgever. Voor de exacte ligging van de bemonsterde locaties zie Figuur 7 (topografische kaart) en Figuur 8 (hoogtekaart). Van 22 t/m 24 februari 2021 werd op 51 locaties in (voormalige) landbouwpercelen een ondiepe boring (tot 150 cm onder maaiveld) gezet met een Edelmanboor. De exacte ligging en hoogte van de boorlocaties werd ingemeten met een RTK-dGPS. Het bodemprofiel werd beschreven volgens NEN 5104 door boormeester 5.1.2.e van ATKB (zie Bijlage 3 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

Op iedere locatie werd de volgende bemonsteringsstrategie gehanteerd, waarbij op 4 diepten bodemmonsters werden verzameld:

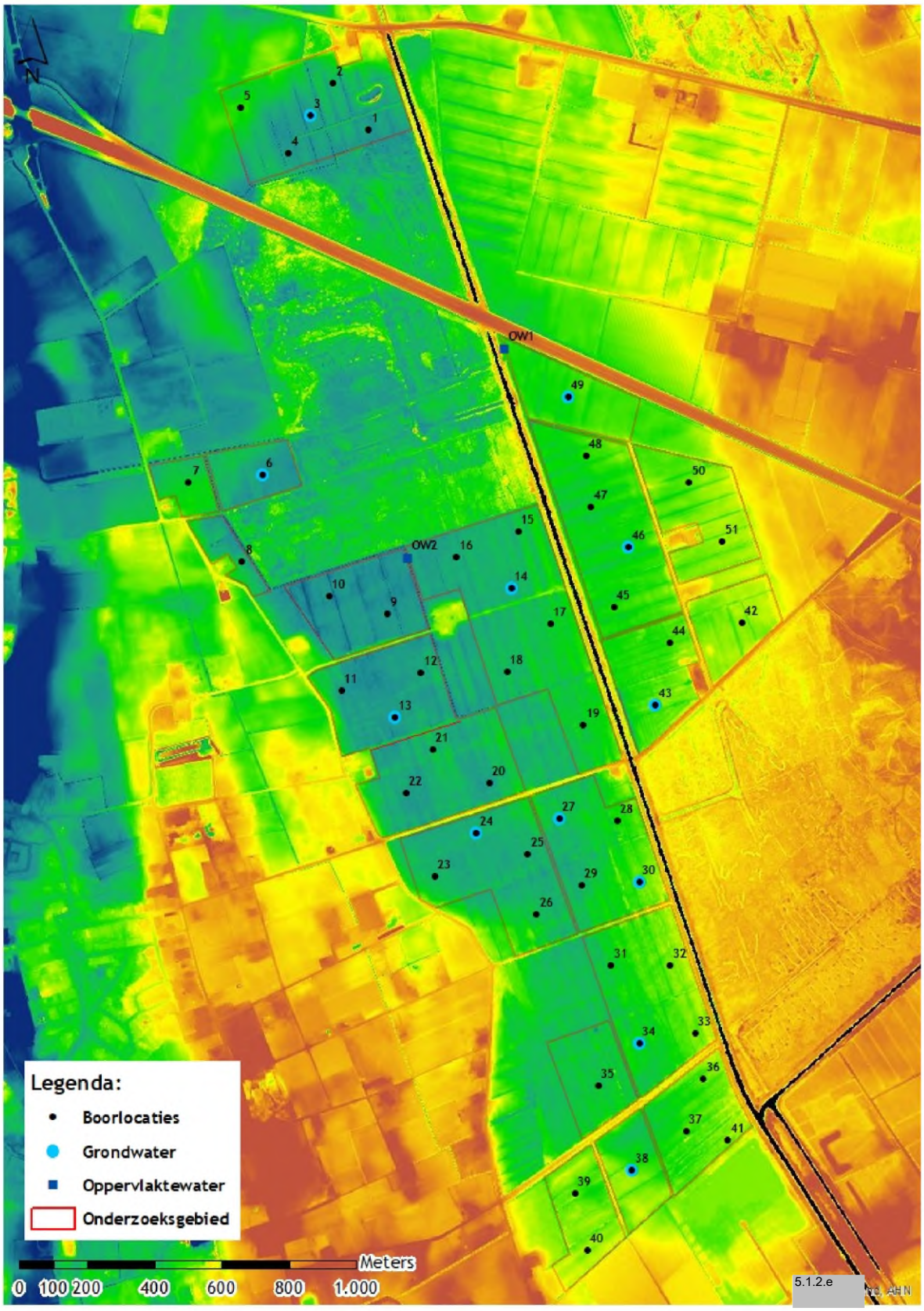
- Toplaag bouwvoor (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

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

Op 12 locaties (Figuur 7) werd met behulp van een tijdelijke peilbuis freatisch grondwater (filter 50-150 cm-mv) verzameld voor analyse. Op 2 locaties in het gebied werd een monster van het oppervlaktewater verzameld (Figuur 7). In totaal werden 203 bodemmonsters, 12 grondwatermonsters en 2 oppervlaktewatermonsters verzameld en geanalyseerd.



Figuur 7. Topografische kaart met de ligging van de onderzochte locaties.



Figuur 8. Hoogtekaart met de ligging van de onderzochte locaties.

Tabel 3. XY-coördinaten, maaiveldhoogte (MV hoogte in m +NAP), landgebruik (GS = grasland en AK = akker), actuele grondwaterstand (GWS; 22-24 februari 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Grondwaterstanden in cm onder maaiveld. Voor ligging van de locaties zie Figuur 7.

Locatie	X	Y	MV hoogte	Landgebruik	GWS	GLG	GHG	Grondwater?
1	189195	378092	30,23	GS	30	110	20	
2	189089	378229	30,47	GS	55	110	30	
3	189024	378135	30,21	GS	70	100	30	Ja
4	188957	378021	30,18	GS	50	130	30	
5	188817	378158	30,87	GS	125	nw	80	
6	188882	377067	30,05	GS	5	100	0	Ja
7	188662	377044	30,71	AK	60	140	40	
8	188821	376812	30,43	GS	50	130	40	
9	189250	376656	30,19	GS	20	70	20	
10	189078	376708	30,09	GS	20	70	20	
11	189115	376426	30,16	GS	0	80	0	
12	189352	376482	30,39	GS	40	80	30	
13	189275	376350	30,21	GS	5	70	0	Ja
14	189620	376731	30,35	GS	20	110	10	Ja
15	189640	376900	30,55	GS	30	120	20	
16	189457	376824	30,37	GS	35	120	25	
17	189736	376625	30,61	GS	20	100	10	
18	189607	376483	30,45	GS	20	110	10	
19	189832	376324	30,58	GS	10	115	0	
20	189553	376154	30,18	GS	5	115	0	
21	189386	376254	30,39	GS	25	120	15	
22	189307	376124	30,19	GS	0	80	0	
23	189392	375876	30,41	GS	5	110	0	
24	189516	376005	30,38	GS	20	100	10	Ja
25	189667	375943	30,33	GS	20	90	10	
26	189694	375766	30,52	GS	30	100	20	
27	189761	376049	30,61	GS	40	110	30	Ja
28	189934	376042	30,80	GS	35	130	25	
29	189828	375851	30,39	GS	15	100	5	
30	189999	375859	30,92	GS	30	110	20	Ja
31	189915	375613	30,65	GS	35	130	25	
32	190090	375615	30,96	GS	25	110	10	
33	190164	375413	31,03	GS	20	110	10	
34	189999	375382	30,77	GS	40	130	30	Ja
35	189876	375257	30,58	GS	20	120	10	
36	190189	375276	30,95	GS	30	110	10	
37	190137	375122	30,77	GS	35	110	25	
38	189978	375007	30,96	GS	50	110	30	Ja
39	189807	374937	30,95	GS	35	110	20	
40	189844	374769	31,12	GS	40	110	30	
41	190261	375095	31,01	GS	30	140	10	
42	190303	376628	31,08	GS	30	110	20	
43	190048	376385	30,88	GS	10	110	0	Ja
44	190089	376570	30,88	GS	30	115	20	
45	189924	376676	30,81	GS	35	110	25	
46	189967	376854	30,77	GS	30	120	20	Ja
47	189856	376973	30,81	AK	10	90	0	
48	189841	377125	30,79	GS	40	120	30	
49	189788	377299	30,79	GS	45	130	35	Ja
50	190146	377046	31,11	GS	50	115	40	
51	190245	376869	31,18	GS	25	110	15	

De verzamelde bodemmonsters werden in afgesloten potten vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. Het grondwater werd opgepompt uit tijdelijke peilbuizen. Vers toestromend grondwater werd opgevangen in een 250 ml glazen fles en luchtdicht afgesloten. De watermonsters werden koel bewaard en binnen één dag verwerkt op het lab.

2.2 Chemische analyse

Per bodemmonster werden vervolgens standaard de volgende variabelen bepaald:

- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- Drooggewicht, organisch stofgehalte (gloeiverlies) en bodemdestructie, ter bepaling van de algemene bodemchemie (o.a. totaal-P, -Ca, -Fe, -Al, -Mg, -S).

Van een selectie van 2 diepten per locatie op de agrarische percelen en van alle referentiebodemmonsters:

- Zoutextractie voor de mate van buffering, concentraties beschikbaar stikstof en labiel gebonden P.

Van een selectie van 3 diepten op 20 locaties op de agrarische percelen en van alle toplagen op de referentielocaties:

- Oxalaatextractie ter bepaling van de P-ox concentratie en fosfaatverzadigingsgraad (FVG: bij een FVG > 25% is een bodem fosfaatverzadigd). Als het deel van het bodemprofiel boven de GHG een fosfaatverzadigingsgraad (FVG) > 25% heeft wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld en bestaat kans op uitspoelen van fosfaat (Schoumans, 2004; Schoumans e.a., 2008).

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 = 40,5 ml) voor bepaling van de soortelijke massa, konden later ook de concentraties bij benadering 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 poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd 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 supernantant 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.

Oxalaatextractie

Met een oxalaatextractie wordt de concentratie ijzer- en aluminiumgebonden fosfaat bepaald. Dit is de adsorptiecapaciteit aan amorfe ijzer- en aluminiumhydroxiden. Op basis van de P-ox, Fe-ox en Al-ox wordt tevens de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) berekend. Hiervoor wordt vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 2,5 gram droog materiaal en met 50 ml extractiemedium ($(COONH_4)_2.H_2O$: 0,12 mol l^{-1} en $H_2C_2O_4$: 0,12 mol l^{-1}) uitgeschud op een schudmachine bij 105 r.p.m. De extracten worden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat wordt niet-aangezuurd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES. Deze extractie werd uitgevoerd op een selectie van locaties. De fosfaatverzadigingsgraad wordt als volgt berekend:

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

Analyse grond-, porie- en oppervlaktewater

De pH werd gemeten met een standaard $Ag/AgCl_2$ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO_2 en HCO_3) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit (alleen oppervlaktewater) werd bepaald door een deel van het monster te titreren met verdund 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). Van het oppervlakte- en poriewater werd ook de extinctie bij 450 nm (E_{450}) gemeten met een Biotek

plaatreader als maat voor de concentratie opgeloste humuszuren. 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.

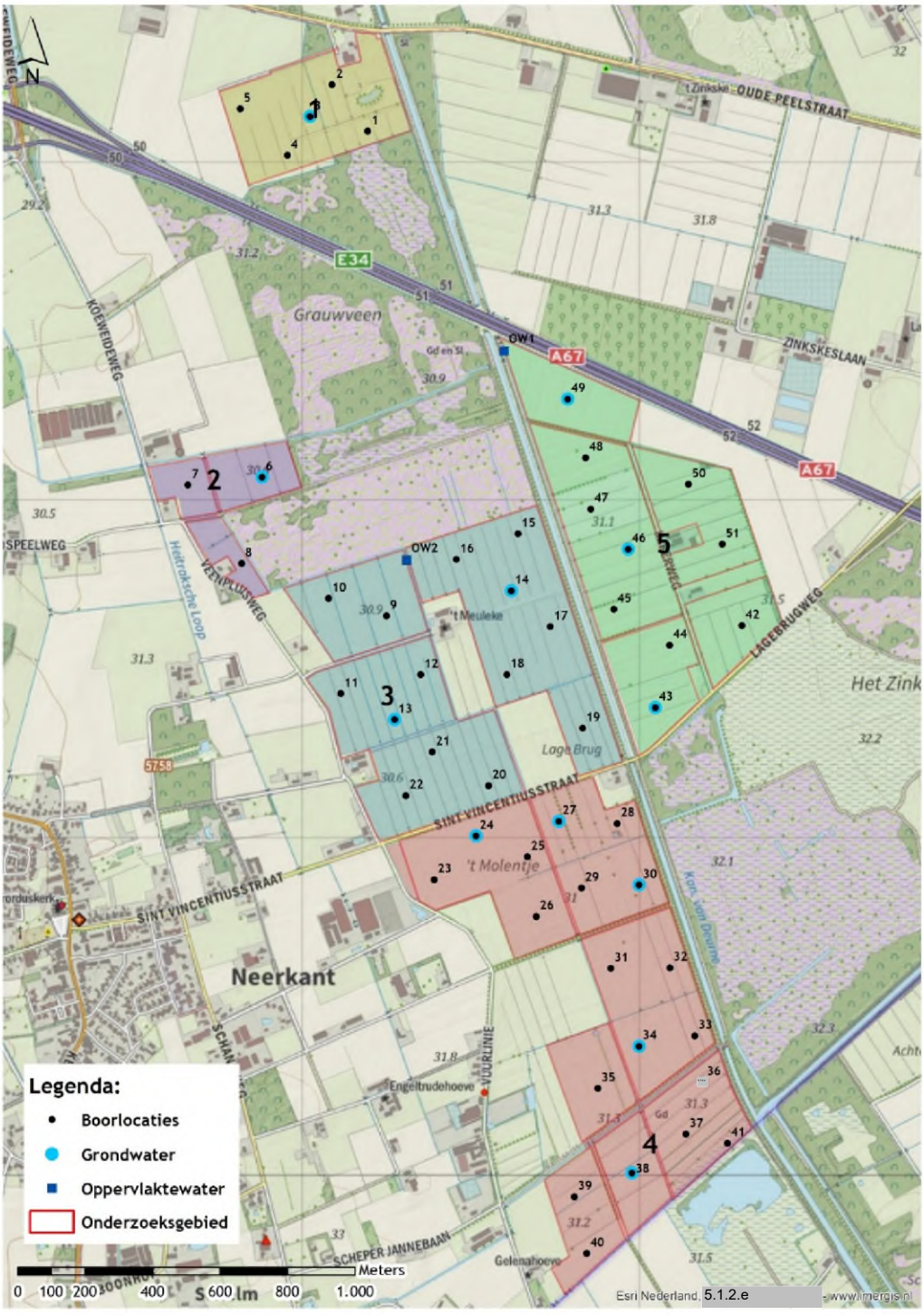
Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

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 oppervlaktewater, bodemvocht en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS, Thermo Electron Corporation, ICP-OES iCAP 6000). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) 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.

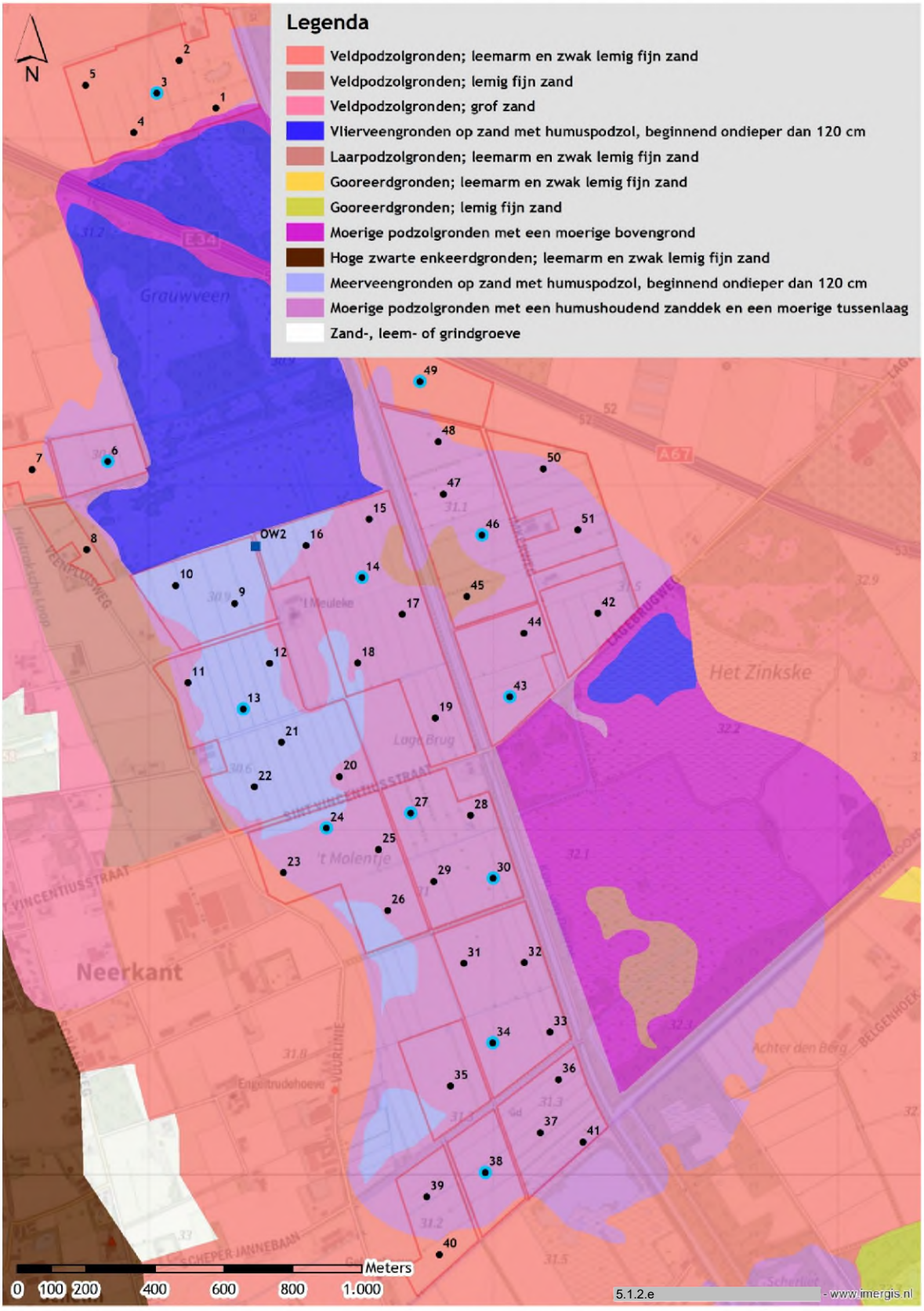
3. BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK LANDBOUWGRONDEN

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek op de (voormalige) landbouwgronden beschreven. Voor de uitwerking van de resultaten van het onderzoek is het onderzoeksgebied opgedeeld in vijf verschillende deelgebieden (Figuur 9).



Figuur 9. Indeling van het onderzoeksgebied in de vijf verschillende deelgebieden (1 t/m 5).



Figuur 10. Bodemkaart van het onderzoeksgebied (schaal 1:50.000). Bron bodemkaart: ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

In paragraaf 3.2 wordt de algemene bodemchemie beschreven. In paragraaf 3.4 wordt de bodemchemie per deelgebied nader toegelicht en de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. In paragraaf 3.5 worden de risico's op fosfaatnalevering besproken. Hiervoor is onder andere gebruik gemaakt het eerder uitgevoerde onderzoek naar de P-nalevering van landbouwgronden in het Leegveld (5.1.2.e 5.1.2.e, 2018).

3.2 Bodemopbouw en algemene bodemchemie

Bodemopbouw

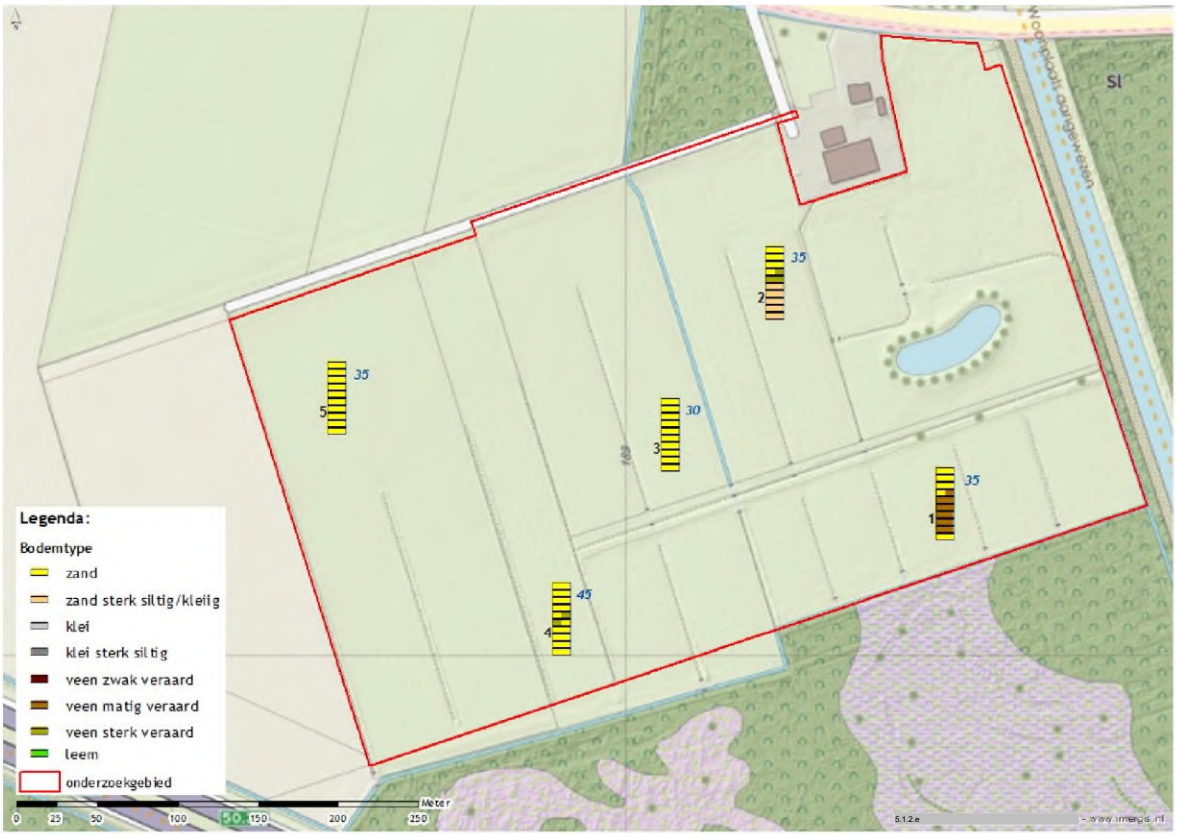
De profielbeschrijvingen van de boorlocaties op de agrarische percelen wordt gegeven in Bijlage 3. Volgens de bodemkaart van Nederland (Figuur 10) bestaat de bodem in het onderzoeksgebied uit de volgende gronden:

- Deelgebied 1: veldpodzolgronden van leemarm en zwak lemig fijn zand
- Deelgebied 2: moerige podzolgronden, veldpodzolgronden en laarpodzolgronden
- Deelgebied 3 meerveengronden op zand, moerige podzolgronden en veldpodzolgronden van lemig fijn zand
- Deelgebied 4: meerveengronden op zand, moerige podzolgronden en veldpodzolgronden van leemarm en zwak lemig fijn zand
- Deelgebied 5: moerige podzolgronden, veldpodzolgronden van lemig fijn zand en veldpodzolgronden van leemarm en zwak lemig fijn zand.

De onderzochte percelen zijn vrijwel allemaal in gebruik als grasland (Figuur 11), uitgezonderd de akker waarop locatie 47 ligt (Tabel 3). De dikte van de aangetroffen bouwvoor varieert van 10 tot 45 cm (Bijlage 3). De actuele grondwaterstand (22-25 februari 2021) varieerde van 0 tot 125 cm onder maaiveld (Tabel 3). Het grondwaterpeil stond daarmee behoorlijk laag ten opzichte van de uit het bodemprofiel afgeleide GHG (Tabel 3).



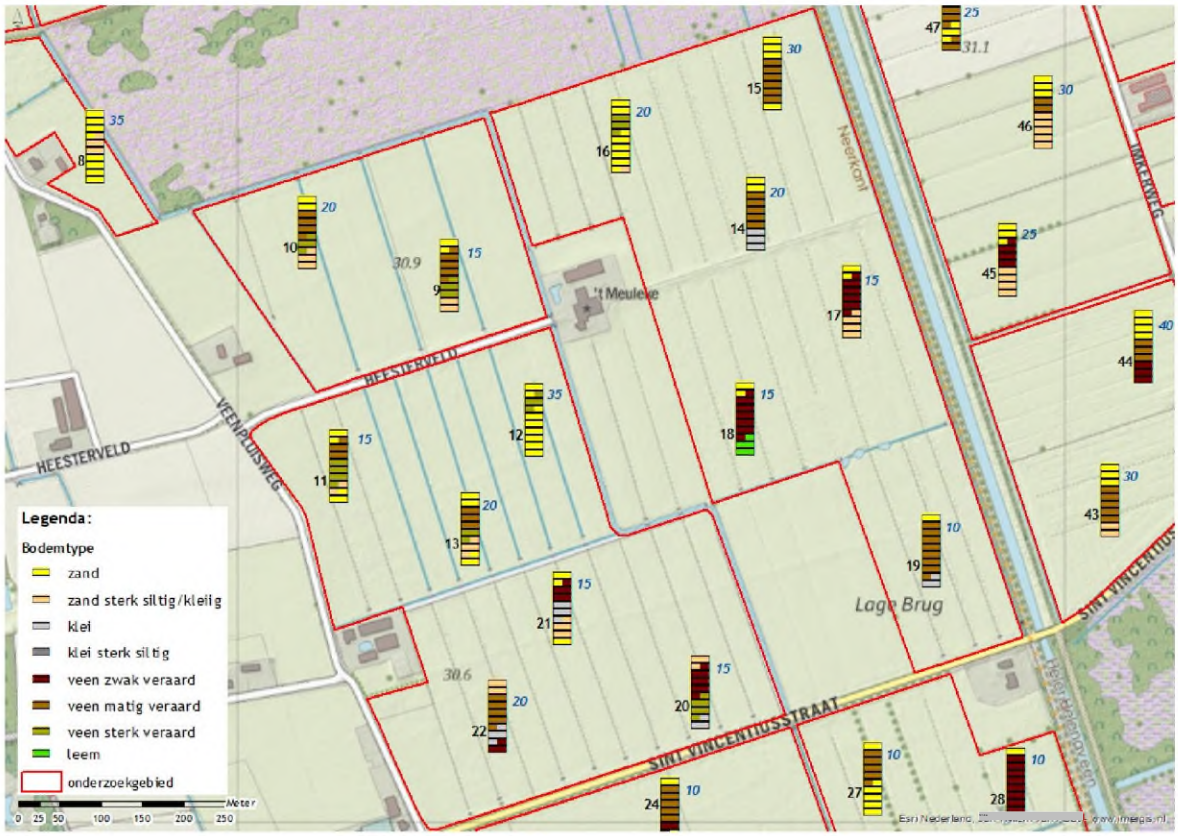
Figuur 11. Impressie van het onderzoeksgebied. Foto's genomen op locatie 5 (links) en 33 (rechts). Foto's: 5.1.2.e



Figuur 12. Ruimtelijke weergave van de opbouw van het bodemprofiel in deelgebied 1 (locatie 1 t/m 5) per 10 cm tot een diepte van 100 cm-mv. Het blauwe getal geeft de dikte van de aangetroffen bouwvoor aan.



Figuur 13. Ruimtelijke weergave van de opbouw van het bodemprofiel in deelgebied 2 (locatie 6 t/m 8) per 10 cm tot een diepte van 100 cm-mv. Het blauwe getal geeft de dikte van de aangetroffen bouwvoor aan.



Figuur 14. Ruimtelijke weergave van de opbouw van het bodemprofiel in deelgebied 3 (locatie 9 t/m 22) per 10 cm tot een diepte van 100 cm-mv. Het blauwe getal geeft de dikte van de aangetroffen bouwvoor aan.

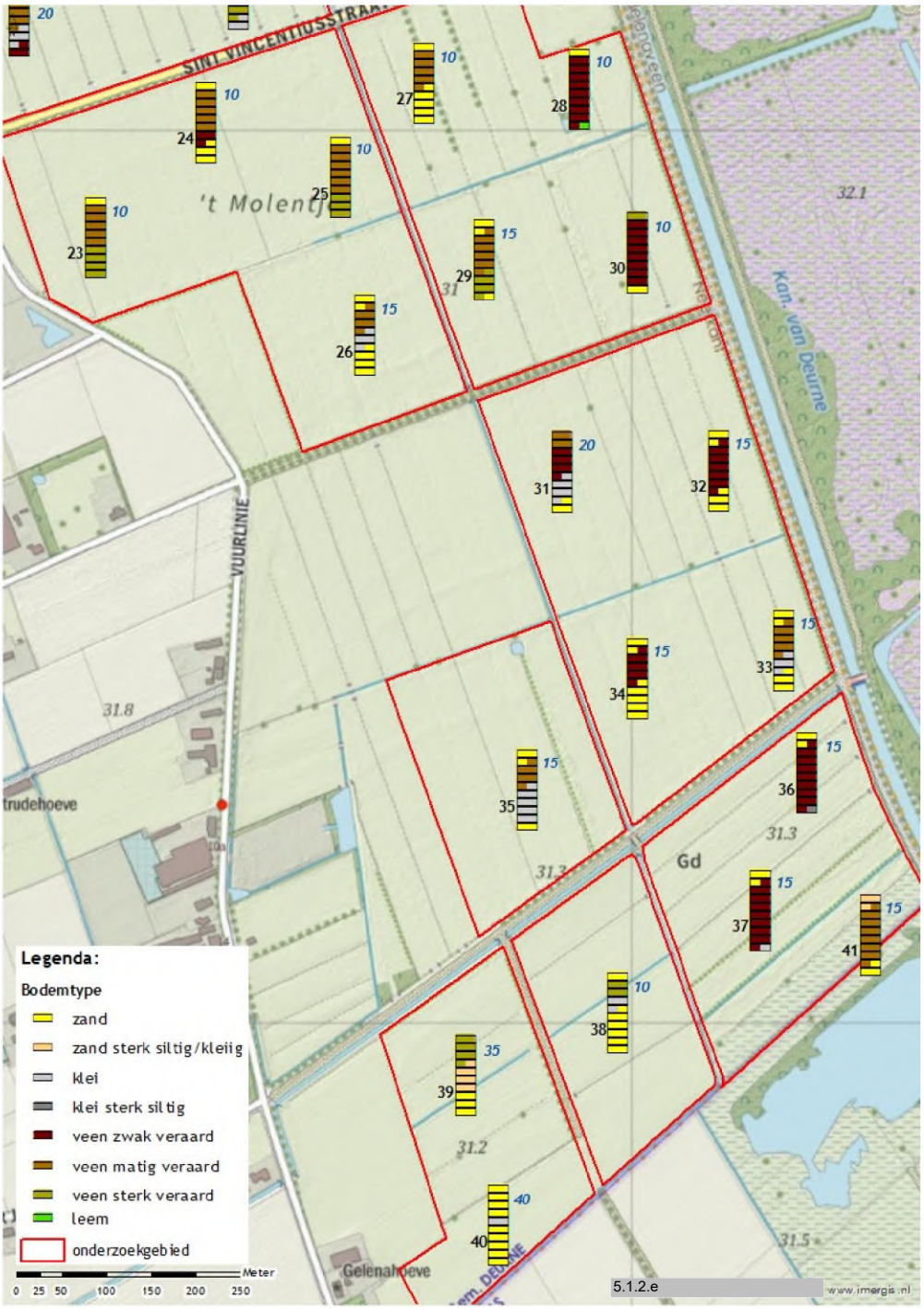
In Figuur 12 t/m Figuur 16 worden de profielbeschrijvingen tot 1 m onder maaiveld per deelgebied grafisch weergegeven. In deelgebied 1 (locatie 1 t/m 5) bestaat is de bodem inderdaad grotendeels opgebouwd uit zand, maar op locatie 1 is een flink pakket matig veraard veen aangetroffen (Bijlage 3 en Figuur 12). De zandige bouwvoor in deelgebied 1 varieert in dikte van 30-45 cm.

In deelgebied 2 (locatie 6 t/m 8) is ook een relatief dikke zandige bouwvoor aanwezig (30-35 cm; Bijlage 3 en Figuur 13). Alleen op locatie 6 is een pakket sterk veraard veen van 25 cm dikte aangetroffen. Op de overige locaties is de bodem volledig opgebouwd uit (siltig) zand.

In deelgebied 3 varieert de opbouw van de bodem sterk (Bijlage 3 en Figuur 14). Op alle locaties is een zandige bouwvoor aangetroffen, maar deze is relatief dun met een dikte van overwegend 10-20 cm. Alleen op locatie 12 en 15 is de bouwvoor dikker (30-35 cm; Figuur 14). Op alle locaties is een veenpakket aangetroffen, maar de mate van veraarding van het veen varieert sterk. Zwak veraard veen is aangetroffen op locatie 17, 18, 20 en 21 (Bijlage 3 en Figuur 14). Op de overige locaties is het veen matig of sterk veraard. Op locatie 14 en 18 t/m 22 is in het bodemprofiel een kleiige/lemige laag aangetroffen.

In deelgebied 4 varieert de bodemopbouw ook sterk (Bijlage 3 en Figuur 15). Op locatie 30, 31 en 39 is een venige bouwvoor aanwezig en op de overige locaties bestaat de bouwvoor uit zand. Op een groot aantal locaties is de bouwvoor relatief dun met een dikte van 10-20 cm. Een dikkere bouwvoor is alleen op het zuidwestelijke perceel van deelgebied 4 (Locatie 39 en 40; Figuur 15) aangetroffen. Uitgezonderd locatie 40 werd op alle locaties een veenpakket aangetroffen, maar de mate van veraarding van het veen en de dikte van het veenpakket varieert sterk. Zwak veraard

veen is aangetroffen op locatie 24, 28, 30 t/m 32, 34, 36 en 17 (Bijlage 3 en Figuur 15). Op locatie 26, 28, 31, 33, 35 t/m 38 en 40 is ondiep (≤ 1 m-mv) een kleiige/lemige bodemlaag aangetroffen.



Figuur 15. Ruimtelijke weergave van de opbouw van het bodemprofiel in deelgebied 4 (locatie 23 t/m 41) per 10 cm tot een diepte van 100 cm-mv. Het blauwe getal geeft de dikte van de aangetroffen bouwvoor aan.

In deelgebied 5 varieert de bodemopbouw ook sterk (Bijlage 3 en Figuur 16). Op alle locaties is een zandige bouwvoor aangetroffen. De bouwvoor is, in vergelijking tot deelgebied 3 en 4, relatief dik (25-40 cm; Figuur 16). Uitgezonderd locatie 50 werd op alle locaties een veenpakket

aangetroffen, maar de mate van veraarding van het veen en de dikte van het veenpakket varieert sterk. Zwak veraard veen is aangetroffen op locatie 44, 45 en 51 (Bijlage 3 en Figuur 16).



Figuur 16. Ruimtelijke weergave van de opbouw van het bodemprofiel in deelgebied 5 (locatie 42 t/m 51) per 10 cm tot een diepte van 100 cm-mv. Het blauwe getal geeft de dikte van de aangetroffen bouwvoor aan.

Bodemcorrelaties

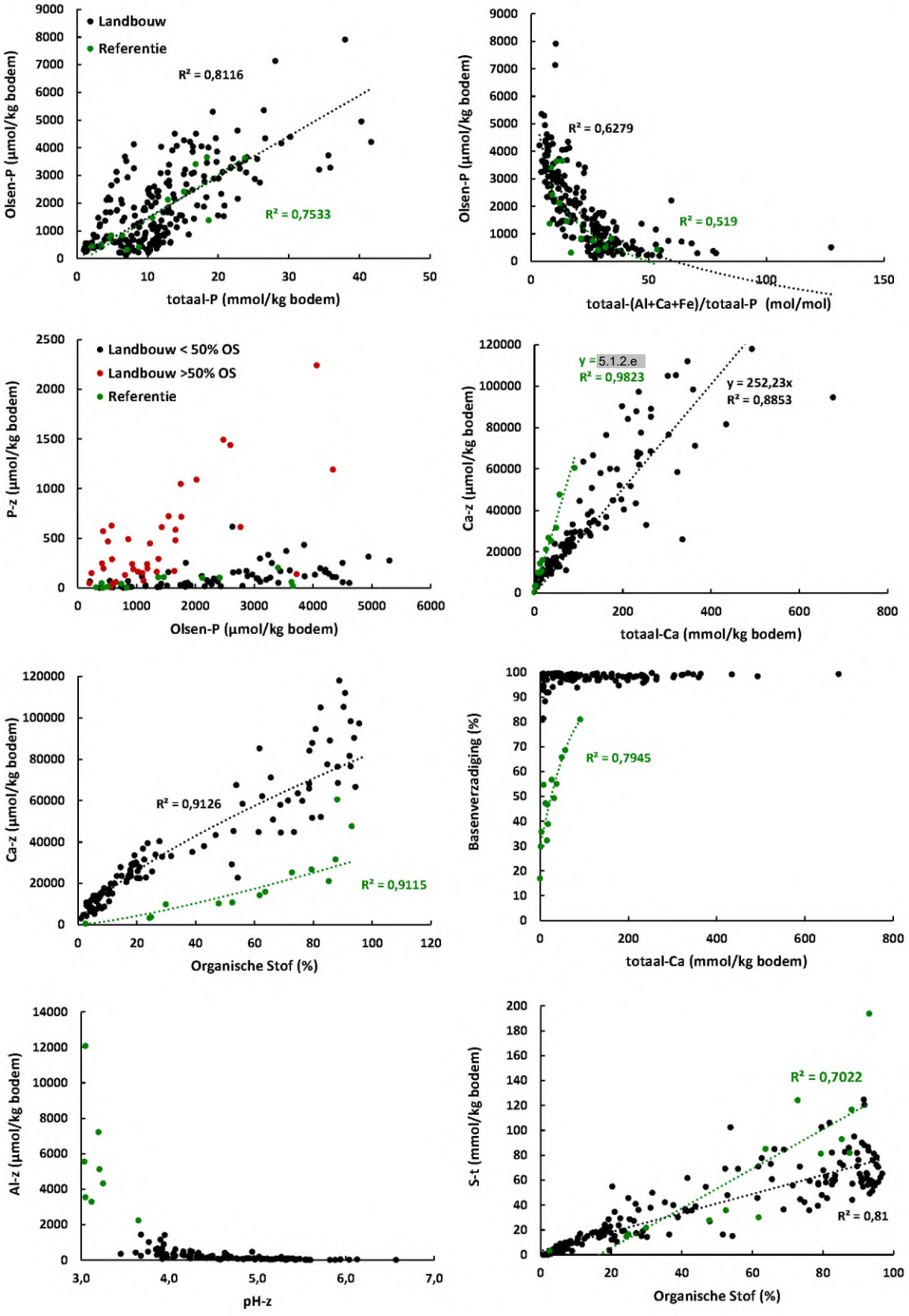
In Figuur 17 zijn een aantal relevante bodemchemische variabelen zijn tegen elkaar uitgezet. De fosfaatbeschikbaarheid (concentratie Olsen-P) neemt toe bij een toename van de totale P-voorraad in de bodem (Figuur 17 linksboven), maar de spreiding is groot als gevolg van verschillen in bodemtype (veen, zand) en bodemchemie (variatie in ijzer-, aluminium- en/of calciumconcentraties). Voor de referentielocaties is een vergelijkbare correlatie gevonden. De P-concentraties zijn relatief hoog omdat deze zijn uitgedrukt per kg droge bodem. Veenbodems hebben een laag soortelijk gewicht, waardoor de concentraties op basis van drooggewicht hoog uitvallen. In de volgende paragrafen worden daarom de concentraties uitgedrukt per liter bodem.

De P-beschikbaarheid wordt sterk beïnvloed door de concentraties ijzer-, calcium- en aluminium. Fosfor wordt in bodems namelijk zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder anaerobe condities) en $FePO_4$ onder aerobe condities. Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook kleideeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In Figuur 17 is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag.

De concentratie labiel P (gemeten in het zoutextract) neemt vooral in de veenbodems (> 50 % organische stof) van de landbouwpercelen sterk toe met een toename van de Olsen-P concentratie (Figuur 17).

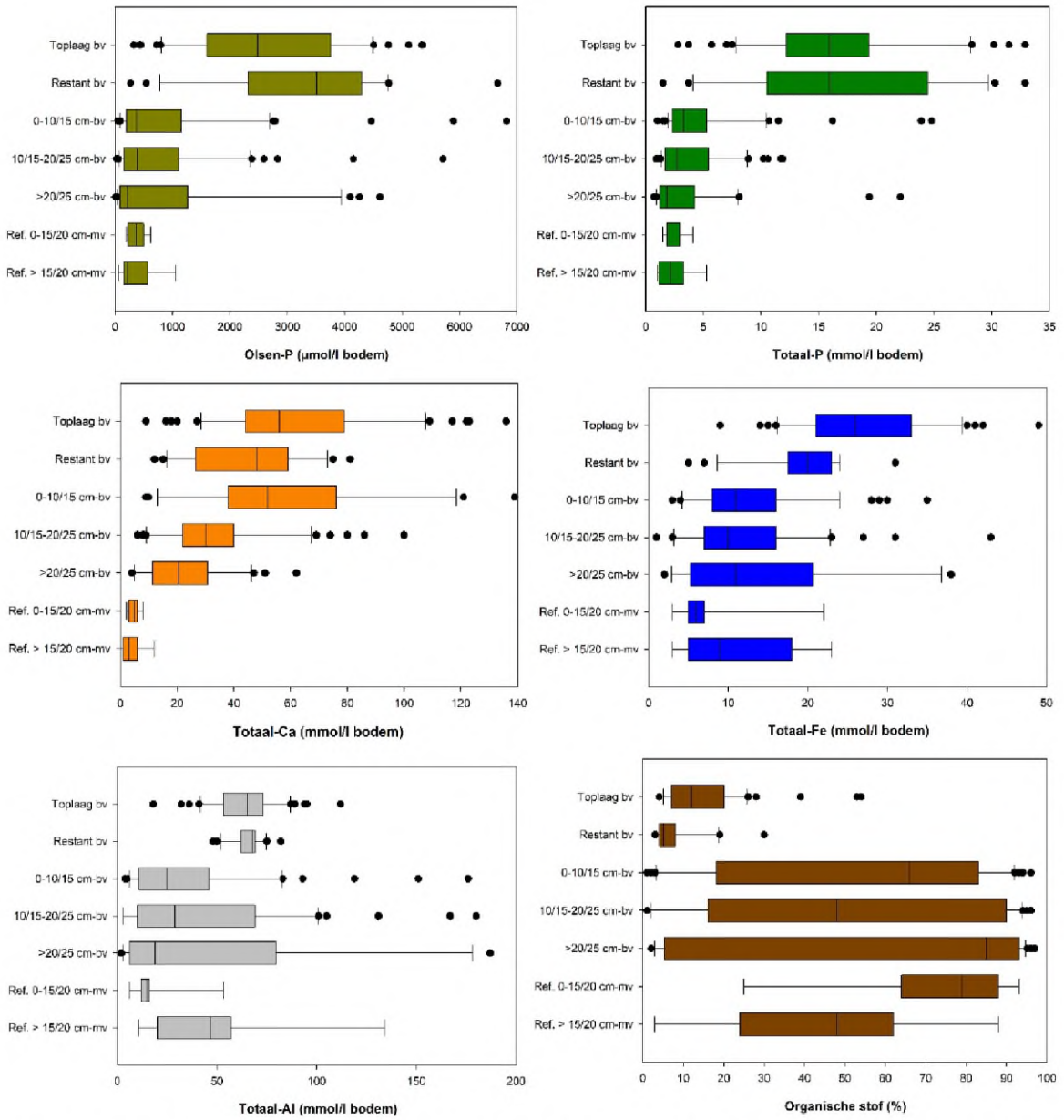
Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen.

De concentratie totaal-Ca, is net als de concentratie Ca-z, 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 (zie paragraaf 3.4). De concentraties totaal en (met name) uitwisselbaar calcium correleren sterk met de concentratie organisch stof in de bodem (Figuur 17). Organisch materiaal vormt een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem, zodat bij een toename van de concentratie organisch stof ook meer kationen als calcium gebonden kunnen worden. Indien het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. Bodems met een totaal-Ca concentratie van meer dan 20 mmol/l bodem hebben meestal een hoge basenverzadiging (> 90-95%). Vrijwel alle agrarische bodems worden gekenmerkt door een hoge basenverzadiging (>80-90%), terwijl de bodems op de referentielocaties een lage(re) basenverzadiging hebben (20-80%; Figuur 17). In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH < 4,5) komen. Alle basische kationen zijn dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}) en de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Naarmate de pH van de bodem lager wordt, zoals op de referentielocaties, neemt de aluminiumconcentratie in het zoutextract toe (Figuur 17). Dit komt omdat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een lage bodem pH waarna deze adsorberen aan het bodemadsorptiecomplex.



Figuur 17. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen gemeten in de landbouwbodems (zwarte stippen) of referentiebodems (groene stippen). De concentraties zijn, uitgezonderd de pH en basenverzadiging (%), uitgedrukt op basis van kg droge bodem.

De zwavelconcentratie (S-t) correleert met de concentratie organische stof in de bodem (Figuur 17, rechtsonder). De reden hiervoor is dat zwavel is ingebouwd in organische stof en daarnaast kunnen zich in natte anaerobe veenbodems gereduceerde zwavelverbindingen accumuleren.

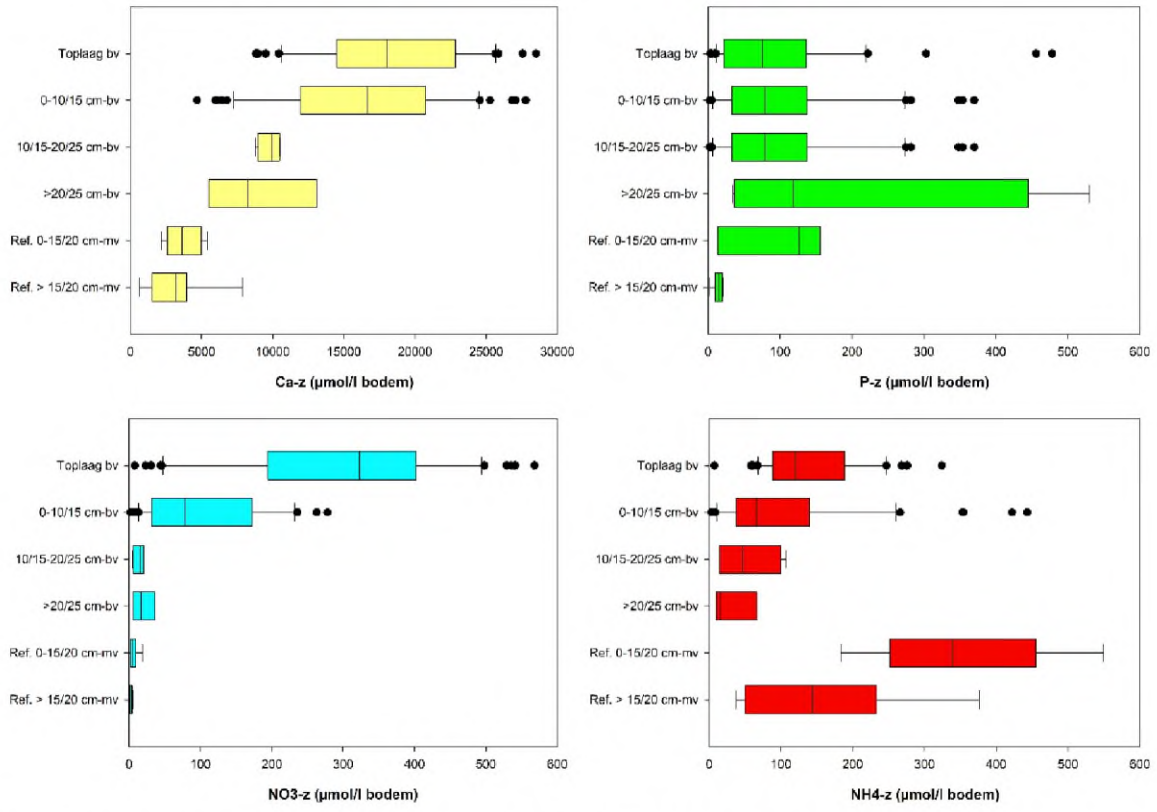


Figuur 18. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, totaal-Ca, totaal-Fe, totaal-Al concentraties en het percentage organische stof van de geanalyseerde landbouwbodems en de referentielocaties in de Heitrakse Peel en 't Zinkske. In de boxplot is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen: toplaag van de bouwvoor (0-20 cm-mv; n = 51), restant van de bouwvoor (n = 21), 0-10/15 cm onder de bouwvoor (n = 51), 10/15-20/25 cm onder de bouwvoor (n = 32), > 20/25 cm onder de bouwvoor (n = 7), toplaag van de bodem op de referentielocaties (0-15/20 cm-mv; n = 7) en de onderlaag op de referentielocaties (> 15/20 cm-mv; n = 7). De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. 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 uitbijters ('outliers') weer.

Algemene bodemchemie

In Figuur 18 en Figuur 19 worden boxplots gegeven voor een aantal belangrijke bodemchemische variabelen op verschillende diepten: de toplaag van de bouwvoor (0-20 cm-mv), restant bouwvoor, 0-10/15 cm onder de bouwvoor, 10/15-20/25 cm onder de bouwvoor en meer dan 20/25 cm onder de bouwvoor. Ter vergelijking zijn in de boxplots ook de referentielocaties opgenomen, waarbij de toplaag van de bodem (0-15/20 cm-mv) en de bodemlaag daar direct onder apart zijn weergegeven.

De toplaag van de bouwvoor (overwegend zand) is matig tot sterk verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat (gemiddeld 2614 µmol Olsen-P/l bodem) en totaal-P (gemiddeld 16,8 mmol/l bodem) (Figuur 19). In het restant van de bouwvoor zijn de P-concentraties vergelijkbaar (Olsen-P gemiddeld 3350 µmol/l en totaal-P 16,8 mmol/l). Direct onder de bouwvoor zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties fors lager dan in de bouwvoor (Olsen-P gemiddeld 933 µmol/l en totaal-P 4,9 mmol/l), een indicatie dat de uitspoeling van fosfaat vanuit de bouwvoor naar diepere bodemlagen beperkt is. Dieper onder de bouwvoor neemt vooral de totale P-voorraad in de bodem nog iets verder af. De gemiddelde relatieve beschikbaarheid van fosfaat in de bodems bedraagt 17% (gemiddelde Pbs = 0,17). De bodems hebben daarmee een relatief laag fosfaatbindend vermogen. Dit betekent dat bij relatief lage concentraties totaal-P, de concentratie beschikbaar P (Olsen-P) nog te hoog kan zijn.



Figuur 19. Boxplots van de Ca-zout, P-zout, NO_3-zout en NH_4-zout concentraties van de geanalyseerde landbouwbodems en de referentielocaties in de in de Heitrakse Peel en 't Zinkske. In de boxplot is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen: toplaag van de bouwvoor (0-20 cm-mv; n = 51), restant van de bouwvoor (n = 21), 0-10/15 cm onder de bouwvoor (n = 51), 10/15-20/25 cm onder de bouwvoor (n = 32), > 20/25 cm onder de bouwvoor (n = 7), toplaag van de bodem op de referentielocaties (0-15/20 cm-mv; n = 7) en de onderlaag op de referentielocaties (> 15/20 cm-mv; n = 7). Voor nadere uitleg over de boxplots zie het bijschrift van Figuur 18.

De bodem in het onderzoeksgebied is relatief zwak ijzerhoudend met een gemiddelde concentratie totaal-Fe van ca. 20 mmol/l bodem, waarbij de toplaag van de bouwvoor het rijkst aan ijzer is (Figuur 19). Alleen op locatie 35 is de klei-/leembodem (45-55 cm-mv) rijk aan ijzer (> 100 mmol/l). Hogere ijzerconcentraties kunnen duiden op (voormalige) invloed van ijzerrijke kwel. IJzer(III)(hydr)oxides binden goed fosfor, waardoor fosfor in ijzerrijke bodems kan accumuleren.

De bodem in het onderzoeksgebied is matig calciumhoudend met een gemiddelde concentratie totaal-Ca van 47 mmol /l bodem en ±17.000 µmol Ca-z/l bodem. Zowel de concentratie totaal-Ca als uitwisselbaar Ca (Ca-z) zijn het hoogste in de bouwvoor en nemen af met de diepte (Figuur 19 en Figuur 19). Dit is een indicatie dat het calcium (deels) afkomstig is van het agrarische gebruik (bekalking met $CaCO_3$ ter optimalisatie van de bodem-pH en daarmee de gras- of gewasopbrengst). De concentratie totaal-Al is gemiddeld 54 mmol/l bodem op de verschillende dieptes. Het is een maat voor de hoeveelheid lutum in de bodem. De zandbodems zijn hiermee zwak lemig, waarbij de zandige bouwvoor lemiger is dan de onderliggende (overwegend veen) bodem (Figuur 19). Het percentage organische stof van de bouwvoor is lager (gemiddeld 15%) dan van de onderliggende bodemlagen (gemiddeld > 50%; Figuur 19).

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. Hoge stikstofconcentraties zijn vaak wel 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 Bijlage 1). De uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan wel een effect hebben op de ijzerconcentratie van het grondwater. Nitraatrijk grondwater bevat over het algemeen namelijk nauwelijks ijzer doordat opgelost ijzer wordt geoxideerd door nitraat en neerslaat in de bodem. IJzerrijk grondwater is vaak positief voor de ontwikkeling van natte natuurtypen omdat ijzer fosfaat kan immobiliseren. Daarnaast kan nitraat de veenafbraak stimuleren. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn gemeten in de zoutextracten. De gemiddelde nitraatconcentratie in de toplaag van de bouwvoor is 295 µmol/l. De nitraatconcentratie neemt sterk af in de diepte (Figuur 19). De ammoniumconcentratie in de toplaag van de bouwvoor is gemiddeld 159 µmol/l en neemt ook duidelijk af in de diepte.

Opvallend zijn de zeer hoge concentraties labiel P die in het zoutextract zijn gemeten (gemiddeld 100 µmol/l in de toplaag van de bouwvoor). De P-z concentratie is ook in de diepere bodemlagen hoog (Figuur 19). Dit duidt erop dat het P zeer slecht in de bodem wordt gebonden en dat het kan uitspoelen naar diepere bodemlagen.

3.3 Waterkwaliteit

Oppervlaktewater

Op 3 locaties in het onderzoeksgebied werd de kwaliteit van het oppervlaktewater bepaald (OW1, OW2 en OW11; zie Figuur 7 en Figuur 4 voor ligging van de locaties). OW1 betreft een watergang net oostelijk van het Kanaal van Deurne en die de hele oostzijde van het onderzoeksgebied ontwatert, inclusief een deel van 't Zinkske. OW2 is de watergang centraal in 't Molentje, waar deels water uit Limburg en deels uit De Maas wordt aangevoerd en mogelijk de kwaliteit van het grondwater beïnvloedt. OW3 betreft de centrale watergang waarmee het water uit de Heitrakse Peel wordt afgevoerd.

Op zowel locatie OW1, OW2 als OW3 is het oppervlaktewater gebufferd (pH > 6 en alkaliniteit ca. 1500-2000 µeq/l; Tabel 4). Het water op locatie OW1 en OW11 is verrijkt met nitraat (ca. 300

µmol/l) en op locatie OW2 met ammonium (ca. 100 µmol/l). Het oppervlaktewater is relatief rijk aan fosfaat (PO_4: 2,6-10,2 µmol/l en P-totaal: 12-20 µmol/l). Gezien de voedselrijkdom van het water worden de watergangen OW1 en OW2 beïnvloed door afwatering vanuit de omliggende agrarische percelen. De watergang OW11 voert water uit de Heitrakse Peel af, maar zal ook onder invloed staan van agrarisch afvoerwater en/of water uit het Kanaal van Deurne. De hoge chlorideconcentraties (ca. 1000-2000 µmol/l; Tabel 4) duiden ook op antropogene beïnvloeding van de waterkwaliteit.

Tabel 4. Chemische samenstelling van het oppervlaktewater (OW1, OW2 en OW11) en van het freatische grondwater op 12 locaties op de agrarische percelen. Bodemtype filter = bodemtype ter hoogte van het filter: 50-150 cm-mv, Alk. = alkaliniteit in µeq/l, EGV = elektrische geleidbaarheid in µS/cm, Fe/P = Fe/P-ratio (mol/mol). De overige concentraties zijn, uitgezonderd pH, gegeven in µmol/l. Voor ligging van de locaties zie Figuur 7 en Figuur 4).

Datum	Loc.	Bodemtype filter	OW/GW	pH	Alk	Turb.	EGV	CO_2	HCO_3^-	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^+	P	K^+	Na^+	Cl^-	Al^{3+}	Ca^{2+}	Fe^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Fe/P
26-2-2021	OW1		OW	6,81	2127	14	456	693	1843	299,6	27,3	2,6	11,7	258	1520	1503	15	1266	27,5	303	455	2,3
22-2-2021	OW2		OW	6,02	1449	23	299	2424	1063	47,1	100,7	3,1	19,2	255	866	985	12	748	78,5	260	347	4,1
16-3-2021	OW11		OW	6,50	1700	16	426	837	1109	315,6	46,3	10,2	20,4	324	1814	2129	29	1015	31,3	302	460	1,5
26-2-2021	3	zand	GW	6,10	3348		508	4057	2095	1,2	69,7		11,6	1041	498	408	205	1083	23,1	1371	1242	2,0
26-2-2021	6	veen/zand	GW	4,93	655		230	5664	198	5,1	22,6		42,7	465	544	373	235	711	92,6	486	521	2,2
22-2-2021	13	veen/zand	GW	4,84	660		390	5131	148	1,4	115,2		110,5	192	1194	1451	149	913	126,5	746	752	1,1
22-2-2021	14	veen/klei/leem	GW	4,26	22		912	2751	21	0,8	59,9		4,0	49	2565	3289	101	2016	89,3	1749	2773	22,1
23-2-2021	24	veen/zand/leem	GW	4,59	283		153	5212	85	1,5	114,3		13,2	190	241	210	212	329	128,6	237	1194	9,8
26-2-2021	27	veen/zand	GW	4,61	160		139	3345	57	8,3	25,3		6,6	61	63	137	129	313	62,5	312	736	9,5
26-2-2021	30	veen/zand	GW	4,15	0		185	3788	22	2,2	46,4		40,3	73	51	147	116	501	34,4	411	520	0,9
26-2-2021	34	veen/zand	GW	4,72	474		110	3176	68	49,9	13,1		84,5	15	14	250	117	567	13,6	236	145	0,2
26-2-2021	38	zand	GW	4,87	519		3077	5025	153	2,0	56,3		4,2	185	849	1826	219	781	31,1	387	383	7,3
26-2-2021	43	veen/zand	GW	4,79	766		330	5513	142	10,3	35,7		526,1	954	1258	1176	158	688	49,6	504	572	0,1
26-2-2021	46	zand	GW	5,90	3188		500	6437	2098	1,2	58,8		103,3	272	261	176	110	2111	20,0	1110	1290	0,2
26-2-2021	49	veen/zand	GW	5,62	1510		166	5584	959	2,2	23,4		43,0	42	74	151	86	780	18,2	475	197	0,4

Grondwater

Op 12 locaties in het onderzoeksgebied werd de kwaliteit van het freatische grondwater bepaald (zie Figuur 7 voor ligging van de locaties). De pH en buffercapaciteit (alkaliniteit) van het grondwater varieert sterk. Op locatie 3 (deelgebied 1; ten noorden van de A67), 46 en 49 (deelgebied 5; ten oosten van het Kanaal van Deurne) is het grondwater matig tot sterk gebufferd (alkaliniteit > 1500 µeq/l en pH > 5,5; Tabel 4). Op de overige locaties is het grondwater zuurder en minder sterk gebufferd (pH < 5,0 en alkaliniteit < 800 µeq/l). Het grondwater is op alle locaties rijk aan CO_2 (> 2500 µmol/l) en dat is gunstig voor een eventuele ontwikkeling richting hoogveenvegetaties in de toekomst (zie hoofdstuk 4).

In de zoutextracten werden vaak hoge P-concentraties gemeten, vooral in de diepere bodemlagen (P-z in Figuur 19). Het freatisch grondwater is zeer P-rijk (> 100 µmol/l) op locatie 13 (deelgebied 3: noordelijke deel van 't Molentje), 43 en 46 (deelgebied 5 ten oosten van het Kanaal van Deurne). Op deze locaties werden ook (zeer) hoge P-concentraties gemeten in het zoutextract van ondiepere bodemlagen (30-40 cm-mv; Tabel 9 en Tabel 11). De hoge P-concentraties in het freatische grondwater (filterdiepte 50-150 cm-mv) geeft aan dat P op deze locaties tot meer dan 50 cm-mv is uitgespoeld. Indien het waterpeil in het gebied wordt opgezet, bestaat het risico dat er eutrofiëring plaatsvindt via P-rijk grondwater. Dit risico is groter op de locaties waar de ijzerconcentratie in het grondwater lager is dan de P-concentratie (Fe/P-ratio < 1; Tabel 4). Vooral in deelgebied 4 en 5 heeft het freatisch grondwater een ongunstige Fe/P-ratio.

Het freatisch grondwater is nitraatarm (< 50 µmol/l) en lokaal (locatie 13 en 24) matig verrijkt met ammonium (> 100 µmol/l; Tabel 4). In toplaag van de bodem werden hogere nitraatconcentraties gemeten (Figuur 19). Wanneer het nitraat uitspoelt naar diepere, anaerobe bodemlagen wordt het gereduceerd tot stikstofgas (denitrificatie) of tot ammonium (ammonificatie). Ammonium wordt (deels) gebonden aan het bodemadsorptiecomplex en zal daardoor minder snel uitspoelen naar diepere bodemlagen.

Op locatie 3 (deelgebied 1), 14 (deelgebied 3), 24 (deelgebied 4) en 46 (deelgebied 5) is het grondwater rijk aan sulfaat (> 1000 µmol/l SO_4^{2-}; Tabel 4). Het sulfaat kan met het grondwater aangevoerd worden, maar het kan ook vrijgemaakt worden bij de oxidatie van gereduceerde zwavelverbindingen in de (veen)bodems bij droogte (oxidatie door zuurstof) of bij nitraatuitspoeling (oxidatie door nitraat). Het oppervlaktewater van het Kanaal van Deurne (gevoed met Maaswater) is waarschijnlijk sulfaatrijk en kan lokaal zorgen voor verrijking met sulfaat. Sulfaat kan, net als nitraat, fungeren als alternatieve elektronenacceptor bij de anaerobe de afbraak van veen en waarbij het sulfaat wordt gereduceerd tot sulfide. Sulfide bindt sterk aan ijzer en kan leiden tot de mobilisatie van ijzergebonden fosfaat (interne eutrofiëring).

3.4 Natuurpotenties per deelgebied

In deze paragraaf worden per deelgebied de belangrijkste bodemchemische variabelen gepresenteerd en beknopt toegelicht. Welke (natte) natuurbeheertypen zich daadwerkelijk kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. De hydrologische omstandigheden in het gebied maken geen deel uit van het onderzoek. Voor veenvormende vegetatietypen als (herstellend)hoogveen (N06.03) en veenmosrietland en moerasheide (N06.01) zijn stabiele hoge waterstanden vereist. In de huidige situatie zijn deze omstandigheden niet aanwezig. Uit het bodemprofiel werden ook de GHG en GLG ingeschat (Tabel 5). De mediane waarde voor de GHG ligt op 20 cm-mv en voor de GLG op 110 cm-mv. Hiermee is vooral de GLG onder de huidige omstandigheden veel te laag voor veenvormende vegetatietypen.

Natuurbeheertypen

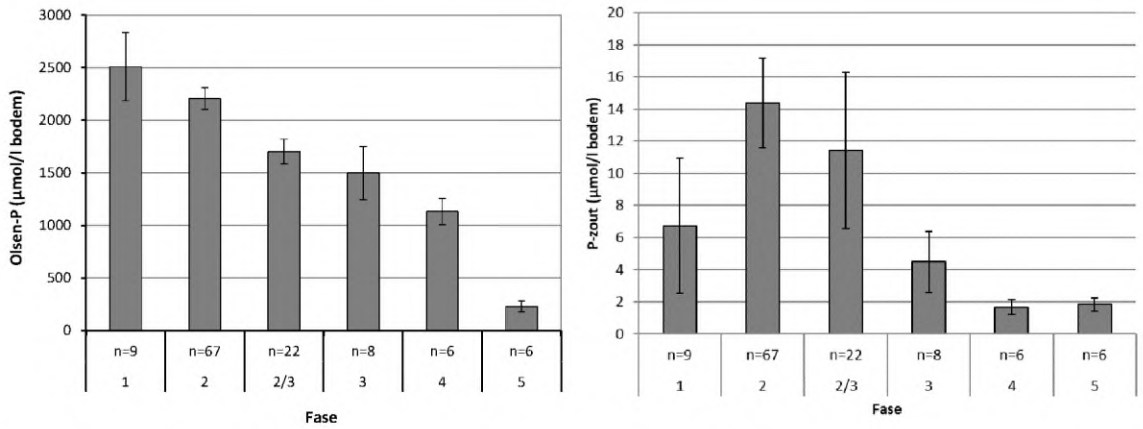
In Tabel 5 staan voor een groot aantal natte natuurbeheertypen de abiotische randvoorwaarden aangegeven. Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten. De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend in de natuurontwikkelingskansen.

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 kleiigheid van de bodem):

- Heide: 100-500 µmol/l bodem (totaal-P <2-3 mmol/l bodem);
- Schraalgrasland: (<)300-500 µmol/l bodem (optimaal <300 µmol/l bodem);
- Vochtig hooiland: 300-800/900 µmol/l bodem (optimaal <500 µmol/l bodem);
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 µmol/l bodem (Figuur 20 en Figuur 21);
- Kruiden- en faunarijk grasland: >1200 µmol/l bodem (P-z < 2 µmol/l en nitraat <100-200 µmol/l; Figuur 20).

Tabel 5. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H_2O 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-H2O	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)



Figuur 20. 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: 5.1.2.e (2016).

Bodembuffering

Naast de P-beschikbaarheid en hydrologische omstandigheden bepaalt de mate van bodembuffering in sterke mate welke natuurbeheertypen tot ontwikkeling kunnen komen (Tabel 6). Om inzicht te krijgen in de bodembuffercapaciteit is van alle bodems de totale calciumconcentratie bepaald en van een deel van de bodems ook de concentratie zoutuitwisselbaar calcium.



Figuur 21. Foto's van goed ontwikkelde vochtige kruidenrijke graslanden op venige bodems bij Doetinchem en Wolvega. Foto's: 5.1.2.e

Tabel 6. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor dotterbloemhooilanden en elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van blauwgrasland tot elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Het bekalkingsadvies is weergegeven in kg dolokal per hectare en dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: 5.1.2.e (2012).

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

Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide (of hoogveen) voor de hand (zeer indicatief: Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z < 3.000/4.000 µmol/l). Op zwak-calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3.000/4.000-8.000 µmol/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: 8.000-30.000 µmol/l) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20.000-50.000 µmol/l) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

Op locaties waar sprake is van calciumarme omstandigheden (totaal-Ca < 10 mmol/l en/of Ca-z < 4.000 µmol/l) kan op minerale zandbodems een eenmalige bekalking worden overwogen. Deze dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden).

Verschralingsduur

Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem 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. Het is mogelijk dat de berekende verschralingsduur overschat wordt indien er extra fosfaatimmobilisatie plaatsvindt. Extra immobilisatie van fosfaat kan plaatsvinden in ijzerrijke bodems.

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 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 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) x 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 hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Verschralen via uitmijnen verloopt ca. 4 keer zo snel dan verschralen via maaien en afvoeren (zie Bijlage 1)

Voor iedere locatie en bodemlaag is de verschralingsduur via maaien en afvoeren berekend voor voor een Olsen-P streefconcentratie van zowel 300, 500 als 800 µmol/l. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Deelgebied 1

Deelgebied 1 ligt ten noorden van de A67 en de Heitrakse Peel (Figuur 9). In dit deelgebied is de bodemchemische samenstelling op 5 locaties (1 t/m 5) bepaald (Tabel 7). De GHG in dit deelgebied varieert van 20-80 cm-mv en de GLG van 100 tot meer dan 150 cm-mv (Tabel 5). De toplaag (0-20/25 cm) van de zandige bouwvoor (30-45 cm dik) is sterk verrijkt met P (Olsen-P: 2045-5114 µmol/l en P-t: 17,9-50,7 mmol/l; Tabel 7). De verschralingsduur via maaien en afvoeren van de toplaag van de bouwvoor tot een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l varieert van ca. 130 tot 345 jaar. Ook de onderkant van de bouwvoor is op alle locaties in deelgebied 1 nog rijk aan P. Op locatie 1 en 2 is het veen onder de bouwvoor P-arm (< 300-500 µmol Olsen-P/l), maar op locatie 3 t/m 5 is P tot in diepere bodemlagen uitgespoeld (Tabel 7).

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op bodemlocaties 1 t/m 5 (deelgebied 1). HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. 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	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling 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 verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8	M12
1	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	9	20	0,9	2045	17,9	0,11	51	55	19	4	8	8	12	15546	695	2408	135	5,6	99	74	445	268	93	85	68	46
	20-35	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	8	24	1,0	3677	26,2	0,14	68	81	23	5	14	10											109	106	96	83
	35-45	veen, matig kleiig, veraard bosveen	O	54	54	0,5	293	2,9	0,10	27	45	7	1	15	8	49	11385	362	7384	230	4,2	99	145	85	61	0	0	0	0
	45-55	veen, matig kleiig, veraard bosveen	O	76	73	0,3	157	2,0	0,08	16	38	9	1	17	10											0	0	0	0
2	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	18	1,4	4422	31,5	0,14	69	44	27	7	11	6	22	14069	1277	3544	207	6,6	99	456	529	92	178	175	161	143
	20-35	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	20	1,3	4609	30,3	0,15	67	55	24	6	12	5											128	127	118	105
	35-50	veen, zwak kleiig, sterk veraard bosveen	O	29	41	0,7	522	4,4	0,12	70	178	12	3	44	11	35	23154	555	13407	252	5,9	100	9	236	93	7	1	0	0
	50-60	zand, zeer fijn, sterk siltig, humusinspoeling	BC	2	18	1,4	415	2,1	0,20	105	22	23	9	19	0											0	0	0	0
3	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	18	1,3	4507	27,6	0,16	76	41	25	6	10	6	29	12825	362	2811	191	6,0	99	222	373	213	154	154	142	127
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	3	18	1,3	4100	27,4	0,15	66	54	19	5	10	5											76	75	69	61
	30-40	zand, matig siltig, zwak humeus, inspoeling	B	3	17	1,3	4463	23,9	0,19	82	49	18	7	13	4	22	13921	397	3217	203	6,0	100	217	196	52	65	65	61	54
	40-50	zand, matig siltig, zwak humeus, inspoeling	B	2	18	1,3	2593	8,4	0,31	76	30	12	7	13	1											17	17	17	14
4	0-25	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	5	20	1,2	4759	24,5	0,19	67	62	21	5	9	7	34	15661	250	2359	186	5,9	99	144	232	324	168	168	159	143
	25-45	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	5	20	1,2	4323	24,5	0,18	68	65	22	6	12	5											135	135	125	111
	45-55	veen, matig kleiig, sterk veraard bosveen	O	20	45	0,7	2405	16,2	0,15	119	236	17	3	33	39	29	18249	200	5310	273	6,1	100	37	217	81	41	40	34	25
	55-65	zand, zwak siltig, zwak humeus, inspoeling	B	3	21	1,4	784	2,9	0,27	69	36	11	6	12	3											0	0	0	0
5	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	10	1,2	5114	50,7	0,10	80	87	19	5	9	5	10	13349	570	1445	137	5,8	99	197	182	78	298	286	267	243
	20-35	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	10	1,2	6661	32,9	0,20	74	61	16	5	8	3											140	140	136	127
	35-45	zand, zwak siltig, zwak humeus,omgewerkt	BC	3	9	1,3	6819	24,8	0,28	78	49	13	5	9	1	27	11958	379	2021	158	5,5	100	354	90	19	68	68	68	64
	45-55	zand, zwak siltig	C	1	6	1,4	4149	10,2	0,41	100	10	22	7	13	0											22	22	22	22

Voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur zullen de P-rijke bodemlagen afgegraven moeten worden. Per locatie zijn er de volgende mogelijkheden (zie Bijlage 1 voor aanvullende inrichtingsmaatregelen):

- Locatie 1: 35 cm afgraven (Olsen-P: 293 µmol/l en P-t: 2,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 45 mmol/l, Ca-z: ± 11.500 µmol/l en Fe-t: 7 mmol/l) op veraard veen (OS: 54%).
- Locatie 2: 35 cm afgraven (Olsen-P: 522 µmol/l en P-t: 4,4 mmol/l) in combinatie met beperkt aanvullend verschralingsbeheer (ca. 7 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 178 mmol/l, Ca-z: ± 23.000 µmol/l en Fe-t: 12 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 29%).
- Locatie 3: de bodem is tot op 50 cm diepte sterk verrijkt met P (Olsen-P: 2593 µmol/l en P-t: 8,4 mmol/l) en is daarmee niet kansrijk voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen. Geadviseerd wordt om door middel van maaien en afvoeren een kruidenrijker grasland te ontwikkelen.
- Locatie 4: niet kansrijk of 55 cm afgraven (Olsen-P: 784 µmol/l en P-t: 2,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van blauwgrasland (Ca-t: 36 mmol/l en Fe-t: 11 mmol/l) op zand. Geadviseerd wordt om door middel van maaien en afvoeren een kruidenrijker grasland te ontwikkelen.
- Locatie 5: de bodem is tot op 55 cm diepte sterk verrijkt met P (Olsen-P: 4149 µmol/l en P-t: 10,2 mmol/l) en is daarmee niet kansrijk voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen. Geadviseerd wordt om door middel van maaien en afvoeren een kruidenrijker grasland te ontwikkelen.

In paragraaf 3.5 wordt ingegaan op het risico op P-nalevering bij het vernatten van voedselrijke bodems. De labiele P-concentraties (P-z) zijn op alle locaties zeer hoog (Tabel 7) en daarmee is het risico op P-nalevering hoog.

Deelgebied 2

Deelgebied 2 is ten zuidwesten van de Heitrakse Peel gelegen, nabij de Veenpluisweg (Figuur 9). In dit deelgebied is de bodemchemische samenstelling op 3 locaties (6 t/m 8) bepaald (Tabel 8). De GHG in dit deelgebied varieert van 0-40 cm-mv en de GLG van 100-140 cm-mv (Tabel 5). De toplaag (0-20 cm) van de zandige bouwvoor (30-35 cm dik) is sterk verrijkt met P (Olsen-P: 2347-4227 µmol/l en P-t: 10,7-15,0 mmol/l; Tabel 8). De verschralingsduur via maaien en afvoeren van de toplaag van de bouwvoor tot een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l varieert van ca. 60 tot 85 jaar. Ook de onderkant van de bouwvoor is op alle locaties in deelgebied 2 nog rijk aan P. Op locatie 7 is het zand onder de bouwvoor licht verrijkt met P, maar op locatie 6 en 8 is P tot in diepere bodemlagen uitgespoeld (Tabel 8).

Per locatie zijn er de volgende potenties voor natuurontwikkeling (zie Bijlage 1 voor aanvullende inrichtingsmaatregelen):

- Locatie 6: niet kansrijk (maaien en afvoeren voor een kruidenrijker grasland) of 40 cm afgraven (Olsen-P: 1058 µmol/l en P-t: 5,7 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (minimaal 9 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 69 mmol/l en Fe-t: 27 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 27%).
- Locatie 7: 35 cm afgraven (Olsen-P: 1172 µmol/l en P-t: 4,2 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 4 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland of heide (Ca-t: 9 mmol/l, Ca-z: ± 4.500 µmol/l en Fe-t: 16 mmol/l).
- Locatie 8: de bodem is tot op 55 cm diepte sterk verrijkt met P (Olsen-P: 5712 µmol/l en P-t: 10,6 mmol/l) en is daarmee niet kansrijk voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen.

Geadviseerd wordt om door middel van maaien en afvoeren een kruidenrijker grasland te ontwikkelen.

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op bodemlocaties 6 t/m 8 (deelgebied 2). HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Zie Tabel 7 voor een toelichting van de gebruikte kleurarceringen.

Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8	M12
6	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	10	24	1,0	2347	10,7	0,22	70	45	23	5	13	12	65	17539	158	5051	230	5,5	99	37	392	95	48	48	44	33
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	10	26	1,1	2220	11,0	0,20	75	48	23	6	15	12											25	25	22	16
	30-40	veen, sterk veraard bosveen	O	15	38	0,9	1958	9,4	0,21	93	56	29	7	21	16	111	20767	895	11290	404	4,5	99	55	70	60	20	20	17	11
	40-50	veen, sterk veraard bosveen	O	27	54	0,6	1058	5,7	0,18	69	69	27	5	25	25											9	9	4	0
7	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	7	18	1,1	2942	13,7	0,21	61	27	21	5	7	5	23	9515	2799	2926	124	5,3	99	21	258	67	67	67	62	51
	20-35	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	6	20	1,2	4121	15,9	0,26	68	29	24	4	8	6											60	60	60	53
	35-45	zand, zwak siltig, zwak humeus, inspoeling	B	1	16	1,5	1172	4,2	0,28	76	9	16	5	8	0	76	4691	738	1288	174	5,2	98	3	154	6	4	4	4	0
	45-55	zand, zwak siltig, zwak grindig	C	1	13	1,4	660	3,1	0,21	101	6	23	8	13	0											0	0	0	0
8	0-20	zand, matig siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	12	25	1,0	4227	15,0	0,28	71	44	25	5	9	8	80	14973	1175	4041	155	5,0	98	142	384	156	75	75	75	67
	20-35	zand, matig siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	30	38	0,8	2417	10,0	0,24	59	62	23	4	10	11											33	33	31	24
	35-45	zand, sterk siltig, matig humeus, inspoeling	B	3	15	1,4	5894	11,5	0,51	151	10	28	9	15	2	206	5984	1920	1933	175	4,2	95	282	17	3	27	27	27	27
	45-55	zand, sterk siltig, matig humeus, inspoeling	B	2	15	1,6	5712	10,6	0,54	131	8	22	8	12	1											24	24	24	24

Deelgebied 3

Deelgebied 3 (noordelijke deel 't Molentje) ligt ten noorden van de Sint Vincentiusstraat (Figuur 9). In dit deelgebied is de bodemchemische samenstelling op 13 locaties (9 t/m 22) bepaald (Tabel 9). De GHG in dit deelgebied varieert van 0-30 cm-mv en de GLG van 70-120 cm-mv (Tabel 5). De fosfaatrijkdom van de toplaag (0-10/15/20 cm) van de zandige bouwvoor (10-30 cm dik) varieert sterk (Olsen-P: 428-3432 µmol/l en P-t: 2,8-21,1 mmol/l; Tabel 9), maar is over het algemeen minder rijk aan P dan in deelgebied 1 en 2. De verschralingsduur via maaien en afvoeren van de toplaag van de bouwvoor tot een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l varieert van ca. 0 tot 110 jaar. Alleen op locatie 15 was de P-arme bouwvoor dik genoeg om te splitsen in een toplaag en onderlaag. De potenties voor natuurontwikkeling zijn in deelgebied 3 zeer gunstig, aangezien de uitspoeling van P tot onder de bouwvoor zeer beperkt gebleven is (Tabel 9).

Per locatie zijn er de volgende potenties voor natuurontwikkeling (zie Bijlage 1 voor aanvullende inrichtingsmaatregelen):

- Locatie 9: 15 cm afgraven (Olsen-P: 500 µmol/l en P-t: 5,3 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 7 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 65 mmol/l, Ca-z: ± 20.000 µmol/l en Fe-t: 18 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 47%).
- Locatie 10: 20 cm afgraven (Olsen-P: 93 µmol/l en P-t: 2,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 41 mmol/l, Ca-z: ± 11.000 µmol/l en Fe-t: 9 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 83%).
- Locatie 11: 15 cm afgraven (Olsen-P: 224 µmol/l en P-t: 3,3 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 36 mmol/l, Ca-z: ± 14.000 µmol/l en Fe-t: 13 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 66%).

Tabel 9. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op bodemlocaties 9 t/m 22 (deelgebied 3). HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Zie Tabel 7 voor een toelichting van de gebruikte kleurarceringen.

Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8	M12
9	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	17	33	1,0	1103	11,2	0,10	62	65	26	6	21	15	82	19655	328	9838	236	5,2	99	17	283	159	38	29	14	0
	15-25	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	47	55	0,5	500	5,3	0,10	26	105	18	2	38	25	71	19843	315	14702	353	4,5	99	53	173	141	7	0	0	0
	25-35	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	83	78	0,2	225	2,3	0,10	10	39	11	1	15	13											0	0	0	0
	35-45	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	87	82	0,2	170	2,3	0,07	19	29	17	2	10	16											0	0	0	0
10	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	11	31	1,1	3432	16,4	0,21	75	53	31	6	21	15	75	18415	757	9943	262	5,1	98	88	263	247	84	84	79	67
	20-30	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	83	76	0,2	93	2,0	0,05	8	41	9	2	16	12	71	11139	1496	8192	564	4,0	98	122	38	31	0	0	0	0
	30-40	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	80	81	0,2	58	2,1	0,03	11	36	10	3	14	14											0	0	0	0
	40-50	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	93	81	0,2	217	2,0	0,11	19	34	12	3	12	16											0	0	0	0
11	0-15	zand, sterk siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	18	41	0,9	2132	13,9	0,15	94	77	34	3	26	19	173	21027	304	11019	529	5,0	98	59	31	93	51	50	41	28
	15-30	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	66	73	0,3	224	3,3	0,07	46	36	13	1	17	24	285	14125	185	10985	1738	3,8	97	36	133	54	0	0	0	0
	30-40	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	42	69	0,4	561	5,4	0,10	98	28	15	3	14	22											8	2	0	0
	40-50	veen, sterk kleiig, veraard veen, inspoeling	B	25	55	0,6	291	4,2	0,07	449	15	78	29	42	26											0	0	0	0
12	0-15	zand, matig siltig, sterk humeus, homogeen, bv	Ap	26	41	0,8	2887	19,4	0,15	53	102	30	3	19	22	51	27569	177	9440	232	4,8	99	303	46	124	77	75	66	53
	15-25	veen, zwak kleiig, sterk veraard bosveen	O	66	59	0,4	589	7,6	0,08	26	139	17	2	25	23	56	27074	134	11251	209	4,6	99	275	2079	108	12	4	0	0
	25-35	veen, zwak kleiig, sterk veraard bosveen	O	42	66	0,4	1010	5,8	0,17	50	52	13	1	13	13											9	9	4	0
	35-45	zand, matig siltig, zwak humeus, inspoeling	B	4	25	1,3	2733	5,4	0,50	85	10	17	6	11	2	323	8234	251	3664	499	4,1	94	156	17	15	8	8	8	8
13	0-20	zand, matig siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	23	42	0,8	2156	18,9	0,11	57	122	31	4	33	22	68	23685	366	12812	822	5,3	99	129	541	152	100	91	74	52
	20-35	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	76	74	0,2	406	3,0	0,14	22	46	15	1	19	14	117	14585	424	10537	543	4,3	98	117	12	159	0	0	0	0
	35-50	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	52	69	0,3	1220	11,7	0,10	93	28	20	2	10	23	466	9565	846	6011	676	4,0	94	45	21	77	41	32	19	1
	50-60	veen, sterk kleiig, inspoeling	B	6	36	1,1	1455	4,3	0,34	157	8	38	12	24	9	1242	5507	2120	3572	944	3,9	81	13	6	66	4	4	4	2
14	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	11	28	0,9	792	9,0	0,09	112	66	37	5	23	16	113	18478	166	7187	577	5,3	99	5	426	75	35	21	0	0
	20-30	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	63	68	0,3	166	3,9	0,04	40	70	20	1	19	23	123	18338	116	10011	1869	4,3	98	4	18	197	0	0	0	0
	30-40	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	86	82	0,2	46	1,4	0,03	9	36	8	0	12	14											0	0	0	0
	40-50	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	94	86	0,1	84	1,0	0,08	6	22	6	0	8	10											0	0	0	0
15	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	7	23	1,2	428	2,8	0,15	66	16	20	5	13	5	161	8974	267	5254	229	4,4	97	3	8	7	0	0	0	0
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	5	23	1,3	544	3,7	0,15	82	15	22	6	16	7											2	1	0	0
	30-40	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen, omgewerkt	O	32	64	0,4	79	2,3	0,03	26	33	9	1	19	19	140	12581	109	11095	700	4,1	98	25	7	21	0	0	0	0
	40-50	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen, omgewerkt	O	18	41	0,8	334	2,8	0,12	49	26	14	3	15	13											0	0	0	0
16	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	8	26	1,2	2140	9,4	0,23	76	44	23	5	10	6	118	17686	193	3354	202	4,9	99	15	180	79	40	40	37	26
	20-35	veen, sterk kleiig, sterk veraard bosveen, omgewerkt	O	10	33	0,9	520	4,9	0,11	83	46	13	11	12	9	176	13514	173	5070	297	4,3	98	5	19	40	9	1	0	0
	35-45	veen, sterk kleiig, sterk veraard bosveen, omgewerkt	O	44	69	0,3	133	2,6	0,05	31	46	11	1	14	13											0	0	0	0
	45-55	zand, matig siltig, zwak humeus, inspoeling	B	2	18	1,5	612	1,8	0,34	68	4	13	5	8	0											0	0	0	0
17	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	18	35	0,9	870	12,2	0,07	73	71	34	4	15	16	101	24114	93	6348	263	4,9	99	10	178	190	37	24	5	0
	15-25	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	92	67	0,2	49	2,5	0,02	14	108	16	1	20	15	52	20182	77	8573	382	4,4	99	12	16	51	0	0	0	0
	25-35	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	94	80	0,2	75	1,4	0,06	4	40	7	0	10	11											0	0	0	0
	35-45	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	93	85	0,1	86	1,1	0,08	4	24	5	0	7	9											0	0	0	0
18	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	6	26	1,2	2603	16,6	0,16	87	35	42	6	14	11	118	16674	216	2983	258	4,9	98	19	463	146	64	63	54	42
	15-25	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	20	40	0,8	469	4,0	0,12	64	61	15	2	14	10	84	17639	115	7278	213	4,7	99	3	103	114	3	0	0	0
	25-35	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	41	61	0,4	207	5,0	0,04	50	58	20	1	16	16											0	0	0	0
	35-45	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	74	76	0,2	192	2,8	0,07	16	33	10	1	10	11											0	0	0	0
19	0-10	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	22	41	0,8	720	13,2	0,05	70	136	33	4	18	20	47	30694	285	6360	345	5,4	99	13	378	224	24	13	0	0
	10-20	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	81	69	0,3	184	3,1	0,06	7	192	11	1	18	17	9	26812	29	6214	526	4,6	99	17	172	354	0	0	0	0
	20-30	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	91	80	0,2	128	1,7	0,07	3	100	7	0	13	11											0	0	0	0
	30-40	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	94	84	0,1	30	1,2	0,02	3	51	6	0	8	8											0	0	0	0
20	0-15	zand, sterk siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	20	39	0,9	1601	15,4	0,10	45	101	29	4	20	19	70	25864	558	9062	420	5,4	99	44	397	180	58	50	36	18
	15-25	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	79	66	0,3	440	5,0	0,09	19	76	17	1	17	13	60	21594	427	10022	807	5,3	99	53	219	443	5	0	0	0
	25-35	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	83	75	0,2	176	2,7	0,06	12	86	21	1	20	15											0	0	0	0
	35-45	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	90	79	0,2	137	2,3	0,06	19	47	22	0	9	17											0	0	0	0
21	0-15	zand, sterk siltig, sterk humeus, homogeen, bv	Ap	39	47	0,6	916	9,1	0,10	36	87	29	2	16	20	146	22684	235	7239	229	4,2	98	28	395	149	29	19	5	0
	15-30	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	79	76	0,2	191	2,0	0,10	6	43	9	0	11	12	107	17257	175	6520	246	4,2	98	49	175	101	0	0	0	0
	30-40	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	93	80	0,2	432	4,6	0,09	35	35	12	0	9	13											4	0	0	0
	40-50	klei, matig siltig, sterk humeus, inspoeling	B	29	54	0,6	4611	22,1	0,21	187	26	22	3	12	11											60	60	57	51
22	0-20	zand, sterk siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	18	39	0,9	2732	21,1	0,13	95	109	36	5	27	21	84	25618	200	10362	953	5,3	99	54	87	60	113	108	93	74
	20-30	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	56	65	0,4	221	5,0	0,04	25	121	30	1	28	26	54	21869	147	11013	2946	4,6	99	15	47	121	0	0	0	0
	30-40	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	90	74	0,3	162	2,3	0,07	14	80	31	1	19	20											0	0	0	0
	40-50	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	91	75	0,3	131	2,8	0,05	25	62	34	1	14	24											0	0	0	0

- Locatie 12: 15 cm afgraven (Olsen-P: 589 µmol/l en P-t: 7,6 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 15 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 139 mmol/l, Ca-z: ± 27.000 µmol/l en Fe-t: 17 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 66%). Aanvullend verschralingsbeheer is nodig omdat het veen op grotere diepte P-

rijker is (Tabel 9). Op deze locatie zijn ook de labiele P en nitraatconcentraties erg hoog (P-z: 275 µmol/l en NO_3-z: 2079 µmol/l).

- Locatie 13: 20 cm afgraven (Olsen-P: 406 µmol/l en P-t: 3,0 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 20 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 46 mmol/l, Ca-z: ± 14.500 µmol/l en Fe-t: 15 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 76%). Aanvullend verschralingsbeheer is nodig omdat het veen op grotere diepte P-rijker is (Tabel 9).
- Locatie 14: 20 cm afgraven (Olsen-P: 166 µmol/l en P-t: 3,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 70 mmol/l, Ca-z: ± 18.500 µmol/l en Fe-t: 20 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 63%).
- Locatie 15: zode verwijderen (voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten; Olsen-P: 428 µmol/l en P-t: 2,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 16 mmol/l, Ca-z: ± 9.000 µmol/l en Fe-t: 20 mmol/l) op zand.
- Locatie 16: 20 cm afgraven (Olsen-P: 520 µmol/l en P-t: 4,9 mmol/l) in combinatie met beperkt aanvullend verschralingsbeheer (ca. 9 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 46 mmol/l, Ca-z: ± 13.500 µmol/l en Fe-t: 13 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 10%).
- Locatie 17: 15 cm afgraven (Olsen-P: 49 µmol/l en P-t: 2,5 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 108 mmol/l, Ca-z: ± 20.000 µmol/l en Fe-t: 16 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 92%).
- Locatie 18: 15 cm afgraven (Olsen-P: 469 µmol/l en P-t: 4,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 61 mmol/l, Ca-z: ± 17.500 µmol/l en Fe-t: 15 mmol/l) op veraard veen (OS: 20%).
- Locatie 19: 10 cm afgraven (Olsen-P: 184 µmol/l en P-t: 3,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 192 mmol/l, Ca-z: ± 27.000 µmol/l en Fe-t: 11 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 81%).
- Locatie 20: 15 cm afgraven (Olsen-P: 440 µmol/l en P-t: 5,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 76 mmol/l, Ca-z: ± 21.500 µmol/l en Fe-t: 17 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 79%).
- Locatie 21: 15 cm afgraven (Olsen-P: 191 µmol/l en P-t: 2,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 43 mmol/l, Ca-z: ± 17.500 µmol/l en Fe-t: 9 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 79%).
- Locatie 22: 20 cm afgraven (Olsen-P: 221 µmol/l en P-t: 5,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 121 mmol/l, Ca-z: ± 22.000 µmol/l en Fe-t: 30 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 56%).

Deelgebied 4

Deelgebied 4 (zuidelijke deel 't Molentje) ligt ten zuiden van de Sint Vincentiusstraat (Figuur 9). In dit deelgebied is de bodemchemische samenstelling op 19 locaties (23 t/m 41) bepaald (Tabel 10). De GHG in dit deelgebied varieert van 0-30 cm-mv en de GLG van 90-140 cm-mv (Tabel 5). Net als in deelgebied 3 varieert de fosfaatrijkdom van de toplaag (0-10/15/20 cm) van de bouwvoor (10-40 cm dik) sterk (Olsen-P: 326-5340 µmol/l en P-t: 3,7-32,9 mmol/l; Tabel 10). De verschralingsduur via maaien en afvoeren van de toplaag van de bouwvoor tot een Olsen-P

streefconcentratie van 500 µmol/l varieert van ca. 0 tot 175 jaar. Alleen op locatie 40 was de P-arme bouwvoor dik genoeg om te splitsen in een toplaag en onderlaag. Uitgezonderd locatie 30, 31 en 39 (venige bouwvoor), is de bouwvoor zandig. Ook in deelgebied 4 zijn de potenties voor natuurontwikkeling gunstig, aangezien de uitspoeling van P tot onder de bouwvoor zeer beperkt gebleven is (Tabel 10).

Per locatie zijn er de volgende potenties voor natuurontwikkeling (zie Bijlage 1 voor aanvullende inrichtingsmaatregelen):

- Locatie 23: 10 cm afgraven (Olsen-P: 761 µmol/l en P-t: 6,2 mmol/l) in combinatie met een aanvullend verschralingsbeheer (ca. 7-10 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 79 mmol/l, Ca-z: ± 28.000 µmol/l en Fe-t: 24 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 71%). Als alternatief kan er 20 cm worden afgegraven (Olsen-P: 95 µmol/l en P-t: 2,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 46 mmol/l en Fe-t: 8 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 82%).
- Locatie 24: 10 cm afgraven (Olsen-P: 340 µmol/l en P-t: 3,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 77 mmol/l, Ca-z: ± 22.500 µmol/l en Fe-t: 24 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 79%).
- Locatie 25: 10 cm afgraven (Olsen-P: 94 µmol/l en P-t: 2,4 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 60 mmol/l, Ca-z: ± 15.500 µmol/l en Fe-t: 13 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 88%).
- Locatie 26: 15 cm afgraven (Olsen-P: 167 µmol/l en P-t: 2,4 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 20 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 47 mmol/l, Ca-z: ± 15.000 µmol/l en Fe-t: 11 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 85%). Aanvullend verschralingsbeheer is nodig omdat het veen op grotere diepte P-rijker is (Tabel 10).
- Locatie 27: 10 cm afgraven (Olsen-P: 101 µmol/l en P-t: 2,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 45 mmol/l, Ca-z: ± 17.000 µmol/l en Fe-t: 9 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 80%).
- Locatie 28: 10 cm afgraven (Olsen-P: 51 µmol/l en P-t: 1,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 78 mmol/l, Ca-z: ± 21.500 µmol/l en Fe-t: 11 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 93%).
- Locatie 29: 15 cm afgraven (Olsen-P: 320 µmol/l en P-t: 2,8 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 71 mmol/l, Ca-z: ± 24.000 µmol/l en Fe-t: 10 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 86%).

Tabel 10 - volgende pagina. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op bodemlocaties 23 t/m 41 (deelgebied 4). HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Zie Tabel 7 voor een toelichting van de gebruikte kleurarceringen.

Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Olsen-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8	M12
23	0-10	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	9	25	1,2	5340	20,0	0,27	89	34	33	6	11	13	326	18972	4047	2886	2622	4,7	94	69	319	1205	53	53	53	48
	10-20	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	71	61	0,5	761	6,2	0,12	36	79	24	2	12	26	276	27783	191	8002	1059	3,9	97	79	67	236	10	7	0	0
	20-30	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	82	80	0,2	95	2,1	0,05	10	46	8	0	10	20											0	0	0	0
	30-40	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	92	85	0,1	93	1,3	0,07	9	19	9	0	4	12											0	0	0	0
24	0-10	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	11	28	0,9	2264	10,7	0,21	49	18	26	4	6	12	284	10434	349	1630	188	4,2	92	16	498	239	24	24	22	16
	10-20	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	79	64	0,3	340	3,8	0,09	19	77	24	1	8	19	160	22588	160	4317	263	3,8	96	54	205	140	1	0	0	0
	20-30	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	91	74	0,2	144	2,1	0,07	11	47	10	0	6	14											0	0	0	0
	30-40	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	91	82	0,2	140	1,3	0,11	8	24	10	0	5	9											0	0	0	0
25	0-10	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	19	36	0,8	1237	16,9	0,07	65	60	36	4	10	18	179	23586	157	3297	232	4,5	97	20	536	90	40	32	19	2
	10-20	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	88	70	0,2	94	2,4	0,04	8	60	13	0	6	13	63	15580	107	2859	235	3,9	97	56	78	130	0	0	0	0
	20-30	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	95	82	0,1	44	1,4	0,03	3	32	10	0	5	8											0	0	0	0
	30-40	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	93	85	0,1	63	1,6	0,04	6	31	13	0	5	9											0	0	0	0
26	0-15	zand, matig siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	25	41	0,7	2012	12,2	0,17	41	55	21	6	17	19	76	17409	2393	7107	221	4,4	98	91	424	188	43	43	34	23
	15-30	veen, matig veraard bosveen	O	85	77	0,2	167	2,4	0,07	13	47	11	1	12	14	125	14998	528	6968	377	3,9	98	95	133	50	0	0	0	0
	30-45	veen, matig veraard bosveen	O	48	67	0,3	2254	8,9	0,25	59	24	9	3	8	9											28	28	27	19
	45-55	veen, matig veraard bosveen	O	5	25	1,2	4096	8,1	0,50	129	10	26	7	17	3											16	16	16	16
27	0-10	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	21	33	0,8	2453	13,0	0,19	59	54	31	4	10	12	125	17957	127	3227	185	4,3	97	76	290	119	31	31	27	21
	10-25	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	80	74	0,2	101	2,0	0,05	6	45	9	0	6	9	37	17191	80	3586	166	4,0	98	92	236	44	0	0	0	0
	25-40	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	93	83	0,2	133	1,3	0,11	6	30	10	0	6	8											0	0	0	0
	40-55	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	83	82	0,2	57	1,8	0,03	15	21	7	0	6	10											0	0	0	0
	55-65	zand, matig siltig, zwak humeus, inspoeling	B	3	25	1,3	703	1,9	0,36	47	5	8	3	6	2											0	0	0	0
28	0-10	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	17	31	0,9	1310	13,2	0,10	69	56	41	5	10	14	157	21223	137	2876	192	4,5	97	11	327	107	32	25	16	3
	10-20	veen, veraard bosveen	O	93	73	0,2	51	1,9	0,03	8	78	11	0	8	12	64	21380	79	4307	214	3,9	98	33	49	31	0	0	0	0
	20-30	veen, veraard bosveen	O	81	78	0,2	256	2,2	0,12	7	34	8	0	6	9											0	0	0	0
	30-40	veen, veraard bosveen	O	96	87	0,1	14	0,9	0,02	2	17	5	0	4	7											0	0	0	0
29	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	19	38	0,9	1617	17,8	0,09	78	123	49	6	30	24	75	28504	170	9285	363	5,1	99	26	261	102	68	58	42	21
	15-25	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	86	74	0,3	320	2,8	0,11	11	71	10	1	20	19	86	24072	267	12349	506	4,3	98	53	36	422	0	0	0	0
	25-35	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	92	85	0,1	158	1,6	0,10	7	25	13	0	9	9											0	0	0	0
	35-45	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	94	85	0,1	119	1,8	0,07	12	16	12	1	6	11											0	0	0	0
30	0-10	veen, sterk veraard bosveen, bv	Ap	54	65	0,3	326	3,7	0,09	18	71	9	1	14	30	173	20027	143	6019	214	3,9	97	45	326	107	1	0	0	0
	10-20	veen, veraard bosveen	O	96	82	0,2	70	1,0	0,07	4	38	3	0	9	11	56	15433	85	5701	555	3,5	96	31	13	75	0	0	0	0
	20-30	veen, veraard bosveen	O	96	83	0,2	99	1,0	0,10	3	27	3	0	6	10											0	0	0	0
	30-40	veen, veraard bosveen	O	97	87	0,1	24	0,7	0,03	2	15	2	0	4	8											0	0	0	0
31	0-20	veen, matig veraard bosveen, heterogeen, bv	Ap	28	47	0,6	1061	7,5	0,14	32	117	21	2	24	21	44	23252	138	9223	239	4,6	99	146	217	121	28	25	11	0
	20-35	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	94	83	0,2	265	1,5	0,18	6	30	9	0	9	8	64	13630	200	7092	535	3,6	97	158	41	26	0	0	0	0
	35-55	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	35	69	0,3	1382	6,0	0,23	39	29	13	2	11	14											19	19	16	5
	55-65	klei, matig zandig, matig humeus, inspoeling	B	3	22	1,4	4259	7,6	0,56	72	4	14	5	9	2											15	15	15	15
32	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	19	38	0,9	1662	14,8	0,11	58	90	32	4	17	16	85	25654	91	7140	336	5,0	98	22	436	276	55	48	36	19
	15-25	veen, zwak kleiig, veraard bosveen	O	62	77	0,2	193	2,3	0,08	9	54	6	0	11	15	84	17402	48	6137	374	4,6	98	39	95	151	0	0	0	0
	25-35	veen, zwak kleiig, veraard bosveen	O	95	87	0,1	27	0,9	0,03	3	24	3	0	7	9											0	0	0	0
	35-45	veen, zwak kleiig, veraard bosveen	O	94	88	0,1	73	0,8	0,10	3	20	2	0	6	8											0	0	0	0
33	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	21	44	0,7	3470	28,3	0,12	50	89	31	12	30	24	47	19514	5778	10363	851	5,3	99	222	209	157	119	114	102	87
	15-35	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	93	81	0,1	258	1,9	0,14	5	45	8	1	14	13	20	11221	570	7424	2962	4,1	99	105	2	3	0	0	0	0
	35-55	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	52	64	0,4	292	1,7	0,17	29	16	4	1	7	7											0	0	0	0
	55-65	klei, matig zandig, sterk humeus, inspoeling	B	5	24	1,3	2140	5,3	0,41	82	6	5	4	6	3											7	7	7	7
34	0-15	zand, matig siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	20	34	0,8	2230	21,1	0,11	72	75	34	6	16	14	47	24080	120	5396	193	4,8	99	134	417	122	85	77	64	46
	15-25	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	91	80	0,2	91	1,9	0,05	6	55	8	0	7	9	41	17659	108	4458	170	4,2	99	99	157	50	0	0	0	0
	25-35	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	81	83	0,2	250	2,3	0,11	14	40	9	0	6	10											0	0	0	0
	35-45	veen, zwak kleiig, zwak veraard bosveen	O	75	79	0,2	572	3,7	0,15	25	23	6	0	4	9	136	13108	90	3825	258	3,9	97	127	36	9	2	1	0	0
35	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	15	34	0,9	2998	32,9	0,09	61	96	40	4	11	16	58	25485	105	3520	254	5,1	98	97	198	167	139	128	113	92
	15-30	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	90	79	0,2	218	2,3	0,09	14	57	14	0	7	11	54	18645	120	4085	205	4,2	99	79	37	70	0	0	0	0
	30-45	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	38	68	0,3	1113	11,9	0,09	180	47	43	4	14	14											41	31	16	0
	45-55	klei, zwak siltig, sterk humeus, inspoeling	B	8	35	1,1	2335	19,4	0,12	894	44	223	29	64	6											51	48	40	29
36	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	12	28	1,0	4392	30,2	0,15	70	78	41	7	19	13	89	19948	1891	7111	440	5,4	97	109	568	127	128	126	116	103
	15-25	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	89	71	0,2	277	3,2	0,09	12	95	5	1	15	18	91	22826	242	8030	1231	4,9	98	118	278	266	0	0	0	0
	25-35	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	92	81	0,1	60	1,2	0,05	3	60	1	0	11	19											0	0	0	0
	35-45	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	92	86	0,1	134	1,0	0,13	3	33	2	0	7	14											0	0	0	0
37	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	17	36	0,8	2484	16,4	0,15	55	69	26	5	17	15											63	61	52	40
	15-25	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	88	78	0,2	306	1,7	0,18	4	25	4	1	6	7	41	11553	444	5023	471	4,2	98	165	37	116	0	0	0	0
	25-35	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	94	84	0,1	344	1,5	0,24	3	18	3	1	5	7	33	8818	594	4251	1252	3,7	97	191	13	15	0	0	0	0
	35-45	veen, matig kleiig, zwak veraard bosveen	O	95	86	0,1	279	1,2	0,23	4	19	5	1	6	9											0	0	0	0
38	0-10	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	23	35	0,8	2595	17,1	0,15	54	64	25	9	19	15	28	17937	6109	9933	191	5,0	99	197	339	221	44	43	37	29
	10-30	veen, matig kleiig, sterk veraard bosveen	O	61	68	0,3	378	3,3	0,11	35	49	8	4	10	13	394	12316	2131	4374	178	3,7	95	80	33	8	2	0	0	0
	30-45	klei, sterk zandig, sterk humeus, inspoeling	B	9	27	1,2	2068	6,7	0,31	167	13	21	10	16	4	1053	10356	1396	3663	344	3,9	88	34	4	14	17	17	17	13
	45-55	zand, zwak siltig, zwak humeus, inspoeling	BC	2	17	1,5	557	1,6	0,35	97	5	23	9	14	0											0	0	0	0
39	0-20	veen, zwak kleiig, sterk veraard bosveen, bv	Ap	53	56	0,4	448	5,7	0,08	32	79	15	1	18	19	98	18152	239	7467	187	4,5	98	30	362	191	12	0	0	0
	20-35	veen, zwak kleiig, sterk veraard bosveen, bv	Ap	19	36	0,9	1962	5,8	0,34	69	23	7	3	9	4											13	13	13	11
	35-45	zand, sterk siltig, matig humeus, inspoeling	B	6	23	1,3	2784	5,7	0,49	75	9	9	6	9	2	426	9174	197	4296	350	4,0	93	99	31	48	17	17	17	17
	45-55	zand, sterk siltig, matig humeus, inspoeling	B	4	20	1,2	1528	4,1	0,38	85	8	15	7	11	3											3	3	3	3
40	0-20	zand, sterk siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	13	28	1,0	4141	25,5	0,16	68	64	26	4	11	14	56	22482	151	3812	212	5,0	99	106	330	100	141	140	129	113
	20-40	zand, sterk siltig, sterk humeus, heterogeen, bv	Ap	17	36	0,8	3504	24,4	0,14	68	75	31	3	13	12											134	131	118	100
	40-50	klei, sterk zandig, matig humeus, inspoeling	B	4	22	1,3	1551	4,3	0,36	176	19	35	9	25	2	150	11716	257	7159	397	4,6	98	33	123	32	4	4	4	3
	50-60	zand, zwak siltig, zwak humeus, inspoeling	BC	1	18	1,4	395	1,4	0,29	81	8	20	7	13	1											0	0	0	0
41	0-15	zand, sterk siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	17	41	0,8	3791	18,7	0,20	58	38	31	5	13	15	156	19502	196	4188	253	4,7	96	41	243	243	74	74	69	60
	15-25	veen, matig kleiig, veraard bosveen	O	83	73	0,2	390	3,0	0,13	15	71	6	1	13	19	142	24572	128	8346	438	4,1	98	137	136	181	0	0	0	0
	25-35	veen, matig kleiig, veraard bosveen	O	90	83	0,1	193	1,3	0,14	3	28	3	0	7	10											0	0	0	0
	35-45	veen, matig kleiig, veraard bosveen	O	83	84	0,1	274	1,5	0,18	6	30	5	0	9	9											0	0	0	0

- Locatie 30: zode verwijderen (voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten; Olsen-P: 326 µmol/l en P-t: 3,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 71 mmol/l, Ca-z: ± 20.000 µmol/l en Fe-t: 9 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 96%).
- Locatie 31: 20 cm afgraven (Olsen-P: 265 µmol/l en P-t: 1,5 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 30 mmol/l, Ca-z: ± 13.500 µmol/l en Fe-t: 9 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 94%). Aanvullend verschralingsbeheer is nodig omdat het veen en klei/leem op grotere diepte P-rijker is (Tabel 10).
- Locatie 32: 15 cm afgraven (Olsen-P: 193 µmol/l en P-t: 2,3 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 54 mmol/l, Ca-z: ± 17.500 µmol/l en Fe-t: 6 mmol/l) op veraard veen (OS: 62%).
- Locatie 33: 15 cm afgraven (Olsen-P: 258 µmol/l en P-t: 1,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 45 mmol/l, Ca-z: ± 11.000 µmol/l en Fe-t: 8 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 93%).
- Locatie 34: 15 cm afgraven (Olsen-P: 91 µmol/l en P-t: 1,9 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 55 mmol/l, Ca-z: ± 17.500 µmol/l en Fe-t: 8 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 91%).
- Locatie 35: 15 cm afgraven (Olsen-P: 218 µmol/l en P-t: 2,3 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 10-20 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 57 mmol/l, Ca-z: ± 18.500 µmol/l en Fe-t: 14 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 90%). Aanvullend verschralingsbeheer is nodig omdat het veen en klei/leem op grotere diepte P-rijker is (Tabel 10).
- Locatie 36: 15 cm afgraven (Olsen-P: 277 µmol/l en P-t: 3,2 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 95 mmol/l, Ca-z: ± 23.000 µmol/l en Fe-t: 5 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 89%).
- Locatie 37: 15 cm afgraven (Olsen-P: 306 µmol/l en P-t: 1,7 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 25 mmol/l, Ca-z: ± 11.500 µmol/l en Fe-t: 4 mmol/l) op zwak veraard veen (OS: 88%).
- Locatie 38: 10 cm afgraven (Olsen-P: 378 µmol/l en P-t: 3,3 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 8 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 49 mmol/l, Ca-z: ± 12.500 µmol/l en Fe-t: 8 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 61%). Aanvullend verschralingsbeheer is nodig omdat het klei/leem op grotere diepte P-rijker is (Tabel 10).
- Locatie 39: zode verwijderen (voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten; Olsen-P: 448 µmol/l en P-t: 5,7 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 79 mmol/l, Ca-z: ± 18.000 µmol/l en Fe-t: 25 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 53%).
- Locatie 40: niet kansrijk (maaien en afvoeren voor een kruidenrijker grasland) of 40 cm afgraven (Olsen-P: 1551 µmol/l en P-t: 4,3 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 4 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 19 mmol/l, Ca-z: ± 11.500 µmol/l en Fe-t: 35 mmol/l) op kleiig zand/zandige klei (OS: 4%).
- Locatie 41: 15 cm afgraven (Olsen-P: 390 µmol/l en P-t: 3,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 71 mmol/l, Ca-z: ± 24.500 µmol/l en Fe-t: 6 mmol/l) op veraard veen (OS: 83%).

Deelgebied 5

Deelgebied 5 ligt ten noorden van 't Zinkske en grenzend aan het Kanaal van Deurne (Figuur 9). In dit deelgebied is de bodemchemische samenstelling op 10 locaties (42 t/m 51) bepaald (Tabel 11). De GHG in dit deelgebied varieert van 0-40 cm-mv en de GLG van 90-130 cm-mv (Tabel 5). In dit deelgebied is de zandige bouwvoor dikker (25-40 cm) dan in de deelgebieden 3 en 4. De fosfaatrijkdom van de toplaag (0-15/20 cm) van de bouwvoor sterk (Olsen-P: 1467-5355 µmol/l en P-t: 7,0-22,5 mmol/l; Tabel 11). De verschralingsduur via maaien en afvoeren van de toplaag van de bouwvoor tot een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l varieert van ca. 35 tot 150 jaar. De onderkant van de bouwvoor is op vrijwel alle locaties nog rijk aan P en op een groot aantal locaties is fosfaat ook uitgespoeld naar diepere (veen)bodemlagen (Tabel 11).

Tabel 11. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op bodemlocaties 42 t/m 51 (deelgebied 5). HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Zie Tabel 7 voor een toelichting van de gebruikte kleurarceringen.

Loc.	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8	M12
42	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	7	23	1,2	3761	14,5	0,26	51	40	16	3	8	7	60	16361	156	2520	226	5,2	99	100	185	61	72	72	71	62
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	7	24	1,1	3100	14,5	0,21	48	43	15	3	8	8											36	36	34	28
	30-45	zand, zwak siltig, zwak humeus, inspoeling	BC	5	23	1,0	2758	5,1	0,54	39	13	9	2	6	2	71	6453	235	2212	275	4,8	98	163	15	37	10	10	10	10
	45-55	veen, zwak kleiig, sterk veraard bosveen	O	65	73	0,2	292	2,0	0,15	21	30	7	1	14	17											0	0	0	0
43	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	9	25	0,9	3884	14,8	0,26	53	45	20	5	14	10	32	14148	1239	4759	236	5,3	99	169	92	85	74	74	73	64
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	8	24	1,0	4708	14,5	0,33	62	44	20	5	15	8	43	14451	859	5631	230	5,2	99	264	44	34	36	36	36	34
	30-40	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	80	70	0,2	614	4,1	0,15	17	54	7	3	20	25	122	12816	3538	9069	424	4,2	98	370	15	59	3	2	0	0
	40-50	veen, zwak kleiig, matig veraard bosveen	O	69	75	0,2	960	3,3	0,29	19	24	6	4	10	20	142	10518	4112	6803	1162	3,9	97	530	18	107	1	1	1	0
44	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	7	26	1,0	1800	9,4	0,19	45	56	14	3	14	10	59	12626	508	4553	312	3,9	98	45	326	72	40	40	33	20
	20-40	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	22	1,1	268	1,5	0,18	50	12	5	3	7	3											0	0	0	0
	40-50	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	8	32	0,9	327	2,1	0,16	47	13	4	2	6	8	407	6790	369	3045	684	3,9	92	2	33	29	0	0	0	0
	50-60	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	6	28	1,1	815	2,7	0,30	52	9	5	3	6	4											0	0	0	0
45	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	5	20	1,1	1467	7,0	0,21	53	9	17	5	7	6	99	8830	628	1128	156	4,8	97	9	57	102	19	19	15	6
	15-25	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	22	1,2	1709	7,9	0,22	70	22	20	6	9	5											15	15	13	7
	25-35	veen, matig kleiig, veraard bosveen	O	69	66	0,3	381	2,6	0,15	18	48	13	1	13	12	108	18702	406	6958	323	4,1	98	77	2	116	0	0	0	0
	35-45	veen, matig kleiig, veraard bosveen	O	36	59	0,5	775	2,2	0,35	17	14	7	2	6	8											0	0	0	0
46	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	5	22	1,1	3246	22,5	0,14	65	53	22	5	8	7	49	15666	172	742	283	5,1	98	135	278	104	122	119	106	89
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	5	20	1,1	3204	21,6	0,15	59	54	19	4	8	7											58	57	51	42
	30-40	veen, sterk veraard bosveen, doorgewerkt	O	24	47	0,6	1991	10,7	0,19	28	83	11	2	11	12	19	25270	190	6718	1005	5,6	100	190	263	181	24	24	20	13
	40-50	veen, sterk veraard bosveen, doorgewerkt	O	31	58	0,4	1086	4,4	0,25	18	74	7	1	14	16											4	4	4	0
	50-60	zand, sterk siltig, zwak humeus, inspoeling	BC	3	23	1,3	3550	7,1	0,50	66	19	12	6	14	3											13	13	13	13
47	0-15	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	7	29	1,1	4263	18,2	0,23	71	37	22	8	15	9	39	13349	3161	5483	223	5,2	98	478	23	78	71	71	69	61
	15-25	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	7	31	1,1	4268	17,4	0,25	69	35	21	8	16	8											45	45	44	39
	25-35	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	43	56	0,4	1153	5,7	0,20	24	53	12	4	21	16	89	16648	3495	13834	1006	4,6	99	270	205	101	9	9	5	0
	35-45	veen, matig kleiig, matig veraard bosveen	O	16	45	0,7	2381	5,9	0,40	34	25	9	4	13	13											9	9	9	9
48	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	4	21	1,3	5355	15,9	0,34	74	20	21	8	13	6	57	8938	2258	2505	239	5,0	97	176	44	117	80	80	80	77
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	4	22	1,2	4764	16,5	0,29	68	24	20	8	14	9											42	42	42	39
	30-45	veen, zwak kleiig, sterk veraard bosveen	O	73	65	0,3	1268	5,7	0,22	27	52	13	6	20	21	85	13070	3998	11086	365	4,2	99	348	105	65	13	13	10	1
	45-55	zand, matig siltig, zwak humeus, inspoeling	BC	7	29	1,1	1560	3,2	0,48	29	10	4	4	7	5											1	1	1	1
49	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	5	21	1,2	2816	13,4	0,21	61	37	16	4	8	5	19	14018	191	1796	173	5,4	99	117	210	58	65	65	60	48
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	4	19	1,3	3200	13,0	0,25	62	36	16	5	9	4											31	31	31	25
	30-40	veen, matig kleiig, sterk veraard bosveen, doorgewerkt	O	18	38	0,8	1202	6,4	0,19	40	68	11	2	17	14	69	20666	150	9945	284	5,1	99	124	78	353	11	11	7	0
	40-50	veen, matig kleiig, sterk veraard bosveen, doorgewerkt	O	22	48	0,7	1185	3,9	0,31	32	24	6	1	10	7											3	3	3	0
50	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	6	22	1,2	2758	16,3	0,17	68	53	24	5	12	7	18	16659	175	3228	214	5,6	100	111	336	83	83	83	72	58
	20-30	zand, matig siltig, matig humeus, homogeen, bv	Ap	5	22	1,2	2740	14,2	0,19	65	53	23	5	12	6											35	35	31	25
	30-45	zand, zwak siltig, uitspoeling	E	2	17	1,3	705	1,6	0,44	25	9	4	3	4	0	18	6120	330	1809	198	5,9	99	91	29	5	0	0	0	0
	45-55	zand, matig siltig, zwak humeus, inspoeling	BC	1	17	1,3	2828	6,3	0,45	71	16	16	5	10	0											10	10	10	10
51	0-20	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	6	21	1,1	3243	16,2	0,20	86	44	25	7	15	7	24	14646	265	2891	200	5,6	99	102	444	116	82	82	76	64
	20-35	zand, matig siltig, matig humeus, heterogeen, bv	Ap	7	23	1,1	4250	19,8	0,21	69	57	20	4	15	6											79	79	75	67
	35-45	veen, sterk kleiig, zwak veraard bosveen	O	6	28	1,0	889	2,4	0,36	21	19	3	2	11	2	52	11705	311	9205	277	5,4	99	71	156	61	0	0	0	0
	45-55	veen, sterk kleiig, zwak veraard bosveen	O	27	49	0,6	501	2,7	0,19	25	36	6	1	19	11											0	0	0	0

Per locatie zijn er de volgende potenties voor natuurontwikkeling (zie Bijlage 1 voor aanvullende inrichtingsmaatregelen):

- Locatie 42: 30 cm afgraven (Olsen-P: 2758 µmol/l en P-t: 5,1 mmol/l) in combinatie met een aanvullend verschralingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Ca-t: 13 mmol/l, Ca-z: ± 6.500 µmol/l en Fe-t: 9 mmol/l). Als alternatief kan er 40 cm worden afgegraven (Olsen-P: 292 µmol/l en P-t: 2,0 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 30 mmol/l en Fe-t: 7 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 65%).
- Locatie 43: 30 cm afgraven (Olsen-P: 614 µmol/l en P-t: 4,1 mmol/l) in combinatie met een aanvullend verschralingsbeheer (ca. 4 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 54 mmol/l, Ca-z: ± 13.000 µmol/l en Fe-t: 7 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 80%).
- Locatie 44: 20 cm afgraven (Olsen-P: 268 µmol/l en P-t: 1,5 mmol/l) voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Ca-t: 12 mmol/l en Fe-t: 5 mmol/l) op zand.
- Locatie 45: 25 cm afgraven (Olsen-P: 381 µmol/l en P-t: 2,6 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 48 mmol/l, Ca-z: ± 18.500 µmol/l en Fe-t: 13 mmol/l) op veraard veen (OS: 69%).
- Locatie 46: niet kansrijk (maaien en afvoeren voor een kruidenrijker grasland) of 40 cm afgraven (Olsen-P: 1086 µmol/l en P-t: 4,4 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (minimaal 17 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 74 mmol/l en Fe-t: 7 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 31%).
- Locatie 47: 25 cm afgraven (Olsen-P: 1153 µmol/l en P-t: 5,7 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (minimaal 18 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 53 mmol/l, Ca-z: ± 16.500 µmol/l en Fe-t: 12 mmol/l) op matig veraard veen (OS: 43%).
- Locatie 48: 30 cm afgraven (Olsen-P: 1268 µmol/l en P-t: 5,7 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 14 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 52 mmol/l, Ca-z: ± 13.000 µmol/l en Fe-t: 13 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 73%).
- Locatie 49: 30 cm afgraven (Olsen-P: 1202 µmol/l en P-t: 6,4 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 14 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 68 mmol/l, Ca-z: ± 20.500 µmol/l en Fe-t: 11 mmol/l) op sterk veraard veen (OS: 18%).
- Locatie 50: 30 cm afgraven (Olsen-P: 705 µmol/l en P-t: 1,6 mmol/l) in combinatie met aanvullend verschralingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Ca-t: 9 mmol/l, Ca-z: ± 6.000 µmol/l en Fe-t: 4 mmol/l) op zand.
- Locatie 51: 35 cm afgraven (Olsen-P: 889 µmol/l en P-t: 2,4 mmol/l) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 19 mmol/l, Ca-z: ± 11.500 µmol/l en Fe-t: 3 mmol/l) op veraard veen (OS: 6%).

Samenvatting natuurpotenties

De in de vorige paragraaf beschreven kansen voor natuurontwikkeling per deelgebied worden in Tabel 12 samengevat. In de tabel wordt de bodemchemische samenstelling van de nieuwe toplaag gegeven. Wanneer in de tabel de bodemlaag van 20-30 cm onder maaiveld staat gegeven, dan kan

het aangeven natuurtype worden gerealiseerd na afgraven van de P-rijke toplaag van 20 cm. Bij beheer staat of er nog aanvullend verschralingsbeheer (maaien en afvoeren) noodzakelijk is. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is dan betekent dit dat de nieuwe toplaag, na ontgronding, nog onvoldoende P-gelimiteerd is voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen. Hierdoor kan in eerste instantie verruiging optreden (pitrusontwikkeling). Des langer er aanvullend verschraald moet worden ('++' in Tabel 12), des te groter het risico op verruiging. In Figuur 22 worden de adviezen uit Tabel 12 ruimtelijk weergegeven.

Deelgebieden 1 en 2 (locatie 1 t/m 8) zijn niet kansrijk voor de ontwikkeling van soortenrijke natte natuurtypen. De overwegend zandige bodem is tot op grote diepte verrijkt met P, waardoor deze percelen niet kansrijk zijn of tot grote diepte (≥ 35 cm) de P-rijke bodem afgegraven moet worden.

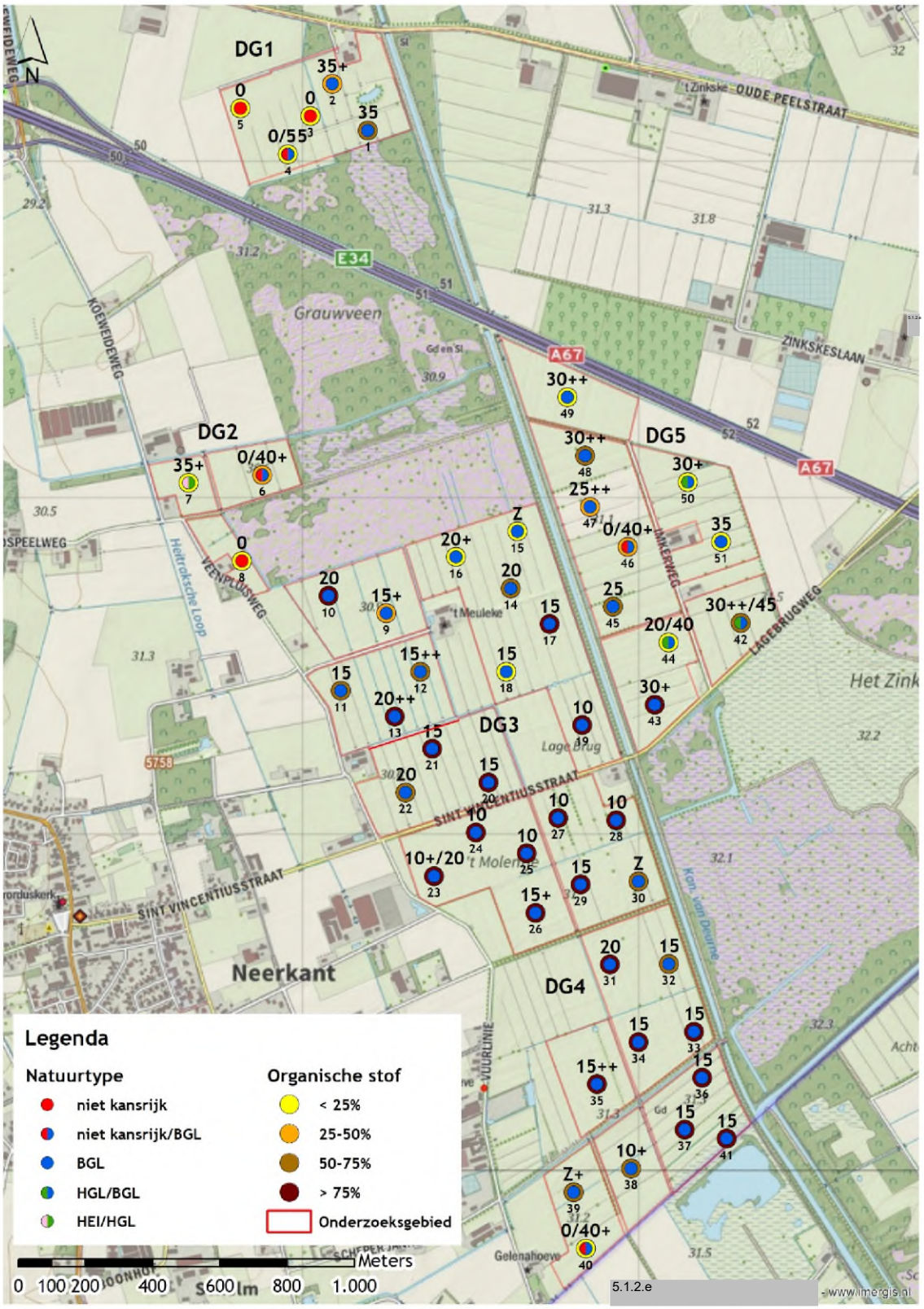
Deelgebieden 3 en 4 (locatie 9 t/m 41) zijn over het algemeen zeer kansrijk voor natuurontwikkeling. De (zandige) bouwvoor is relatief dun (meestal < 20 cm) en het fosfaat is niet of beperkt uitgespoeld tot onder de bouwvoor. In het gebied zijn nog dikke veenpakketten aangetroffen. Na afgraven van de P-rijke bouwvoor (ca. 10-20 cm) ontstaan er gezien de mate van bodembuffering goede kansen voor de ontwikkeling van blauwgrasland (GLG te laag voor veenvormende vegetatietypen). Bij stabiele hoge waterstanden kan zich een voedselarm, minerotrofe moerasvegetatie ontwikkelen. Op een aantal locaties (locatie 15, 30 en 39) is de bodem al schraal genoeg en volstaat het verwijderen van de bestaande zode voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten.

De lage huidige GLG is wel een belangrijk aandachtspunt. Wanneer de P-rijke, vaak zandige, toplaag afgegraven wordt, komt veen aan de oppervlakte te liggen. Om oxidatie (afbraak) van het veen te voorkomen, mag de waterstand in het veen niet te ver uitzakken in de zomer (optimaal max. 10-20 cm). Gezien de huidige GLG is het de vraag is of dit haalbaar is. Deelgebied 3 is momenteel een belangrijk broedgebied voor weidevogels (o.a. grutto en wulp) en een verandering in vegetatietype zal/kan invloed hebben op de aantallen weidevogels. In hoeverre weidevogels en hoogveenontwikkeling samengaan hangt af van de functie die het gebied krijgt: een ondersteunende hydrologische functie voor het herstellend hoogveen (hydrologische bufferzone) of daadwerkelijk veenmoeras (en op lange termijn hoogveenontwikkeling).

De potenties voor natuurontwikkeling in deelgebied 5 zijn redelijk gunstig. De bouwvoor in dit deelgebied is vaak wat dikker (25-40 cm), zodat er relatief veel P-rijke bodem (ca. 20-40 cm) afgegraven moet worden en daarbij ook nog een langdurig verschralingsbeheer noodzakelijk is om de bodem verder te verschralen.

Tabel 12 - volgende pagina. Samenvatting van de natuurpotenties (hoog ambitieniveau) per locatie. Op de locaties waar het noodzakelijk is om de bouwvoor af te graven, is in de tabel de bodemchemie van de nieuwe toplaag gegeven. GLG/GHG = grondwaterstanden na de eventueel voorgestelde maaiveldverlaging; Natuurtype: BLG = blauwgrasland, HGL = heischraal grasland en HEI = heide. Beheer = aanvullend verschralingsbeheer: - = niet nodig, + = < 10 jaar maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar maaien en afvoeren. OS = organisch stofpercentage, Ols-P = Olsen-P, -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare concentraties, Ca-z = zoutuitwisselbare calciumconcentratie (zie paragraaf bodembuffering), M3 = berekende verschralingsduur (in jaren) via **maaien en afvoeren** tot een streefconcentratie van 300 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l) en M5/M8 = idem, maar dan tot een streefconcentratie van 500/800 µmol/l bodem. De Olsen-P concentratie is weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Zie Tabel 7 voor een toelichting van de gebruikte kleurarceringen.

Loc.	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	Natuurtype	Beheer	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8
DEELGEBIED 1																									
1	75	+15	35-45	veraard veen	O	BGL	-	54	293	2,9	27	45	7	49	11385	362	7384	4,2	99	145	85	61	0	0	0
2	75	+5	35-50	sterk veraard veen	O	BGL	+	29	522	4,4	70	178	12	35	23154	555	13407	5,9	100	9	236	93	7	1	0
3	100	30	0-20	zand	Ap	-	-	4	4507	27,6	76	41	25	29	12825	362	2811	6,0	99	222	373	213	154	154	142
4	130	30	0-25	zand	Ap	-	-	5	4759	24,5	67	62	21	34	15661	250	2359	5,9	99	144	232	324	168	168	159
	75	+25	55-65	zand	B	BGL	-	3	784	2,9	69	36	11										0	0	0
5	>150	80	0-20	zand	Ap	-	-	4	5114	50,7	80	87	19	10	13349	570	1445	5,8	99	197	182	78	298	286	267
6	100	0	0-20	zand	Ap	-	-	10	2347	10,7	70	45	23	65	17539	158	5051	5,5	99	37	392	95	48	48	44
	60	+40	40-50	sterk veraard veen	O	BGL	+	27	1058	5,7	69	69	27										9	9	4
DEELGEBIED 2																									
7	105	5	35-45	zand	B	HEI/HGL	+	1	1172	4,2	76	9	16	76	4691	738	1288	5,2	98	3	154	6	4	4	4
8	130	40	0-20	zand	Ap	-	-	12	4227	15,0	71	44	25	80	14973	1175	4041	5,0	98	142	384	156	75	75	75
9	55	5	15-25	matig veraard veen	O	BGL	+	47	500	5,3	26	105	18	71	19843	315	14702	4,5	99	53	173	141	7	0	0
DEELGEBIED 3																									
10	50	0	20-30	matig veraard veen	O	BGL	-	83	93	2,0	8	41	9	71	11139	1496	8192	4,0	98	122	38	31	0	0	0
11	65	+15	15-30	matig veraard veen	O	BGL	-	66	224	3,3	46	36	13	285	14125	185	10985	3,8	97	36	133	54	0	0	0
12	65	15	15-25	sterk veraard veen	O	BGL	++	66	589	7,6	26	139	17	56	27074	134	11251	4,6	99	275	2079	108	12	4	0
13	50	+20	20-35	matig veraard veen	O	BGL	++	76	406	3,0	22	46	15	117	14585	424	10537	4,3	98	117	12	159	0	0	0
14	90	+10	20-30	matig veraard veen	O	BGL	-	63	166	3,9	40	70	20	123	18338	116	10011	4,3	98	4	18	197	0	0	0
15	120	20	0-20	zand	Ap	BGL	-	7	428	2,8	66	16	20	161	8974	267	5254	4,4	97	3	8	7	0	0	0
16	100	5	20-35	sterk veraard veen	O	BGL	+	10	520	4,9	83	46	13	176	13514	173	5070	4,3	98	5	19	40	9	1	0
17	85	+5	15-25	zwak veraard veen	O	BGL	-	92	49	2,5	14	108	16	52	20182	77	8573	4,4	99	12	16	51	0	0	0
18	95	+5	15-25	zwak veraard veen	O	BGL	-	20	469	4,0	64	61	15	84	17639	115	7278	4,7	99	3	103	114	3	0	0
19	105	+10	10-20	matig veraard veen	O	BGL	-	81	184	3,1	7	192	11	9	26812	29	6214	4,6	99	17	172	354	0	0	0
20	100	+15	15-25	zwak veraard veen	O	BGL	-	79	440	5,0	19	76	17	60	21594	427	10022	5,3	99	53	219	443	5	0	0
21	105	0	15-30	zwak veraard veen	O	BGL	-	79	191	2,0	6	43	9	107	17257	175	6520	4,2	98	49	175	101	0	0	0
22	60	+20	20-30	matig veraard veen	O	BGL	-	56	221	5,0	25	121	30	54	21869	147	11013	4,6	99	15	47	121	0	0	0
DEELGEBIED 4																									
23	100	+10	10-20	matig veraard veen	O	BGL	+	71	761	6,2	36	79	24	276	27783	191	8002	3,9	97	79	67	236	10	7	0
	90	+20	20-30	matig veraard veen	O	BGL	-	82	95	2,1	10	46	8										0	0	0
24	90	0	10-20	matig veraard veen	O	BGL	-	79	340	3,8	19	77	24	160	22588	160	4317	3,8	96	54	205	140	1	0	0
25	80	0	10-20	matig veraard veen	O	BGL	-	88	94	2,4	8	60	13	63	15580	107	2859	3,9	97	56	78	130	0	0	0
26	85	5	15-30	matig veraard veen	O	BGL	+	85	167	2,4	13	47	11	125	14998	528	6968	3,9	98	95	133	50	0	0	0
27	90	20	10-25	matig veraard veen	O	BGL	-	80	101	2,0	6	45	9	37	17191	80	3586	4,0	98	92	236	44	0	0	0
28	120	15	10-20	veraard veen	O	BGL	-	93	51	1,9	8	78	11	64	21380	79	4307	3,9	98	33	49	31	0	0	0
29	85	+10	15-25	matig veraard veen	O	BGL	-	86	320	2,8	11	71	10	86	24072	267	12349	4,3	98	53	36	422	0	0	0
30	110	20	0-10	sterk veraard veen	Ap	BGL	-	54	326	3,7	18	71	9	173	20027	143	6019	3,9	97	45	326	107	1	0	0
31	110	5	20-35	zwak veraard veen	O	BGL	-	94	265	1,5	6	30	9	64	13630	200	7092	3,6	97	158	41	26	0	0	0
32	95	+5	15-25	veraard veen	O	BGL	-	62	193	2,3	9	54	6	84	17402	48	6137	4,6	98	39	95	151	0	0	0
33	95	+5	15-35	matig veraard veen	O	BGL	-	93	258	1,9	5	45	8	20	11221	570	7424	4,1	99	105	2	3	0	0	0
34	115	15	15-25	zwak veraard veen	O	BGL	-	91	91	1,9	6	55	8	41	17659	108	4458	4,2	99	99	157	50	0	0	0
35	105	+5	15-30	matig veraard veen	O	BGL	++	90	218	2,3	14	57	14	54	18645	120	4085	4,2	99	79	37	70	0	0	0
36	95	+5	15-25	zwak veraard veen	O	BGL	-	89	277	3,2	12	95	5	91	22826	242	8030	4,9	98	118	278	266	0	0	0
37	95	10	15-25	zwak veraard veen	O	BGL	-	88	306	1,7	4	25	4	41	11553	444	5023	4,2	98	165	37	116	0	0	0
38	100	20	10-30	sterk veraard veen	O	BGL	+	61	378	3,3	35	49	8	394	12316	2131	4374	3,7	95	80	33	8	2	0	0
39	110	20	0-20	sterk veraard veen	Ap	BGL	+	53	448	5,7	32	79	15	98	18152	239	7467	4,5	98	30	362	191	12	0	0
40	110	30	0-20	zand	Ap	-	-	13	4141	25,5	68	64	26	56	22482	151	3812	5,0	99	106	330	100	141	140	129
	70	+10	40-50	klei, sterk zandig	B	BGL	+	4	1551	4,3	176	19	35	150	11716	257	7159	4,6	98	33	123	32	4	4	4
41	125	+5	15-25	veraard veen	O	BGL	-	83	390	3,0	15	71	6	142	24572	128	8346	4,1	98	137	136	181	0	0	0
DEELGEBIED 5																									
42	80	+10	30-45	zand	BC	HGL	++	5	2758	5,1	39	13	9	71	6453	235	2212	4,8	98	163	15	37	10	10	10
	65	+25	45-55	sterk veraard veen	O	BGL	-	65	292	2,0	21	30	7										0	0	0
43	80	+30	30-40	matig veraard veen	O	BGL	+	80	614	4,1	17	54	7	122	12816	3538	9069	4,2	98	370	15	59	3	2	0
44	95	0	20-40	zand	Ap	HGL/BGL	-	4	268	1,5	50	12	5										0	0	0
	75	+20	40-50	matig veraard veen	O	BGL	-	8	327	2,1	47	13	4	407	6790	369	3045	3,9	92	2	33	29	0	0	0
45	85	0	25-35	veraard veen	O	BGL	-	69	381	2,6	18	48	13	108	18702	406	6958	4,1	98	77	2	116	0	0	0
46	120	20	0-20	zand	Ap	-	-	5	3246	22,5	65	53	22	49	15666	172	742	5,1	98	135	278	104	122	119	106
	80	+20	40-50	sterk veraard veen	O	BGL	+	31	1086	4,4	18	74	7										4	4	4
47	65	+25	25-35	matig veraard veen	O	BGL	++	43	1153	5,7	24	53	12	89	16648	3495	13834	4,6	99	270	205	101	9	9	5
48	90	0	30-45	sterk veraard veen	O	BGL	++	73	1268	5,7	27	52	13	85	13070	3998	11086	4,2	99	348	105	65	13	13	10
49	100	5	30-40	sterk veraard veen	O	BGL	++	18	1202	6,4	40	68	11	69	20666	150	9945	5,1	99	124	78	353	11	11	7
50	85	10	30-45	zand	E	HGL/BGL	+	2	705	1,6	25	9	4	18	6120	330	1809	5,9	99	91	29	5	0	0	0
51	75	+20	35-45	zwak veraard veen	O	BGL	-	6	889	2,4	21	19	3	52	11705	311	9205	5,4	99	71	156	61	0	0	0



Figuur 22. Samenvattende kaart met de te natuurpotenties en de daarvoor geadviseerde verschralingsmaatregelen. Het getal boven iedere stip geeft aan hoeveel cm P-rijke bodem er afgegraven moet worden (Z = zode verwijderen) en het getal onder de stip geeft het locatienummer. Indien aanvullend verschralingsbeheer noodzakelijk is, wordt dit aangeven met een plusteken: + = < 10 jaar maaien en afvoeren en ++ = 10-25 jaar maaien en afvoeren (risico op verruiging). Natuurtype: BLG = blauwgrasland, HGL = heischraal grasland, HEI = heide en - = niet kansrijk. De buitenste cirkel geeft het organische stofpercentage van de nieuwe toplaag weer (indien meerdere opties per locatie, dan van de diepste bodemlaag).

Een belangrijk aandachtspunt zijn de nog relatief hoge labiele P- en nitraatconcentraties na verwijderen van de P-rijke toplaag (Tabel 10). De verwachting is dat deze concentraties snel zullen afnemen (mits er geen aanvoer van P en/of nitraat via het grondwater is), maar kan in de eerste periode na herinrichting nog zorgen voor een tijdelijke verruiging van de vegetatie. Door het voeren van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel kan de groei van ongewenste, algemene soorten onderdrukt worden (voor meer informatie zie Bijlage 1).

Op niet kansrijke locaties kan door middel van maaien en afvoeren worden ingezet op de ontwikkeling van een kruidenrijk(er) grasland. Voor goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden is een forse reductie van de fosfaatbeschikbaarheid nodig (< 1200 µmol Olsen-P/l; Figuur 20) en dat lijkt op basis van de P-voorraad niet haalbaar (verschralingsduur vaak > 100 jaar). Een alternatief is om in te zetten op het lage ambitiebeheertype ruigteveld (N12.06).

3.5 Risico op P-nalevering na vernatting

P-nalevering

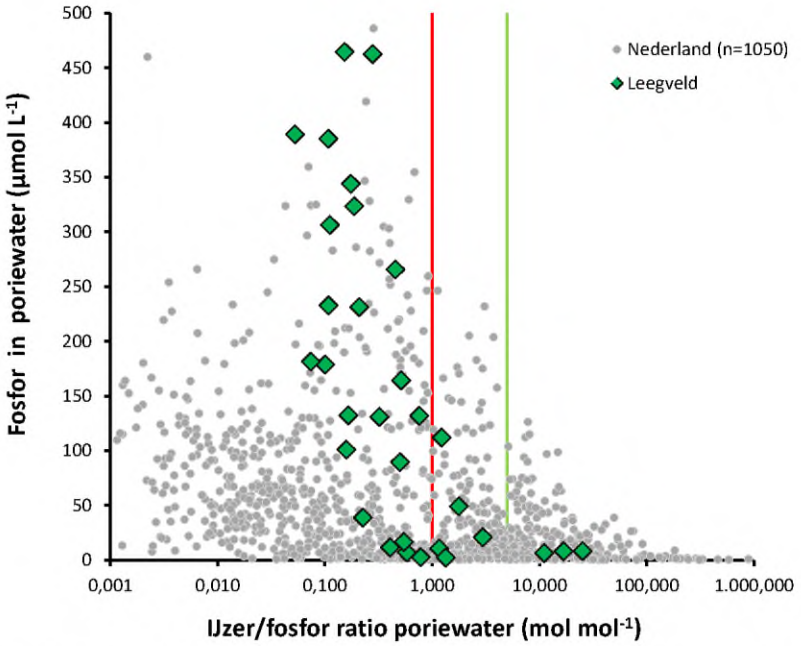
Voor het hydrologische herstel van de Heitrakse Peel en 't Zinkske zal het waterpeil worden opgezet. Vergelijkbare hydrologische maatregelen zijn gepland voor het gebied Leegveld, ten westen van de Deurnsche Peel. In 2018 is een uitgebreid bodemchemisch onderzoek uitgevoerd in het Leegveld naar de risico's van P-nalevering bij het vernatten van voormalige landbouwgronden (5.1.2.e 2018).

Voor de effecten van de P-rijkdom van landbouwbodems op de waterkwaliteit is vooral de nalevering van P naar de waterlaag van belang. De fosfaatnalevering (via diffusie) uit waterbodems wordt sterk bepaald door de ijzer/fosfor-ratio van het poriewater (5.1.2.e 2013). Dit komt omdat in het oxidatieve toplaagje tussen water en waterbodem het opgeloste gereduceerde ijzer weer wordt geoxideerd, waardoor fosfaat wordt gebonden aan de ijzer(hydr)oxides en/of ijzer en gezamenlijk neerslaan als $FePO_4$ in de toplaag van de waterbodem. Als gevolg hiervan blijft de nalevering van P naar de waterlaag beperkt zolang de Fe/P ratio in het bodemvocht voldoende hoog is (>>1) en de waterlaag voldoende zuurstofhoudend is.

In Figuur 23 is voor een groot aantal waterbodems de fosforconcentratie van het poriewater uitgezet tegen de Fe/P-ratio van het poriewater. Dit geeft een goed beeld van de mate waarin in Nederlandse waterbodems de P-concentratie en de Fe/P-ratio van het poriewater kunnen verschillen. De P-nalevering zal hoger zijn naarmate de Fe/P-ratio lager is en de P-concentratie van het poriewater in de waterbodem hoger is. Onder een bepaalde Fe/P-verhouding zal deze vrijwel geen invloed meer hebben omdat het ijzer dan in verhouding nog maar weinig P kan binden op de overgang naar de aerobe waterlaag. De nalevering van P naar de waterlaag neemt toe bij een Fe/P-ratio lager dan 5 (de groene lijn in Figuur 23; 5.1.2.e .,2001). De nalevering van P naar de waterlaag blijkt zeer sterk toe te nemen wanneer de Fe/P-ratio in het bodemvocht lager wordt dan 1 (5.1.2.e , 2001; 5.1.2.e . 2010). Naarmate de punten in Figuur 23 meer linksboven in de grafiek liggen neemt de nalevering van P naar de waterlaag toe.

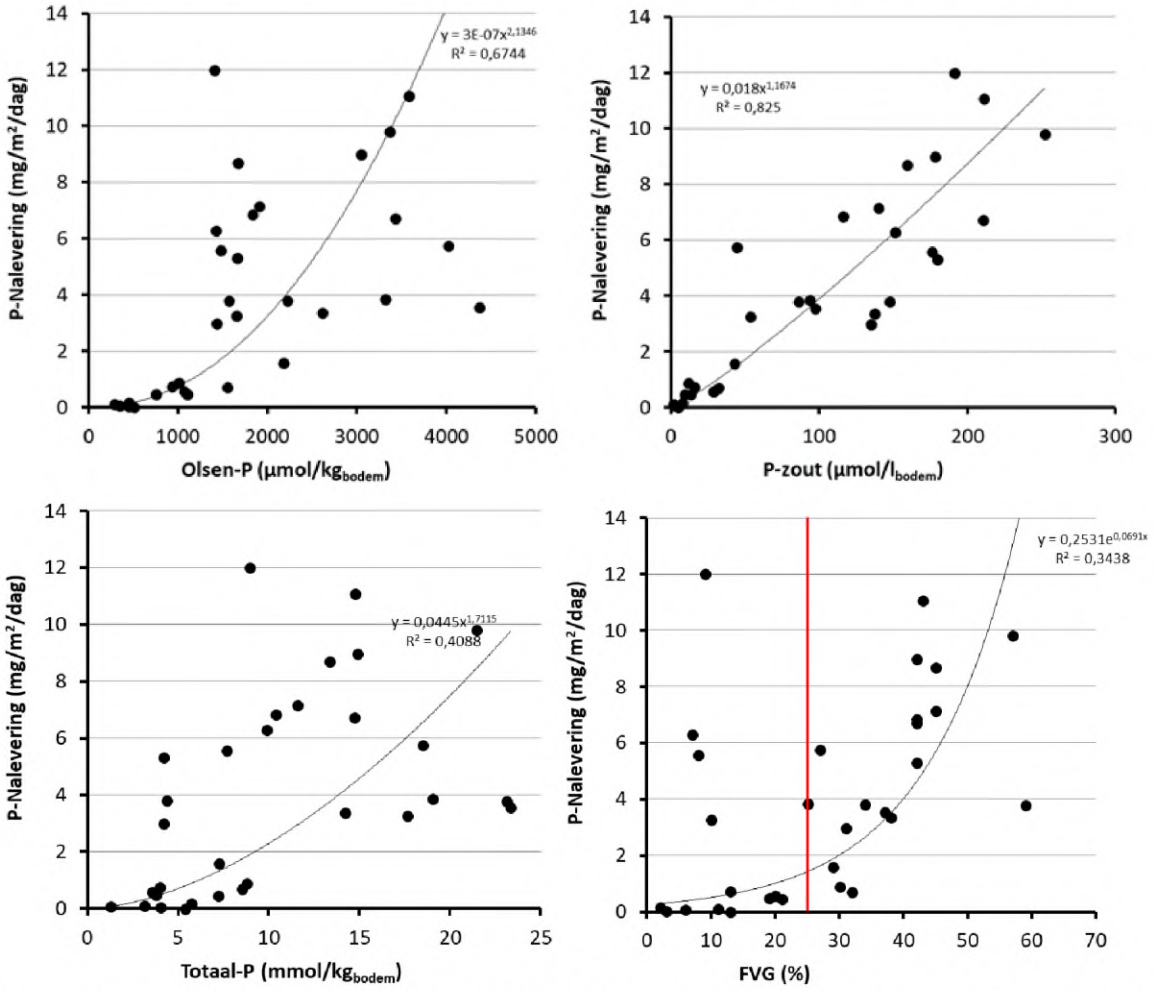
Voor het Leegveld werd in een aantal toplagen van de bouwvoor de fosforconcentratie en Fe/P-ratio in het poriewater bepaald (5.1.2.e e.a., 2018). Het poriewater van de voedselrijke toplaag bodems uit Leegveld werden gekenmerkt door een combinatie van een zeer lage Fe/P-ratio (<<1) en een (zeer) hoge P-concentratie (Figuur 23). Wanneer deze bodems onder water komen te staan, is de verwachting dat ze veel P zullen naleveren naar de waterlaag (5.1.2.e e.a., 2018). De uiteindelijke P-concentratie in het oppervlaktewater is daarbij niet alleen

afhankelijk van de P-concentratie in de bodem, maar ook van de diepte van de waterlaag, de mate van doorstroming en de temperatuur. Wanneer de P-concentratie in het oppervlaktewater hoger is dan 1 µmol/l is, kan er al algenbloei optreden.



Figuur 23. Correlatie tussen de Fe/P-ratio en de P-concentratie in het poriewater in waterbodems uit Nederland (n = 1050, database Onderzoekcentrum B-WARE) en in het poriewater uit geïnundeerde landbouwbodems uit het Leegveld. Bron: 5.1.2.e (2018).

Voor de landbouwbodems uit het Leegveld werd ook de P-nalevering experimenteel bepaald door de bodems gedurende 10 weken onder water te zetten en de P-concentratie in de waterlaag te meten (5.1.2.e, 2018). De P-nalevering uit de geïnundeerde voedselrijk bodems uit het Leegveld bleek zeer hoog te zijn en op te lopen tot wel 12 mg/m^2/dag (5.1.2.e, 2018). Een relatief veilige grenswaarde die gehanteerd kan worden is een P-nalevering van maximaal 0,5 tot 1 mg P/m^2/dag (5.1.2.e 2005). De conclusie van het onderzoek was dat de inundatie van de voedselrijke bodems uit het Leegveld leidt tot forse P-nalevering naar het oppervlaktewater en daarmee kan leiden tot ernstige algenbloei en/of kroosontwikkeling in het water (5.1.2.e 5.1.2.e, 2018).



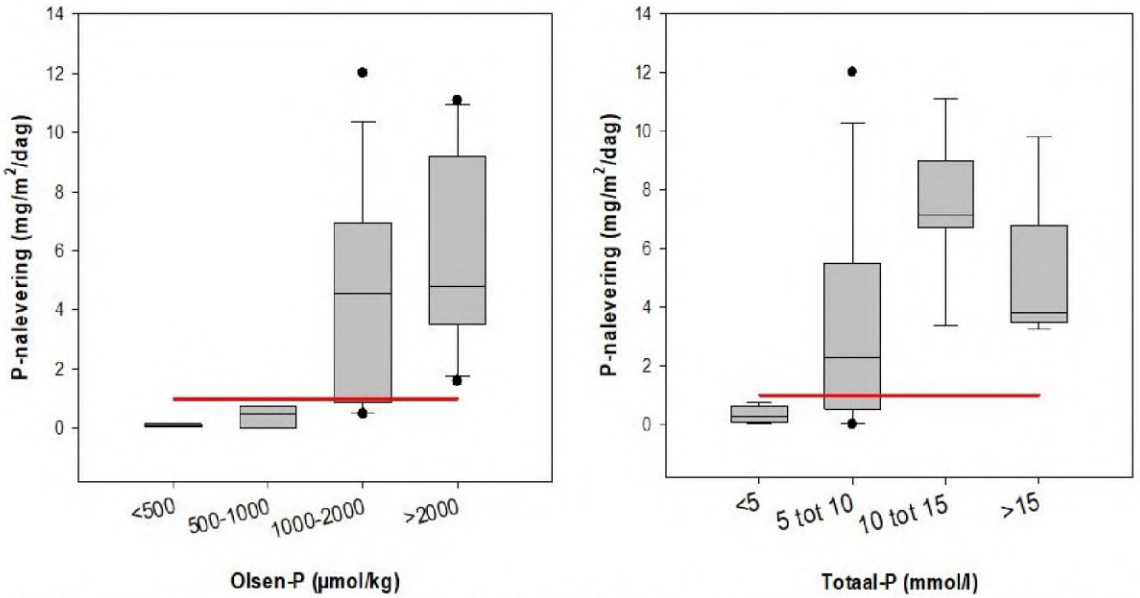
Figuur 24. Correlaties tussen de Olsen-P (in kg bodem), P-zout, totaal-P concentraties en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van de bodem en de P-nalevering na 6 weken. Bron: 5.1.2.e . (2018).

Correlaties met P-nalevering Leegveld

Voor het gebied Leegveld is bepaald welke bodemchemische parameters correleren met de P-nalevering en gebruikt kunnen worden om de P-nalevering te voorspellen. Uit de correlaties blijkt dat de P-nalevering het beste voorspeld kan worden met de Olsen-P concentratie uitgedrukt in µmol per kg droge bodem (Figuur 24). Bodems met een Olsen-P concentratie hoger dan 1000 µmol/kg, kunnen aanzienlijke hoeveelheden fosfaat naleveren naar de waterlaag. Een Olsen-P concentratie van 1000 µmol/kg kan dan ook als grenswaarde worden gebruikt voor de P-nalevering (onder vochtige omstandigheden zal naar verwachting nog steeds pitrusontwikkeling optreden). De concentratie P-zout correleert ook goed met de P-nalevering en ook boven een fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van 25% (fosfaatverzadigde bodems) blijkt de nalevering sterk toe te nemen (Figuur 24).

Op basis van de correlatie tussen de P-nalevering en de Olsen-P en totaal-P concentratie werden de bodems uit het Leegveld ingedeeld in verschillende risicoklassen. Op basis van de Olsen-P concentratie (in µmol/kg droge bodem) werden vier klassen onderscheiden (Figuur 25, links). Bij een Olsen-P lager dan 500 µmol/kg is er geen of een zeer lage nalevering. Bij een Olsen-P tussen 500 en 1000 µmol/kg is er enige nalevering, maar deze is beperkt. Wanneer de Olsen-P

concentratie tussen 1000 en 2000 µmol/kg ligt kan de nalevering zeer fors zijn en tot ernstige waterkwaliteitsproblemen leiden. Dit is ook het geval bij Olsen-P concentraties > 2000 µmol/kg.



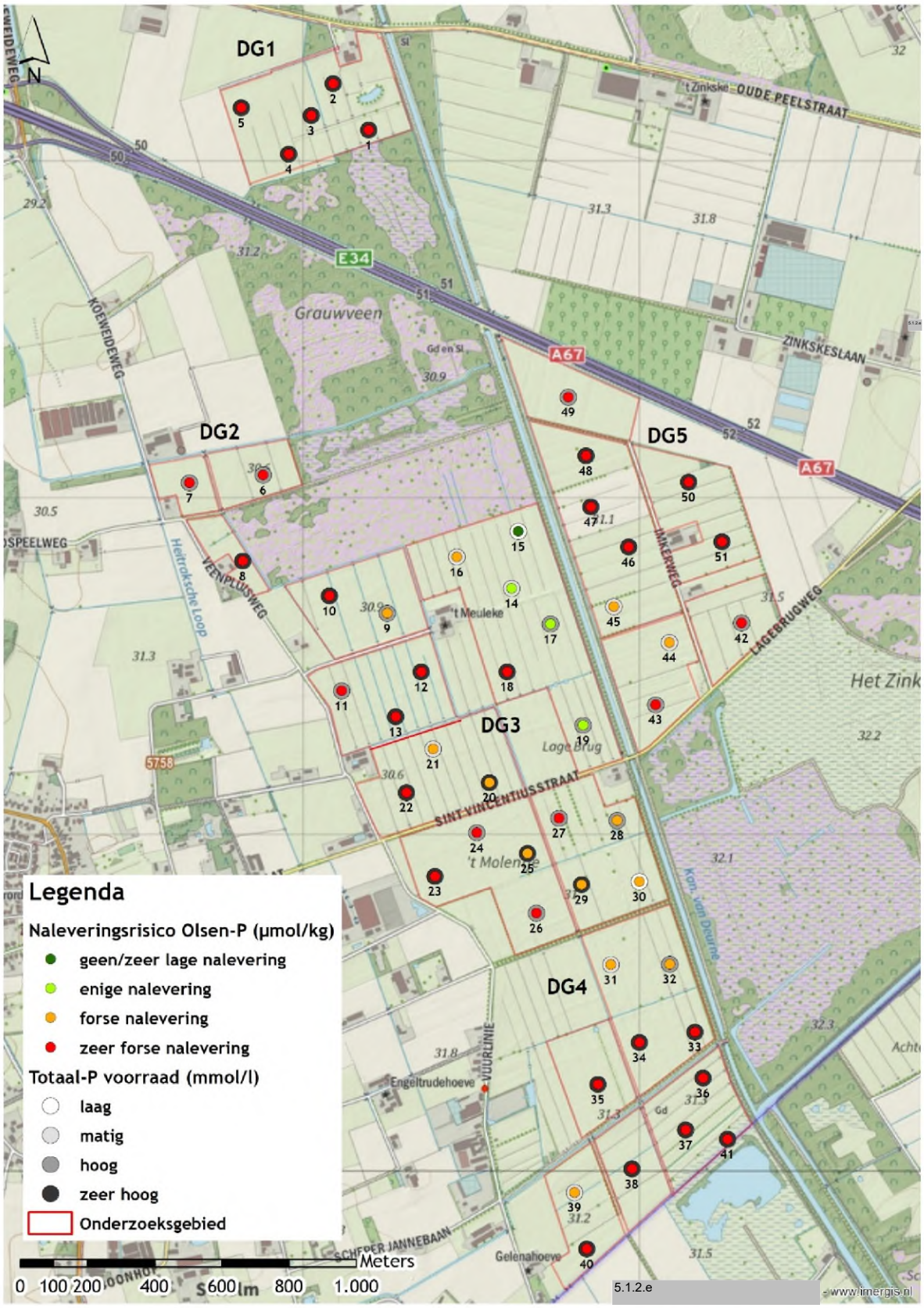
Figuur 25. P-nalevering uitgezet tegen vier (risico)klassen aan de hand van de Olsen-P concentratie in µmol/kg droge bodem (links) en aan de hand van de totaal-P (mmol/l verse bodem) (rechts). De rode lijnen geven een grenswaarde voor P-nalevering weer van 1 mg/m²/dag. Bron: 5.1.2.e (2018).

Extrapolatie fosfaatnalevering

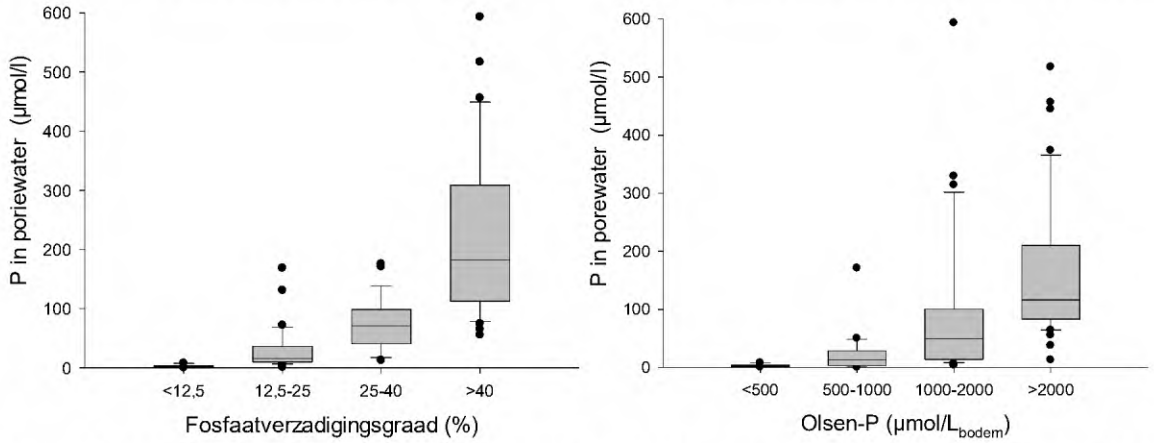
Op basis van de correlaties tussen de bodemchemie en de gemeten P-nalevering in het nabijgelegen Leegveld, kan ook de P-nalevering worden geschat voor de bodemlocaties in de Heitrakse peel en 't Zinkske. Voor het Leegveld geeft de Olsen-P concentratie (in µmol/kg) dus een goed beeld van het risico op P-nalevering vanuit de bodems bij het nemen van vernattingsmaatregelen. In Figuur 26 worden de vier verschillende risicoklassen op nalevering (zie Figuur 25) en de totaal-P voorraad in de (zandige) toplaag van de bodem (bouwvoor) ruimtelijk weergegeven.

Uitgezonderd locatie 14, 15, 17 en 19 (deelgebied 3), bestaat er op alle locaties bij vernatting van de toplaag een risico op een (zeer) forse nalevering (Olsen-P > 1000 µmol/kg; Figuur 26). Op locatie 16, 21, 30, 31, 39, 44 en 45 is de totale P-voorraad relatief laag (< 10 mmol/l; laag of matig in Figuur 26), waardoor het risico op P-nalevering op deze locaties wat beperkt wordt.

In tegenstelling tot het Leegveld zijn op de agrarische percelen bij de Heitrakse Peel en 't Zinkske nog veel dikke veenpakketten aanwezig. Uitgedrukt per kg droge bodem zijn de Olsen-P concentraties in veenbodems veel hoger dan uitgedrukt per volume. Als gevolg hiervan lijkt het dat het risico op P-nalevering vanuit het veen onder de bouwvoor nog hoog is, terwijl dit niet het geval zal zijn. De verbanden die voor het Leegveld zijn aangetoond tussen de P-nalevering en Olsen-P concentratie per kg droge bodem zijn daardoor niet goed bruikbaar.



Figuur 26. Risico op nalevering van P van de toplaag van de bouwvoor op basis van Olsen-P concentratie (in µmol/kg droge bodem). Achtergrondcirkels geven de totaal-P voorraad (in mmol/l) in de toplaag van de bodem weer.



Figuur 27. Fosfaatverzadigingsgraad (bezetting van de amorfe ijzer- en aluminiumhydroxides met fosfaat; links) en de Olsen-P concentratie (uitgedrukt per liter bodem; rechts) van de bodem als indicator voor de fosforconcentratie in het poriewater na 8 weken vernatten van de bodem. Bij een hoge fosfaatverzadigingsgraad en/of Olsen-P concentratie leidt vernatting van de bodem tot hoge fosforconcentraties in het poriewater van de bodem en daarmee tot een hoog risico op fosfaatnalevering. Bron: dataset Onderzoekcentrum B-WARE.

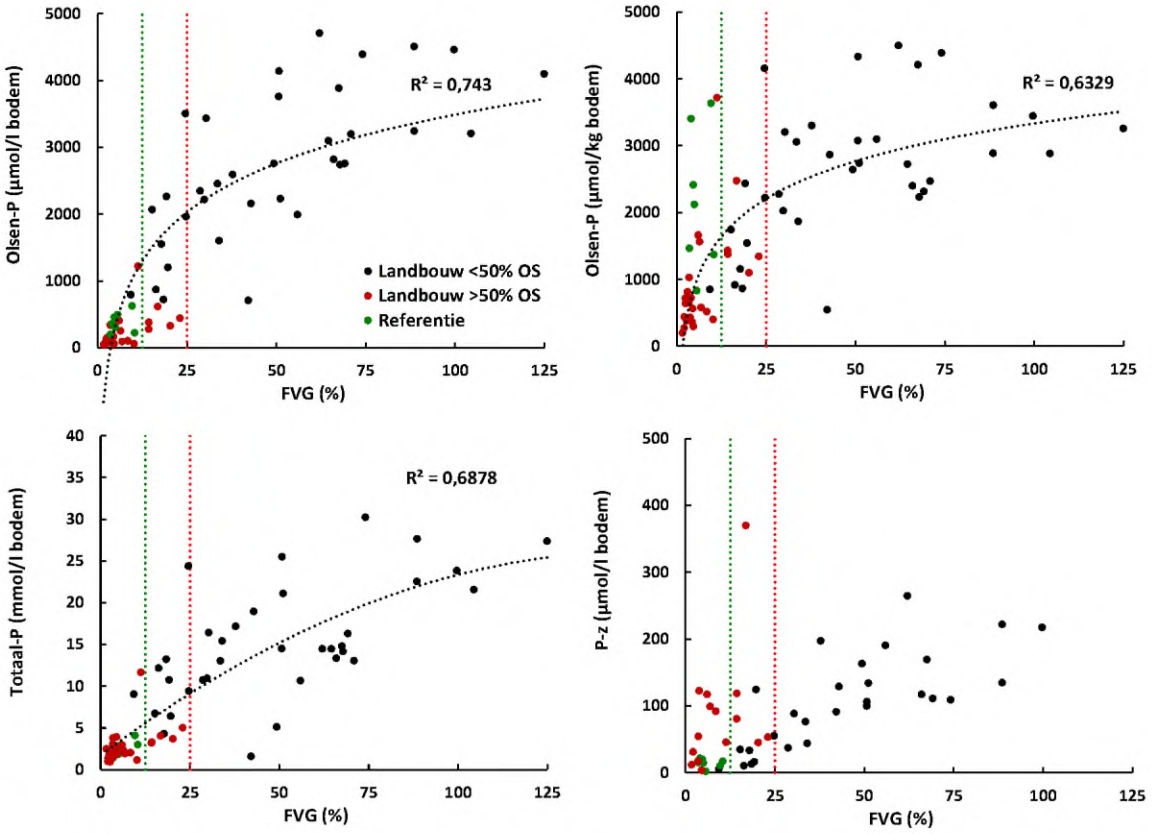
Ook in andere bodemonderzoeken is het verband gelegd tussen de Olsen-P concentratie en het risico op P-nalevering (Figuur 27). De Olsen-P concentratie uitgedrukt per bodemvolume (liter) blijkt ook een goede indicatie te geven voor de P-concentratie in het poriewater van de bodem en daarmee op het risico op P-nalevering. Boven een Olsen-P concentratie van 1000 µmol/l bodem neemt het risico over het algemeen sterk toe (Figuur 27), net als bij de zandbodems uit het Leegveld boven een Olsen-P concentratie van 1000 µmol/kg bodem (Figuur 25). De fosfaatverzadigingsgraad van de bodem blijkt ook zeer bruikbaar om een inschatting van het risico op P-nalevering te maken (Figuur 27). De fosfaatverzadigingsgraad (FVG) geeft aan welk deel van de amorfe ijzer- en aluminiumhydroxides in de bodem met fosfaat bezet zijn. De FVG wordt bepaald met behulp van een oxalaatextractie en werd op 20 locaties voor 3 verschillende bodemlagen (niet de diepste bodemlaag) bepaald en voor de toplaag van de bodem op de referentielocaties.

Ook kan de totaal-P concentratie van de bodemlaag enig inzicht geven in de mogelijke grootte van P-nalevering vanuit de bodem naar de waterlaag (Figuur 25, rechts). Bij een totaal-P concentratie van lager dan 5 mmol/l bodem is de kans op nalevering klein, maar hogere totaal-P concentraties leiden doorgaans tot een aanzienlijk hogere nalevering. De geringste kans op P-nalevering is dus bij een bodem met een Olsen-P concentratie lager dan 500 µmol/kg droge bodem en een totaal-P concentratie lager dan 5 mmol/l verse bodem.

Voor de agrarische percelen blijkt zowel de Olsen-P concentratie en totaal-P concentratie, beide uitgedrukt per bodemvolume, goed te correleren met de FVG. Op een groot aantal locaties is de FVG van de bodem zeer hoog (>40%) en dit geeft aan dat een groot deel of zelfs al de in de bodem aanwezige amorfe ijzer- en aluminiumhydroxides bezet zijn met fosfaat. Bij een FVG lager dan 12,5% is het risico op P-nalevering klein en tussen 12,5 en 25% is het risico beperkt (Figuur 27).

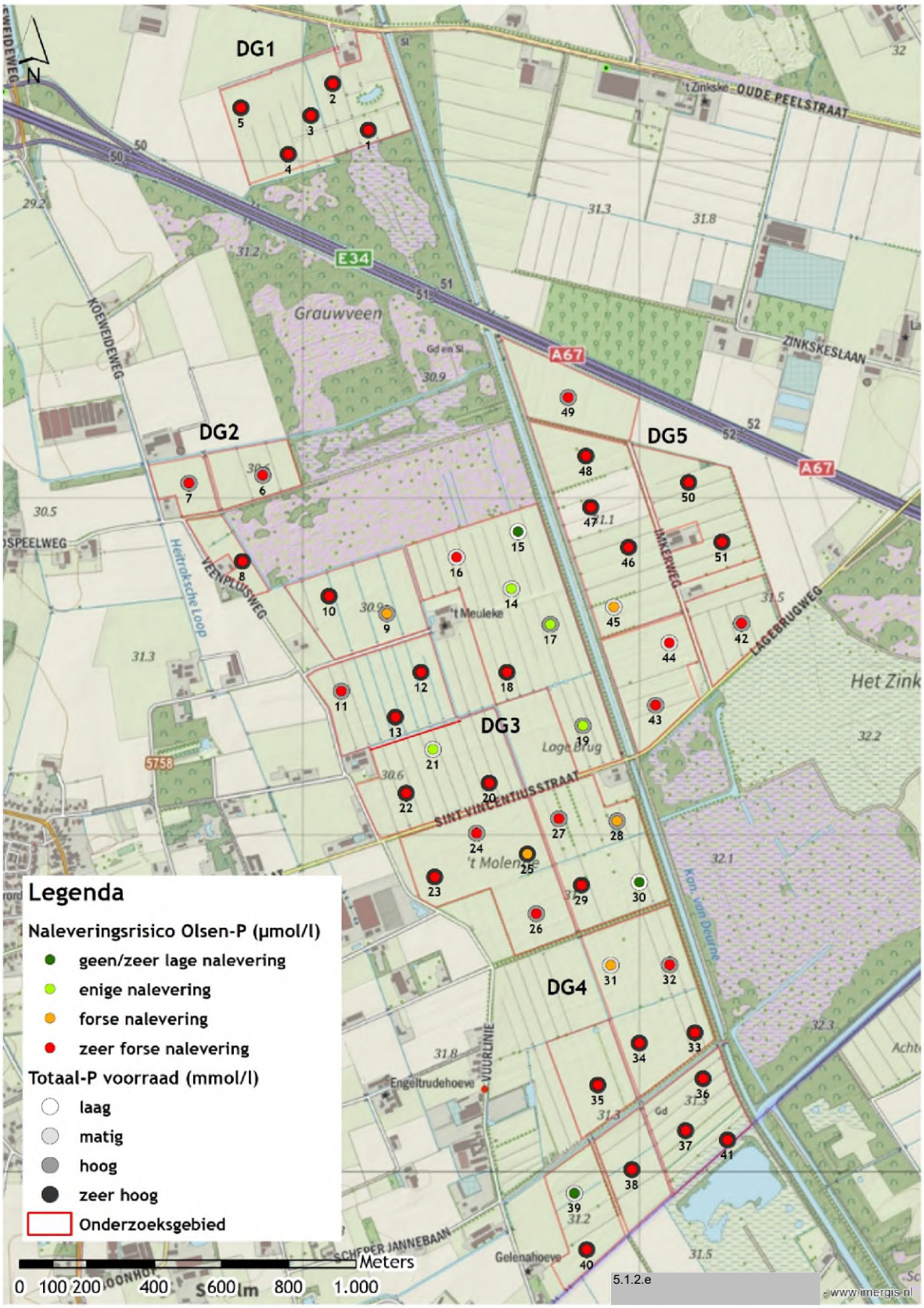
Voor de geanalyseerde bodems uit de Heitrakse Peel en 't Zinkske is het risico laag bij een Olsen-P concentratie lager dan 1000 µmol/l bodem en een totaal-P concentratie lager dan 5-10 mmol/l bodem (Figuur 28). De labiele P-concentraties (P-z) correleren niet goed met de FVG. Voor de zandbodems en veraarde veenbodems (< 50%) nemen de P-z concentraties langzaam toe met de FVG (Figuur 28). De hoogste labiele P-concentraties zijn gemeten in de veenbodems, ook bij een

lage FVG. De toplaag van de veenbodem op de referentielocaties heeft overal een lage FVG (≤ 10%; (Figuur 28). De reden voor de hoge(re) P-z concentraties in veenbodems met een lage FVG (zowel van de agrarische percelen als referentielocaties) is niet geheel duidelijk. Voor de agrarische percelen kunnen de hoge P-z concentraties bij een lage FVG duiden op de uitspoeling uit ondiepere P-verzadigde bodemlagen. Op de referentielocaties zijn de hogere P-z concentraties (15-20 µmol/l) mogelijk afkomstig van veenafbraak (zie hoofdstuk 4).

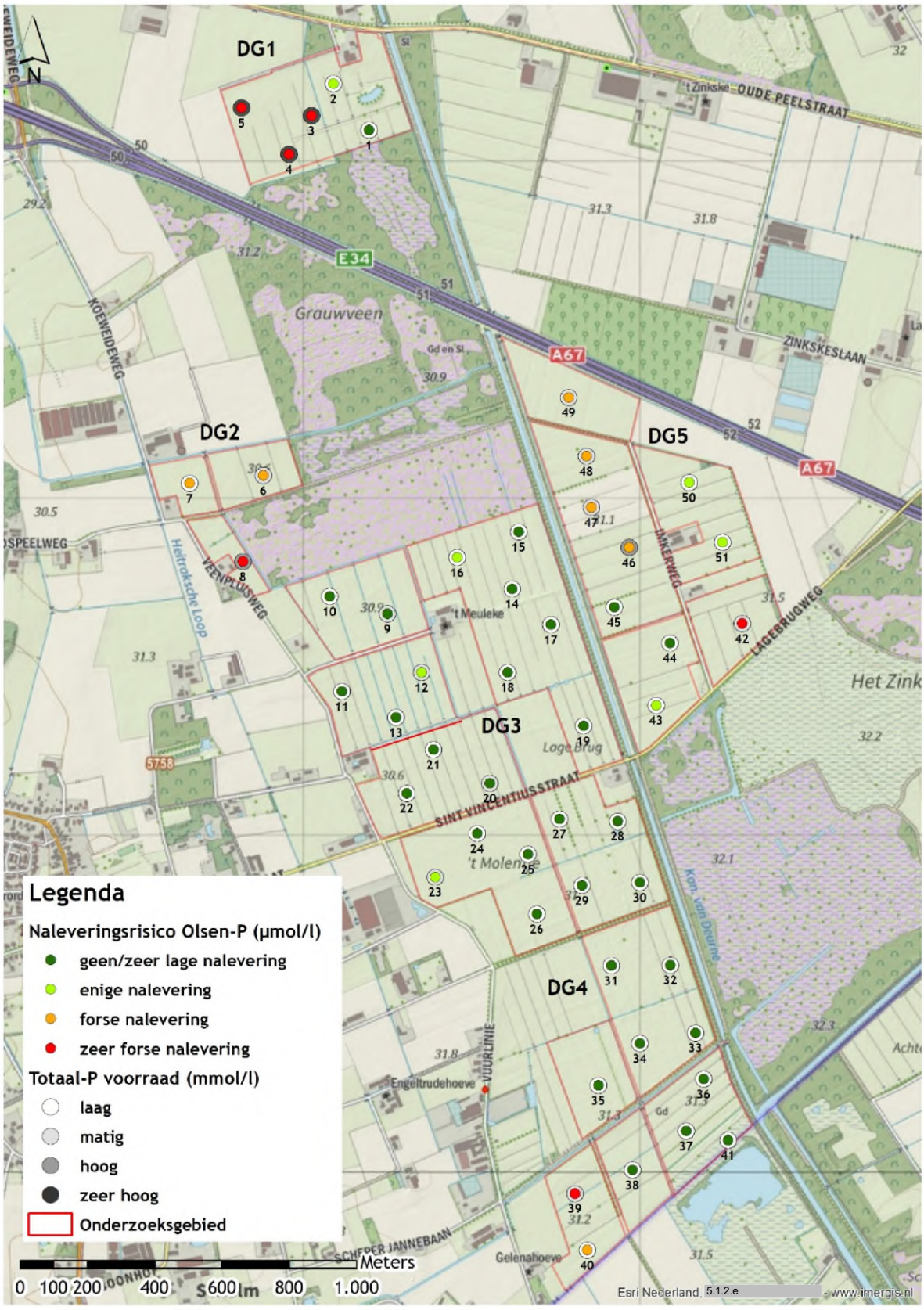


Figuur 28. Correlatie tussen de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) en de Olsen-P concentratie (zowel per volume als gewicht), totaal-P en P-z concentratie (alleen per volume). De FVG werd bepaald op een selectie van 20 locaties op 3 diepten en van de toplaag van de bodem op de referentielocaties. Voor de lansbouwbodems is onderscheid gemaakt tussen de zandbodems en meer veraarde veenbodems (< 50% organische stof) en de meer intacte veenbodems (> 50% organische stof).

Gezien de sterkere correlatie tussen de FVG van de bodem en de Olsen-P concentratie per liter, zeker voor de veenbodems, wordt in Figuur 29 nogmaals de vier verschillende risicoklassen op nalevering weergegeven maar dan op basis van de Olsen-P concentratie per liter bodem. In Figuur 30 worden de risicoklassen op P-nalevering van de bodem direct onder de bouwvoor ruimtelijk weergegeven.



Figuur 29. Risico op nalevering van P van de toplaag van de bouwvoor op basis van Olsen-P concentratie (in µmol/l bodem). Achtergrondcirkels geven de totaal-P voorraad (in mmol/l) in de toplaag van de bodem weer.



Figuur 30. Risico op nalevering van P van de bodemlaag direct onder de bouwvoor op basis van Olsen-P concentratie (in µmol/l bodem). Achtergrondcirkels geven de totaal-P voorraad (in mmol/l) in de toplaag van de bodem weer.

Direct onder de bouwvoor (de dieptes variëren afhankelijk van de dikte van de bouwvoor) is de bodem in de meeste gevallen duidelijk armer aan Olsen-P en totaal-P. Vooral in deelgebied 3 en 4 volstaat het verwijderen van de bouwvoor voor het beperken/minimaliseren van de P-nalevering. In de deelgebieden 1, 2 en 5 is het risico op nalevering op veel locaties nog steeds hoog (oranje en rode stippen; Figuur 30). Op een aantal locaties is de totale P-voorraad laag (< 5 mmol/l), ondanks dat ze in de risicoklasse van (zeer) forse nalevering vallen (zoals locatie 7 en 40; Figuur 30). Op deze locaties kan de P-nalevering op korte termijn groot zijn (de P-beschikbaarheid is hoog). Echter, op basis van de relatief lage totaal-P concentratie in de bodem, is de verwachting dat dergelijke locaties op de langere termijn waarschijnlijk minder problemen geven met betrekking tot P-nalevering dan locaties met zowel hoge Olsen-P als hoge totaal-P concentraties. Lokaal kan de P-nalevering worden beperkt door dieper af te graven (zie ook adviezen in paragraaf 3.4).

4. BODEMCHEMIE EN WATERKWALITEIT REFERENTIELOCATIES

4.1 Inleiding

In aanvulling op het onderzoek op de landbouwpercelen, werd de bodemchemie en waterkwaliteit in beeld gebracht op een aantal locaties in de bestaande natuur van de Heitrakse Peel (Figuur 31) en 't Zinkske. Het onderzoek op deze locaties dient ter referentie van het onderzoek op de landbouwpercelen, maar ook om een beeld te krijgen van de huidige kwaliteit van de bestaande natuur. In de Heitrakse Peel werd bemonsterd in herstellend hoogveen en in hoogveenbos, waarbij in beide typen zowel een locatie met als zonder waterveenmos werd bemonsterd. In 't Zinkske werd geen waterveenmos aangetroffen en zijn locaties uitgezocht met veenpluis, eenarig wollegras of alleen pijpenstrootje (zie Tabel 1).

Op de referentielocaties werd de toplaag van de bodem en de onderliggende (veen)bodemlaag bemonsterd. Daarnaast werd in het veld poriewater uit de toplaag van het veen en op ca. 40-50 cm-mv diepte verzameld met behulp van een ceramische cup (zie hoofdstuk 2). Tenslotte werd op iedere referentielocatie, of in de directe omgeving, een oppervlaktewatermonster verzameld. In Bijlage 2 wordt ingegaan op een aantal belangrijke (hydro)chemische randvoorwaarden bij hoogveenherstel.



Figuur 31. Impressie van de Heitrakse Peel. De vegetatie wordt gedomineerd door pijpenstrootje en adelaarsvaren. In de nattere delen van het gebied groeit er waterveenmos tussen de pollen pijpenstrootje. Foto: 5.1.2.e

4.2 Heitrakse Peel

Locatie R1 en R4 (herstellend hoogveen)

Locatie R1 betreft een slenk waar waterveenmos zich goed ontwikkelt en locatie R4 betreft een natte locatie met alleen groei van pijpenstrootje (Figuur 6). De bodemchemie op beide locaties is

redelijk vergelijkbaar, waarbij de P-concentraties in de toplaag van het veen laag zijn (Olsen-P: 222-357 µmol/l en P-t: 1,8-3,0 mmol/l; Tabel 13). Een belangrijk verschil in bodemchemie met de diepere P-arme veenlagen op de landbouwgronden is de zuurgraad en mate van buffering van het veen. Op de referentielocaties is het veen zuur en vrijwel niet gebufferd (pH-z: 2,9, Ca-t: 3-6 mmol/l en Ca-z: ± 2.500-5.000 µmol/l; Tabel 13) en op de landbouwgronden is het veen minder zuur en sterker gebufferd (pH-z: ca. 4,5; Ca-t: ca. 80 mmol/l en Ca-z: ca. 18.000 µmol/l; gemiddelden voor deelgebied 3 na verwijderen P-rijke toplaag). Voor de ontwikkeling van zure, ongebufferde hoogveenvegetaties zijn de veenbodems van de voormalige landbouwpercelen dus te sterk gebufferd en zal zich een meer gebufferd vegetatietype ontwikkelen zoals blauwgrasland (bij de huidige waterstanden; zie paragraaf 3.4) of een minerotrofe moerasvegetatie (bij stabiele hoge waterstanden).

Het oppervlaktewater is op locatie R1 en R4 zuur (pH 3,6), ongebufferd en arm aan nutriënten (Tabel 14). Het oppervlaktewater op locatie R1 is wel relatief rijk aan CO_2 (> 500 µmol/l) en dit is een mogelijke verklaring waarom op locatie R1 wel waterveenmos groeit en op locatie R4 (ca. 100 µmol/l; Tabel 14) niet. Naast de concentratie CO_2 in het water, kan de beschikbaarheid van licht beperkend zijn voor de groei van waterveenmos in het water. Vooral de kleuring van het water door humuszuren (gemeten als de extinctie bij 450 nm) is daarbij van belang (zie Figuur 49 in Bijlage 2). Het oppervlaktewater op locatie R1 en R4 is relatief sterk gekleurd (E_{450} = ca. 0,27; Tabel 14) en dit betekent dat er lichtgebrek voor waterveenmos kan optreden wanneer de waterdiepte meer dan ca. 15-20 cm is. Te hoge waterstanden zullen in de huidige situatie niet snel optreden, maar zijn wel een aandachtspunt wanneer het waterpeil in het gebied opgezet gaat/kan worden.

Tabel 13. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de referentielocaties R1 t/m R7. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, Pbs = fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P/P-t), -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8 = berekende verschralingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren (tot een streefconcentratie van 300/500/800 µmol Olsen-P /l) (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Zie Tabel 7 voor een toelichting van de gebruikte kleurarceringen.

Loc.	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	P-z	NO_3-z	NH_4-z	M3	M5	M8
R1	0-15	veraard veen	64	85	0,2	222	3,0	0,07	15	3	6	1	1	14	1599	2574	286	713	178	2,9	39	17	2	380	0	0	0
	15-30	veraard veen	48	73	0,3	1056	5,3	0,20	57	4	10	1	1	8	3490	2959	156	360	234	3,1	32	6	6	143	11	11	6
R2	0-20	intact veenmosveen	79	87	0,1	200	1,5	0,14	12	4	6	0	1	11	704	3641	249	998	134	3,0	49	15	0	455	0	0	0
	20-40	bruin veen	62	79	0,2	168	1,0	0,16	20	3	5	1	1	7	1253	3213	259	764	149	3,0	47	10	1	376	0	0	0
R3	10-30	kruimelig, structuurarm veen	88	84	0,2	625	4,1	0,15	15	8	22	1	3	14	883	5420	359	1640	164	3,0	66	10	8	252	7	5	0
	30-45	veraard veen, lemiger aan onderkant	53	71	0,3	289	2,2	0,13	47	6	23	2	3	12	2500	3711	363	856	167	3,2	47	2	2	50	0	0	0
R4	10-25	kruimelig veen, doorworteld	93	90	0,1	357	1,8	0,20	6	6	3	1	2	20	354	4983	208	1521	205	3,0	69	21	10	340	0	0	0
	25-40	veraard veen	88	87	0,1	53	1,1	0,05	11	12	9	0	2	15	427	7871	124	1746	223	3,1	81	6	3	233	0	0	0
R5	0-20	slap veen	73	86	0,1	305	1,9	0,16	12	5	5	0	2	18	930	3626	231	1264	230	2,9	55	15	19	317	0	0	0
	20-35	veraard veen	30	66	0,4	203	1,4	0,15	36	3	5	1	2	9	1421	3966	126	980	303	3,1	55	5	1	94	0	0	0
R6	0-20	veraard veen	85	80	0,2	455	2,9	0,16	16	5	5	2	2	17	1112	3964	346	1596	191	2,9	57	20	5	549	0	0	0
	20-35	veraard veen	24	61	0,5	148	3,3	0,04	53	1	3	1	1	7	2413	1524	235	506	249	3,2	30	2	3	160	0	0	0
R7	0-20	veraard veen	25	54	0,6	494	2,9	0,17	53	2	7	1	2	10	2568	2186	222	648	204	3,3	36	2	4	183	0	0	0
	20-35	zand	3	26	1,3	571	2,8	0,20	134	0	18	4	8	5	2980	625	252	305	253	3,7	17	1	4	37	0	0	0

Tabel 14. Chemische samenstelling van het oppervlaktewater (OW) en poriewater (PW) op de 7 referentielocaties in de Heitrakse Peel en 't Zinkske. Alk. = alkaliniteit in µeq/l, EGV = elektrische geleidbaarheid in µS/cm en E_{450} = kleuring van het water bij 450 nm (maat voor de concentratie humuszuren). De overige concentraties zijn, uitgezonderd pH, gegeven in µmol/l. Voor ligging van de locaties zie Figuur 4 en Figuur 5).

Datum	Loc.	OW/PW	Diepte	pH	Alk	Turb.	EGV	CO_2	HCO_3^-	E_{450}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3+}	P	K^+	Na^+	Cl^-	Al^{3+}	Ca^{2+}	Fe^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}
16-3-2021	R1	OW		3,6	0	20	177	609	1	0,273	1,5	10,1	0,3	1,3	19	679	681	57,6	58	26,3	38	102
16-3-2021	R2	OW		3,8	0	52	105	120	0	0,196	1,3	12,3	2,3	4,5	14	357	461	20,5	87	32,2	60	29
16-3-2021	R3	OW		3,6	0	12	215	263	0	0,141	3,6	20,6	0,2	1,1	71	950	1435	37,1	137	34,4	76	87
16-3-2021	R4	OW		3,6	0	31	146	114	0	0,276	1,7	9,0	0,4	0,8	3	201	226	21,4	121	19,7	59	134
16-3-2021	R5	OW		3,5	0	17	150	205	0	0,233	7,4	30,1	0,3	0,6	12	213	223	32,2	69	10,6	63	134
16-3-2021	R6	OW		3,8	0	18	102	172	0	0,126	1,9	8,1	1,3	1,8	23	169	164	30,2	84	8,9	62	134
16-3-2021	R7	OW		4,0	0	27	60	139	1	0,136	25,9	34,7	0,4	0,8	15	123	131	20,9	53	8,6	43	59
16-3-2021	OW12	OW		3,5	0	30	140	1046	1	0,242	12,3	36,2	1,5	2,3	16	229	236	33,1	114	20,3	55	126
16-3-2021	R1A	PW	10	4,2			139	569	4	0,151	3,7	57,0	6,7	7,9	52	702	931	95,5	81	33,0	60	103
16-3-2021	R1B	PW	40	4,2			140	2372	16	0,051	1,3	22,0	1,1	2,3	10	552	803	107,0	166	55,9	75	196
16-3-2021	R2A	PW	10	4,7			79	771	18	0,135	1,4	43,5	2,0	3,2	29	369	532	92,1	119	41,7	68	30
16-3-2021	R2B	PW	50	4,2			273	2365	14	0,091	1,0	171,7	2,4	4,8	71	1494	2357	63,9	181	112,3	113	180
16-3-2021	R3A	PW	10	4,1			180	555	3	0,127	2,9	30,1	3,5	4,8	80	943	1361	97,9	141	46,4	78	85
16-3-2021	R3B	PW	50	4,2			189	1240	8	0,063	1,2	23,4	0,7	1,8	20	916	1554	95,8	196	74,1	107	107
16-3-2021	R4A	PW	10	4,1			90	2379	14	0,262	2,1	60,6	8,7	10,2	31	214	273	94,6	147	48,4	72	113
16-3-2021	R4B	PW	50	4,6			108	2027	35	0,087	1,5	60,1	2,2	2,5	10	229	230	53,3	262	27,0	161	256
16-3-2021	R5A	PW	10	4,1			101	2470	13	0,140	1,3	58,1	4,9	6,3	23	294	400	112,2	140	30,5	77	94
16-3-2021	R5B	PW	40	4,9			152	1867	66	0,084	1,3	24,9	1,5	2,8	23	442	478	121,9	338	56,3	234	353
16-3-2021	R6A	PW	10	3,9			100	1813	7	0,165	1,6	71,9	9,3	9,8	71	186	215	63,4	105	45,4	64	172
16-3-2021	R6B	PW	40	5,4			100	2764	291	0,043	2,1	46,4	2,1	3,3	40	255	187	52,8	210	9,6	186	208
16-3-2021	R7A	PW	10	4,5			66	2202	30	0,116	1,8	75,8	6,4	7,6	62	204	193	94,1	90	30,9	57	88
16-3-2021	R7B	PW	55	5,5			95	1668	210	0,066	2,0	35,1	1,9	2,9	23	279	182	58,5	198	29,3	195	157

De samenstelling van het poriewater is op beide locaties redelijk vergelijkbaar. In vergelijking tot het oppervlaktewater zijn CO_2-concentraties in het poriewater veel hoger, vooral in het veen onder de toplaag. In het diepere veen kan het CO_2 dat vrijkomt bij de afbraak van organisch materiaal niet makkelijk ontsnappen, waardoor de concentratie opgelost CO_2 in het poriewater toeneemt. Ook de nutriëntenconcentraties zijn in het poriewater hoger. De hoge ammoniumconcentraties in het poriewater (ca. 20-60 µmol/l) zijn het gevolg van de accumulatie van atmosferische stikstofdepositie. De aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ammoniumconcentratie is nog hoger (ca. 350 µmol/l) en is ook veel hoger dan in de veenbodems op de voormalige landbouwgronden (zie Figuur 19 rechtsonder). De landbouwgronden zijn minder zuur en nat waardoor stikstof vooral in de vorm van nitraat aanwezig is (Figuur 19 linksonder). Nitraat wordt door de vegetatie opgenomen (en afgevoerd bij maaien en afvoeren), daarnaast is nitraat mobiel in de bodem en kan daardoor uitspoelen naar het grondwater of in diepere bodemlagen worden gedenitrificeerd tot stikstofgas en ontsnappen naar de atmosfeer. Als gevolg hiervan zijn de stikstofconcentraties (nitraat + ammonium) in de (voormalig) bemeste graslanden lager dan in de natuurgebieden.

In de directe omgeving van locatie R4 werd een extra oppervlaktewatermonster verzameld (OW12; Tabel 14) van een slenk met algen (situatie maart 2021; Figuur 32). De verklaring voor de algenontwikkeling is de hoge fosfaatconcentratie in het water (1,5 µmol *o*-PO_4/l; Tabel 14). Het fosfaat is waarschijnlijk vrijgekomen bij de afbraak van het veen. De hoge P-concentraties in de bodem (zowel in het poriewater als in het zoutextract) kunnen een knelpunt vormen wanneer het waterpeil in het gebied wordt opgezet. De lokale ontwikkeling van algen is een belangrijke indicator voor dit risico.



Figuur 32. Slenk in de Heitrakse Peel met veel algenontwikkeling (situatie op 2 maart 2021). Foto: 5.1.2.e
5.1.2.e

Locatie R2 en R3 (berkenbroek)

In de Heitrakse Peel zijn ook 2 locaties in een berkenbroek bemonsterd, waarbij op locatie R2 wel waterveenmos groeit en op locatie R3 niet (Figuur 6). Een opvallend verschil in bodemchemie op beide locaties is dat de toplaag van het veen op locatie R3 (geen waterveenmos) rijker is aan plantbeschikbaar fosfaat (Olsen-P: 625 µmol/l; Tabel 13). Voor hoogveenbossen zit de fosfaatbeschikbaarheid boven de streefwaarde van 200-600 µmol Olsen-P/l (Tabel 5).

Het oppervlaktewater is op locatie R2 en R3 zuur (pH 3,6-3,8) en ongebufferd (Tabel 14). Op locatie R2 is het oppervlaktewater wel rijk aan fosfaat (2,3 µmol *o*-PO_4/l). In tegensteling tot de verwachting is het oppervlaktewater op zowel locatie R2 als R3 relatief arm aan CO_2 (< 300 µmol/l), waarbij op de locatie met waterveenmos (R2) de CO_2-concentratie nog lager is dan op de locatie zonder waterveenmos (R3). In het berkenbroek is het oppervlaktewater wat minder sterk gekleurd door humuszuren (E_{450}: 0,14-0,2; Tabel 14), zodat de maximale waterdiepte ca. 25-35 cm mag zijn zonder dat er lichtlimitatie optreedt. Hierbij is geen rekening gehouden met het wegvangen van licht door het bladerdek van de bomen in de zomer.

De samenstelling van het poriewater in het berkenbroek is redelijk vergelijkbaar met de samenstelling op de andere referentielocaties in de Heitrakse peel. Een opvallend verschil is dat het poriewater in het veen op 50 cm diepte op locatie R2 rijk is aan ammonium (ca. 170 µmol/l) en ook rijker aan natrium en chloride, maar de herkomst hiervan is niet duidelijk.

4.3 't Zinkske

In 't Zinkske zijn 3 referentielocaties bemonsterd, waarbij op locatie R5 veenpluis aanwezig is en op locatie R6 dopheide en eenarig wollegras (Tabel 1 en Figuur 6). Op locatie R7 is een natte locatie met alleen pijpenstrootje bemonsterd. Op geen van de drie locaties is waterveenmos aangetroffen.

De CO_2-concentratie in het oppervlaktewater is op alle 3 locaties laag (< 200 µmol/l; Tabel 14). Op basis van de kleuring van het water kan er op locatie R5 lichtgebrek optreden wanneer de waterlaag dieper is dan ca. 20 cm (in maart 2021 ca. 25 cm water op maaiveld) en op locatie R6 en R7 dieper dan ca. 40 cm. Op het moment van monstername (maart 2021) lijkt het ontbreken van veenmossen vooral een gevolg van CO_2-limitatie te zijn. In 't Zinkske staat een grondwaterbuis (B52D2143; Figuur 33) en de grondwaterstand op deze locatie fluctueerde in de periode 2015-2018 tussen ca. 20 en 140 cm onder maaiveld. De referentielocaties liggen op locaties die waarschijnlijk lager liggen en natter zijn (in maart 2021 ca. 10-30 cm op maaiveld), maar met een peilschommeling in het gebied van ca. 80 cm is de verwachting dat in de zomer het waterpeil hier te ver weg zakt (> 40 cm-mv). Zeker de droogte van de afgelopen jaren (vooral 2018 en 2019) is ongunstig geweest voor de veenmosontwikkeling.



Figuur 33. Grondwaterstanden van peilbuis B52D2143 (filter 1: 164-264 cm-mv) in 't Zinkske (XY-coördinaten: 190835 - 376418). Bron data: DINO-loket.

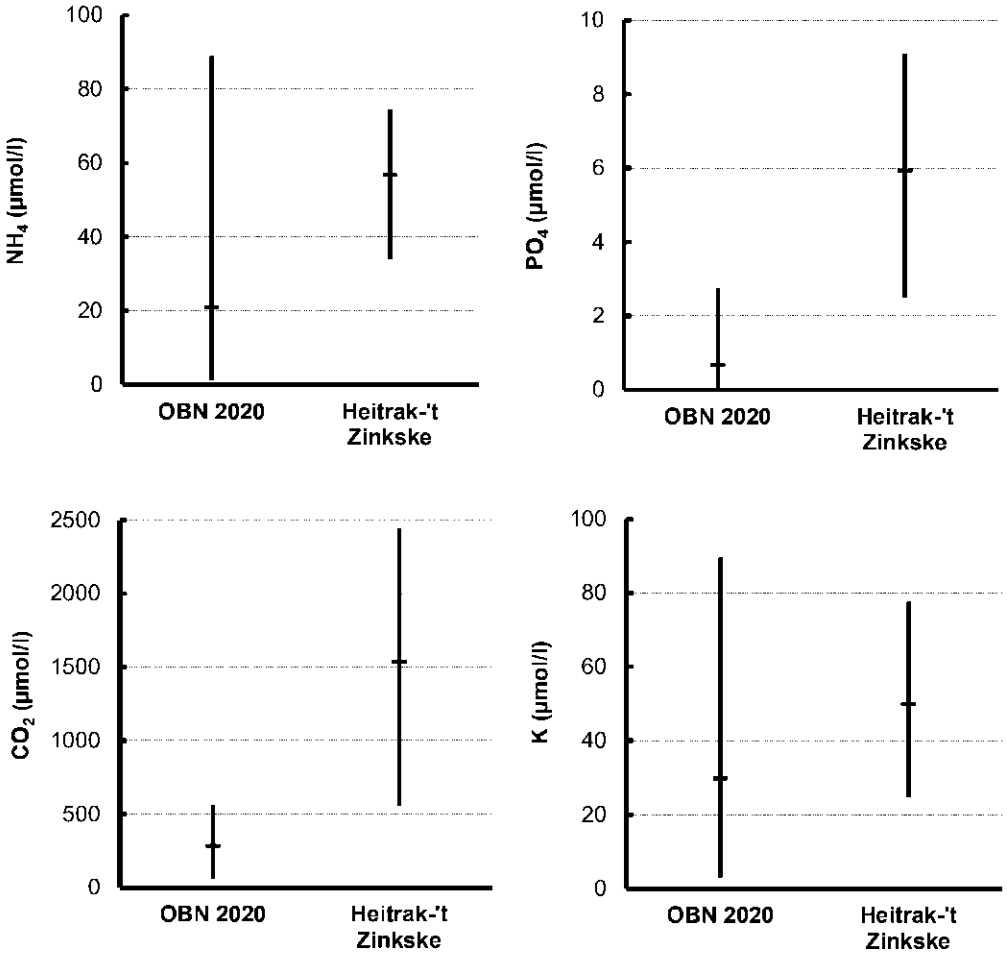
Net zoals in de Heitrakse Peel zijn de CO_2-concentraties in het poriewater op locatie R5 t/m R7 wel hoog (ca. 1500-2500 µmol/l; Tabel 14). Op locatie R6 en R7 is het poriewater in de diepere bodem (veraard veen of zand) minder zuur en zwak gebufferd (pH 5,4-5,5 en 200-300 HCO_3^-/l).

4.4 Vergelijking met andere hoogveengebieden

Om te kunnen bepalen in hoeverre de waterkwaliteit op de referentielocaties gunstig is voor de ontwikkeling van hoogveenvegetaties, worden in Figuur 34 de nutriëntenconcentraties in het poriewater op 10 cm diepte vergeleken met metingen uit oktober-november 2020 in diverse Nederlandse hoogveenrestanten (lopend OBN-onderzoek in o.a. de Mariapeel). Dit betreffen locaties waar het hoogveenherstel goed verloopt en bultvormende veenmossen (Wrattig veenmos en/of Hoogveenveenmos) zich goed uitbreiden.

Op de referentielocaties in de Heitrakse Peel en 't Zinkske zijn de CO_2-concentraties beduidend hoger dan op de OBN-locaties (Figuur 34). Hoge CO_2-concentraties zijn gunstig en de verschillen zijn te verklaren door het tijdstip van bemonstering aangezien de waterstanden in oktober-november lager waren dan in maart 2021. CO_2 is een goed in wateroplosbaar gas, dat onder drogere

omstandigheden ontsnapt naar de atmosfeer. Uit eerder onderzoek blijkt dat de CO_2-concentraties in het poriewater vaak zeer hoog zijn (Figuur 48 in Bijlage 2).

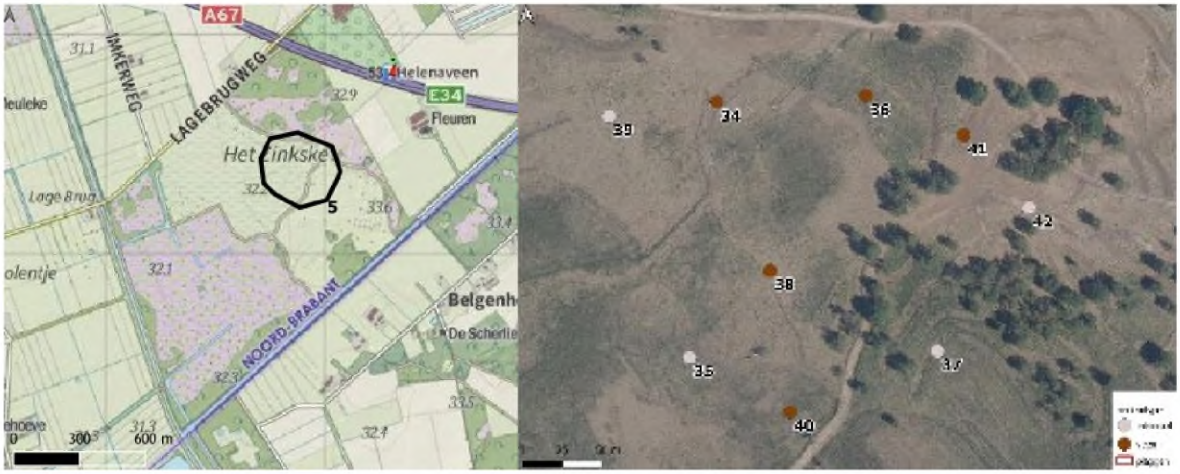


Figuur 34. Concentratie ammonium, fosfaat, kooldioxide en kalium (in µmol/l) in het poriewater op 10 cm diepte op locaties waar hoogveenherstel goed op gang komt (diverse Nederlandse hoogvenen; n=18) en op de referentielocaties in de Heitrakse Peel en 't Zinkske (n=7). Weergegeven zijn gemiddelden en 5e en 95e percentielen. Bron data OBN 2020: metingen onderzoek OBN acrotelmontwikkeling (5.1.2.e , 2021).

De gemiddelde ammonium- en kaliumconcentraties in het poriewater van de referentielocaties zijn gemiddeld hoger dan op de OBN-locaties, maar vallen wel binnen de spreiding. De grote spreiding in de ammoniumconcentratie in het poriewater op de OBN-locaties was het gevolg van 2 ammoniumrijke locaties in het Bargerveen. Op deze locaties vormen de hoge ammoniumconcentraties geen probleem voor de uitbreiding van bultvormers, maar op de overige locaties zijn de concentraties fors lager (gemiddeld ca. 10 µmol NH_4^+/l). De ammoniumconcentratie op de referentielocaties zijn dan wel fors hoger (gemiddeld ca. 55 µmol NH_4^+/l). De fosfaatconcentraties in het poriewater op de referentielocaties zijn ook veel hoger (gemiddeld bijna een factor 10) dan op de OBN-locaties (Figuur 34).

4.5 Kwaliteit vochtige en droge heide in 't Zinkske

De referentielocaties in de Heitrakse Peel en 't Zinkske zijn in overleg met de provincie Noord-Brabant geselecteerd en betreffen natte locaties waar ontwikkelingen richting hoogveenherstel worden verwacht. In een groot deel van de gebieden is op dit moment droge of natte heide aanwezig. In het voorjaar van 2020 werd in het kader van een steenmeelonderzoek de bodemchemie op 9 locaties in 't Zinkske in beeld gebracht (Figuur 35 en Figuur 36; 5.1.2.e 5.1.2.e ., 2020). Op deze locaties is in het verleden geplagd of gechopperd, of wordt op dit moment begraasd (Tabel 15). De vegetatie wordt gedomineerd door pijpenstrootje, struikhei, met lokaal wat zuring of bochtige smele (5.1.2.e , 2020). Op 5 van de 9 locaties is een veenbodem aanwezig en op de overige locaties een minerale zandbodem (Figuur 35). In Tabel 15 wordt de bodemchemische samenstelling van de toplaag van de bodem gegeven.



Figuur 35. Ligging van de 9 heidelocaties in 't Zinkske waarvan de bodemchemie in 2020 in beeld gebracht is. Op de lichte locaties is een minerale zandbodem aanwezig en op de bruine locaties een veenbodem (> 50% organische stof). Bron: Verbaarschot e.a. (2020).

Voor de locaties in 't Zinkske met een minerale zandbodem blijkt dat de bodembuffering aan de lage kant is voor de ontwikkeling van droge of vochtige heide. Daarnaast zijn ook de ammoniumconcentraties in de bodem over het algemeen (veel) te hoog voor de ontwikkeling van heide, met uitzondering van de locatie in een oude plagzone (locatie 41; Tabel 15). De conclusie van het onderzoek was dat de uitgevoerde maatregelen chopperen, plaggen en begrazen nog niet tot geschikte bodemcondities geleid voor ontwikkeling van droge en vochtige heide op minerale bodem 5.1.2.e , 2020). Voor de locaties op een minerale bodem en met een te lage bodembuffering is het mogelijk om de bodembuffering te herstellen met een combinatie van steenmelen of een combinatie van een kalkgift met een steenmeelgift (5.1.2.e). Het toepassen van steenmeel is nog wel een experimentele herstelmaatregel (alleen de effecten op relatief korte termijn zijn bekend).



Figuur 36. Impressie van de vergraste heide op locatie 36 en 38 in 't Zinkske op 17 februari 2020. Foto's: 5.1.2.e 5.1.2.e.

Tabel 15. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) van de toplaag van de bodem (0-10 cm-mv) op 9 heidelocaties in 't Zinkske. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare (labiele) concentraties, BV = basenverzadiging en CEC = grootte bodemadsorptiecomplex in meq/l verse bodem (BV en CEC op basis van strontiumextractie). De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Zie Tabel 7 voor een toelichting van de gebruikte kleurarceringen. Bron analysedata: Verbaarschot e.a. (2020).

Loc.	Type	OS	V	MV	Ols-P	Pt	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	CEC	P-z	NO_3-z	NH_4-z
34	begraasd pijpenstro	93	68	0,2									1301	4105	0,3	629	1451	128	2,4	24	60	27	99	729
35	geplagd/gechopperd	12	31	0,9									2245	2132	1,1	611	492	179	2,8	11	78	4	14	355
36	gechopperd	39	48	0,6	266	1,9	23,8	7,7	6,1	1,0	2,0	9,1	1449	6361	0,2	889	2009	168	2,5	22	81	10	51	517
37	gechopperd	11	26	1,0									2214	2592	0,9	673	896	163	2,8	13	95	2	0	167
38	begraasd pijpenstro	83	64	0,2	358	3,3	28,6	4,4	12,3	1,0	1,6	16,0	2594	2650	1,0	639	898	164	2,8	16	61	27	141	1432
39	geplagd/gechopperd	8	21	1,1									1980	1698	1,2	1146	514	163	3,1	10	56	3	29	814
40	begraasd pijpenstro	83	65	0,2									3296	2626	1,3	351	854	155	2,8	17	64	9	26	582
41	begraasd pijpenstro	71	59	0,3									839	6763	0,1	1049	2037	138	2,7	31	75	30	114	277
42	oude plagzone	5	12	1,1	400	1,7	90,2	3,1	4,8	2,5	2,7	2,8	2870	2076	1,4	518	372	140	3,4	10	57	2	1	33

Het afvoeren van ammonium in heidebodems zonder te plaggen is een moeilijke opgave. Een mogelijke maatregel is chopperen, gevolgd door enkele jaren van drukbegrazing om vergrassing te voorkomen of dominantie van grassen te doorbreken (Verbaarschot e.a., 2020). Na chopperen wordt geadviseerd om te bekalken om een ammoniumpiek te voorkomen. Mogelijk kan maaien en afvoeren, eventueel in combinatie met begrazing, ook leiden tot afname van de ammoniumconcentratie in de bodem. In droge heide is branden in de winter een mogelijk maatregel om ammonium af te voeren. Uit onderzoek 5.1.2.e 5.1.2.e. (2017) blijkt dat branden in droge heide als beheermaatregel kan leiden tot een verhoogde flux van nitraat en ammonium in de bodem en hogere concentraties uitwisselbaar kalium. Vanaf 3 jaar na branden en drukbegrazen waren in deze studie de ammonium- en nitraatconcentraties in de bodem sterk afgenomen en was de dominantie van grassen verminderd.

In de onderzochte veenbodems op de heidelocaties in 't Zinkske vormen de zeer hoge ammonium- (en fosfaat)concentraties in de bodem een knelpunt voor het beoogde hoogveenherstel en duiden op afbraak van het veen. De onderzochte veenbodems zijn verdroogd, waardoor mineralisatie van het veen en vergrassing met pijpenstrootje heeft opgetreden. Op locatie 34, 38 en 40 werden ammoniumconcentraties van meer dan 500 µmol/l bodem gemeten. Bij hoge

ammoniumconcentraties in de bodem (>500 µmol/l bodem), zeker in combinatie met hoge fosfaatconcentraties, treedt vaak verruiging op door met name pijpenstrootje en berk (5.1.2.e e.a., 2003). Aangezien deze soorten harder kunnen groeien dan de trage hoogveensoorten, kunnen zij effectiever gebruik maken van de overmaat aan stikstof, vooral in gecombineerd wordt met minder stabiele en te lage waterstanden. De toename in vaatplanten is een zichzelf versterkend proces dat ten koste gaat van veenmosgroei en daarmee hoogveenherstel vertraagd. Het verlagen van de ammoniumconcentraties in veenbodems is lastig. De ammoniumconcentraties in de bodem op de begraasde, gemaaide en gechopperde locaties waren nog niet lager in vergelijking met de niet of minder intensief beheerde locaties (5.1.2.e , 2020). Mogelijk kan een betere uitgangssituatie voor de ontwikkeling van hoogveen bereikt worden door de veraarde, ammoniumrijke veenbodem af te graven tot concentraties onder de 200 µmol NH_4/l bodem. Op locatie R1 t/m R7 lijkt dit haalbaar na afgraven van de toplaag (15 cm).

4.6 Conclusies referentielocaties

Zoals al bekend zijn de waterstanden in de Heitrakse Peel en 't Zinkske te laag voor het habitattype herstellend hoogveen (DLG e.a., 2017). Als gevolg van de sterke vindt er versnelde afbraak en mineralisatie van het nog aanwezige veenpakket plaats. Als gevolg hiervan, en de hoge atmosferische stikstofdepositie) is het poriewater in de toplaag van het veen rijk aan zowel ammonium als fosfaat. De hoge nutriëntenbeschikbaarheid is ongunstig voor het herstel van het hoogveen. Concurrentie met soorten als pijpenstrootje, berken en pitrus kunnen de veenmosontwikkeling belemmeren via lichtgebrek en/of verdroging (toename interceptie neerslag en evapotranspiratie). Op het moment dat de hydrologische condities gunstig worden voor veenmosontwikkeling, zal er vanwege de hoge nutriëntenbeschikbaarheid met beheermaatregelen ingegrepen moeten worden om opslag van berk en uitbreiding van pijpenstrootje en/of pitrus te beperken.

In het veen onder de toplaag zijn de ammonium- en fosfaatconcentraties over het algemeen wel lager (Tabel 13 en Tabel 14). Mogelijk dat met het afplaggen van de toplaag de uitgangssituatie voor hoogveenherstel verbeterd kan worden. Voor hoogveenontwikkeling is het herstel van stabiele hoge waterstanden een absolute voorwaarde (zie o.a. 5.1.2.e e.a., 2003; 5.1.2.e ,2011), daarom zal eerst de hydrologie hersteld moeten worden alvorens te overwegen om de veraarde nutriëntenrijke toplaag af te graven. Dit is, net als op de landbouwgronden, ook van essentieel belang om versnelde mineralisatie van de nieuwe toplaag van het veen te voorkomen.

Na afgraven en hydrologisch herstel is het advies om lokaal bultvormende veenmossoorten in te brengen. In hoogveenrestanten met overwegend zwartveen zijn de bultvormende veenmossen zelden meer aanwezig en is de kans op spontane uitbreiding klein. Uit de eerste resultaten van lopende proeven met de introductie van bultvormende veenmossoorten op zwartveen in de Deurnsche Peel blijkt dat het inbrengen van veenmosfragmenten in combinatie met een stabiel waterpeil en beschutting door een laag stro veelbelovend is (Figuur 37; 5.1.2.e 5.1.2.e ., 2019; 2021). Veenmosfragmenten zijn wel zeer gevoelig voor droogte, dus stabiele hoge waterstanden zijn dan een vereiste (5.1.2.e 5.1.2.e ., 2019; 2021).



Figuur 37. Experimentele introductie van veenmossen (waterveenmos, wrattig veenmos en hoogveenveenmos) in de Deurnsche Peel op zwartveen met wateraanvoer en afdekken met stro. Situatie in oktober 2020, 1,5 jaar na de start van het experiment. Foto: 5.1.2.e

5. SAMENVATTING EN ADVIEZEN

5.1 Landbouwpercelen

Uit het bodemchemische onderzoek blijkt dat de bodemopbouw en potenties voor natuurontwikkeling (hoog ambitieniveau) binnen het onderzoeksgebied sterk verschillen. Voor de potenties voor natuurontwikkeling en de adviezen voor verschraling zie Figuur 22 en Tabel 12.

Deelgebieden 1, 2 en 5

Deelgebieden 1 en 2 zijn niet kansrijk voor de ontwikkeling van soortenrijke natte natuurtypen. De overwegend zandige bodem is tot op grote diepte verrijkt met P, waardoor deze percelen niet kansrijk zijn of tot grote diepte (≥ 35 cm) de P-rijke bodem afgegraven moet worden.

De potenties voor natuurontwikkeling in deelgebied 5 zijn redelijk. De bouwvoor in dit deelgebied is vaak wat dikker (25-40 cm), zodat er relatief veel P-rijke bodem (ca. 20-40 cm) afgegraven moet worden en daarbij ook nog een langdurig verschralingsbeheer noodzakelijk is om de bodem verder te verschralen.

Op niet kansrijke locaties kan door middel van maaien en afvoeren worden ingezet op de ontwikkeling van een kruidenrijk(er) grasland. Voor een goed ontwikkeld kruidenrijke grasland is een forse reductie van de fosfaatbeschikbaarheid nodig en dat lijkt op basis van de P-voorraad niet haalbaar (verschralingsduur vaak > 100 jaar). Een alternatief voor deze locaties is het lage ambitiebeheertype ruigteveld (N12.06).

Deelgebieden 3 en 4

Deelgebieden 3 en 4 zijn over het algemeen zeer kansrijk voor natuurontwikkeling. De (zandige) bouwvoor is relatief dun (meestal < 20 cm) en het fosfaat is niet of beperkt uitgespoeld tot onder de bouwvoor. In het gebied zijn nog dikke veenpakketten aangetroffen. Onder de huidige hydrologische omstandigheden ontstaan er gezien de mate van bodembuffering na afgraven van de P-rijke bouwvoor (ca. 10-20 cm) goede kansen voor de ontwikkeling van blauwgrasland (GLG te laag voor veenvormende vegetatietypen). Op een aantal locaties is de bodem al schraal genoeg en volstaat het verwijderen van de bestaande zode voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten. De lage huidige GLG is daarbij wel een belangrijk aandachtspunt. Wanneer de P-rijke, vaak zandige, toplaag afgegraven wordt, komt veen aan de oppervlakte te liggen. Om verdere oxidatie (afbraak) van het veen te voorkomen, mag de waterstand in het veen niet te ver uitzakken in de zomer (max. 10-20 cm). Gezien de huidige GLG is het de vraag is of dit haalbaar is. **Het advies is om alleen in combinatie met het nemen van hydrologische maatregelen de P-rijke zandige bouwvoor tot op het veen af te graven.**

Wanneer het mogelijk is om de GLG flink te verhogen, omstaan er in deelgebied 3 en 4 goede kansen voor de ontwikkeling van een minerotrofe moerasvegetatie. Een vergelijkbare situatie was aanwezig in de Oosterpolder (Zuidlaardermeergebied, Groningen). Na het afplaggen van de P-rijke toplaag (ca. 20 cm) en het starten van een aanvullend verschralingsbeheer heeft zich op de P-arme veenbodem (Olsen-P: < 300 µmol/l; P-t: < 5 mmol/l, Ca-t: ca. 30 mmol/l en Ca-z: ca. 15.000-20.000 µmol/l) in ca. 10 jaar een minerotrofe moerasvegetatie ontwikkeld met o.a. draadzegge, veldrus, kale jonker, moeraskartelblad, haakveenmos en glanzend veenmos (Figuur 38; van Mullekom e.a., 2012; 2014).



Figuur 38. In de Oosterpolder is in 1999 de toplaag (± 20 cm) afgeplagd. Inmiddels is, na jaarlijks maaien en afvoeren, een mooie schrale vegetatie ontstaan met soorten als haakveenmos (*Sphagnum squarrosum*, links), draadzegge (*Carex lasiocarpa*, links), kale jonker (*Cirsium palustre*), moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) en glanzend veenmos (*S. subnitens*, rechts). Bron: 5.1.2.e (2014).

Gezien het risico op P-nalevering van de bouwvoor is het advies om alleen vernattingsmaatregelen te nemen in combinatie met het afgraven van de P-rijke bouwvoor. Het risico op P-nalevering wordt door het verwijderen van de bouwvoor sterk gereduceerd.

Een belangrijk punt van aandacht zijn de nog relatief hoge labiele P- en nitraatconcentraties na verwijderen van de P-rijke toplaag. De verwachting is dat deze concentraties snel zullen afnemen (mits er geen aanvoer van P en/of nitraat via het grondwater is), maar kan in de eerste periode na herinrichting nog zorgen voor een tijdelijke verruiging van de vegetatie. Door het voeren van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel kan de groei van ongewenste, algemene soorten onderdrukt worden.

Verder fungeert deelgebied 3 momenteel als een belangrijk broedgebied voor weidevogels (o.a. grutto en wulp) en een verandering in vegetatietype zal/kan invloed hebben op de aantallen weidevogels. In hoeverre weidevogels en hoogveenontwikkeling samengaan hangt af van de functie die het gebied krijgt: een ondersteunende hydrologische functie voor het herstellend hoogveen (hydrologische bufferzone) of daadwerkelijk blauwgrasland of veenmoeras (en op lange termijn hoogveenontwikkeling).

5.2 Referentielocaties

Het ontbreken van waterveenmos op de referentielocaties in 't Zinkske kan het gevolg zijn van te lage CO_2-concentraties in het water en/of lichtgebrek (het water is relatief sterk gekleurd door humuszuren). Het ontbreken van stabiele hoge waterstanden is echter een meer waarschijnlijke oorzaak voor het stagneren van de ontwikkeling van veenmossen. Als gevolg van verdroging heeft er een sterke mineralisatie van het veen plaatsgevonden. In vergelijking tot locaties met een goede ontwikkeling van bultvormende veenmossen, is het poriewater op de referentielocaties (zeer) rijk aan ammonium en fosfaat. De hoge beschikbaarheid aan zowel ammonium als fosfaat is ongunstig voor het herstel van het hoogveen. Concurrentie met soorten als pijpenstrootje, berken en pitrus kunnen de veenmosontwikkeling belemmeren via lichtgebrek en/of verdroging (toename interceptie neerslag en evapotranspiratie). Op het moment dat de hydrologische condities gunstig worden voor veenmosontwikkeling, zal vanwege de hoge nutriëntenbeschikbaarheid met beheermaatregelen ingegrepen moeten worden om opslag van berk en uitbreiding van pijpenstrootje en/of pitrus te beperken.

Het verlagen van de ammoniumconcentraties in veenbodems is lastig. In het veen onder de toplaag zijn de ammonium- en fosfaatconcentraties over het algemeen wel lager. Mogelijk dat met het afplaggen van de toplaag de uitgangssituatie voor hoogveenherstel verbeterd kan worden. Voor hoogveenontwikkeling is het herstel van stabiele hoge waterstanden een absolute voorwaarde, daarom zal eerst de hydrologie hersteld moeten worden alvorens te overwegen om de veraarde nutriëntenrijke toplaag af te graven. Dit is, net als op de landbouwgronden, van essentieel belang om mineralisatie van de nieuwe toplaag van het veen te voorkomen.

Na afgraven en hydrologisch herstel is het advies om lokaal bultvormende veenmossoorten in te brengen. In hoogveenrestanten met overwegend zwartveen zijn de bultvormende veenmossen zelden meer aanwezig en is de kans op spontane uitbreiding klein.

6. LITERATUUR

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad* 5.1.2.e *Landschap* maart: 10-13.

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2017) Competitive strength of Australian swamp stonecrop (*Crassula helmsii*). *Aquatic Invasions* **12** (3): 321-331.

5.1.2.e (2015) Human impact on peatlands: From biogeochemical issues towards sustainable land use options. PhD thesis.

DLG, RVO & Staatsbosbeheer (2017) Natura 2000-beheerplan Groote Peel, Deurnsche Peel & Mariapeel (139 en 140). In opdracht van het ministerie van Economische Zaken.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2011) Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. Samenvatting onderzoek en handleiding hoogveenherstel 1998-2010. Rapport nr. 2011/OBN150-NZ.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2010) The interaction between decomposition, N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. *Water Research* **44**: 3487-3495.

5.1.2.e (2005) Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Dissertatie, Wageningen Universiteit, Wageningen.

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2007) Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H_2O* **38** (17): 28-30.

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **6**: 2-7.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2012) Haalbaarheidsstudie 'Koolstoffixatie in het Zuidlaardermeergebied'. Bodem- en hydrochemisch onderzoek in de Oosterpolder, Harener Wildernis en (voormalige) landbouwpercelen. Rapportnummer 2012.49, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2014) Veenvorming en koolstoffixatie in het Zuidlaardermeergebied. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **11**: 4-7.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2018) Biogeochemisch onderzoek Leegveld. Rapport RP-17.174.18.10, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

5.1.2.e , 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.

5.1.2.e (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. 5.1.2.e Alterra-rapport 730.4. 50 blz.; 11 fig.; 5 tab.; 35 ref.

5.1.2.e 5.1.2.e (2008) Methodiek voor het karakteriseren van fosfaatlekkende gronden; PLEASE: technische beschrijving. 5.1.2.e Alterra-rapport 1724. 76 blz.; 22. Fig.; 4 tab.; 83 ref.

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2013) Waterkwaliteit in het veenweidegebied: de complexe interacties tussen oever, waterbodem en oppervlaktewater. *Landschap* 3: 145-153.

5.1.2.e , 5.1.2.e T., 5.1.2.e & 5.1.2.e (2012) Monitoring proefsloten Lopikerwaard: hoe werkt een boerensloot in het veenweidegebied? H_2O **17**: 30-32.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad* 5.1.2.e *Landschap* **3**(4): 5-11.

5.1.2.e (2001) Controlling phosphate release from phosphate-enriched sediments by adding various iron compounds. *Biogeochemistry* **54**: 219-228.

5.1.2.e & 5.1.2.e (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **1**: 12-15.

5.1.2.e & 5.1.2.e (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* **45**: 701-708.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2003) Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998-2001. Rapport EC-LNV nr. 2003/139. Expertisecentrum LNV Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ede. 186p.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2019) Stimuleren van acrotelmontwikkeling in hoogveenrestanten, tussentijds voortgangsverslag 2019. Rapportnummer: RP-17.030.20.19/ RP-17.052.20.20, Onderzoekcentrum B-WARE, WENR, KWR en Stichting Bargerveen.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2021) Stimuleren van acrotelmontwikkeling in hoogveenrestanten, Concept eindrapportage OBN-17-87-NZ en voortgangsverslag 2020 onderzoek Noord-Brabant. Onderzoekcentrum B-WARE, WENR, KWR en Stichting Bargerveen.

5.1.2.e , 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e L. 5.1.2.e , 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e S. 5.1.2.e , 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2015)

Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

5.1.2.e , 5.1.2.e & 5.1.2.e (2020) Mogelijkheden voor bufferherstel in de Peelvenen. Rapport RP-19.215.20.44, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

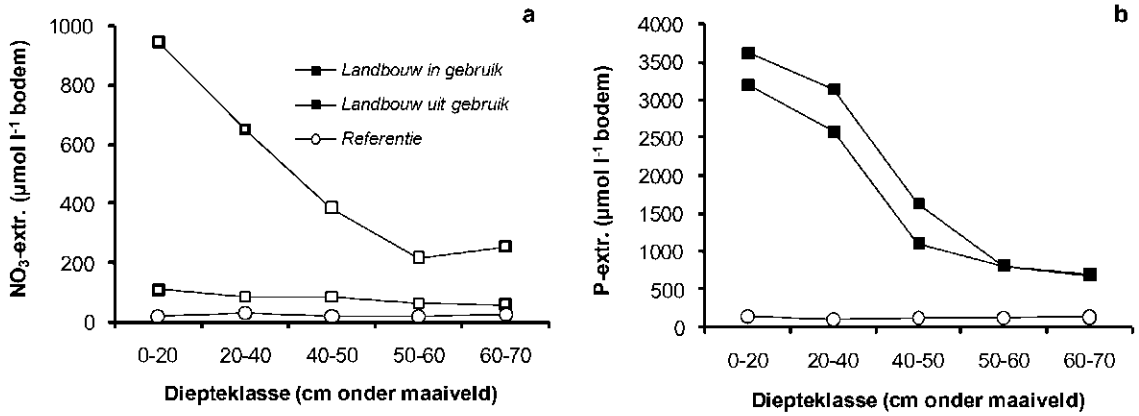
5.1.2.e 5.1.2.e & 5.1.2.e (2017). Monitoring OBN-onderzoek "fosfaattoevoeging heide". VBNE, Driebergen, 31 pag.

7. BIJLAGEN

Bijlage 1. Theoretische achtergronden natuurontwikkeling

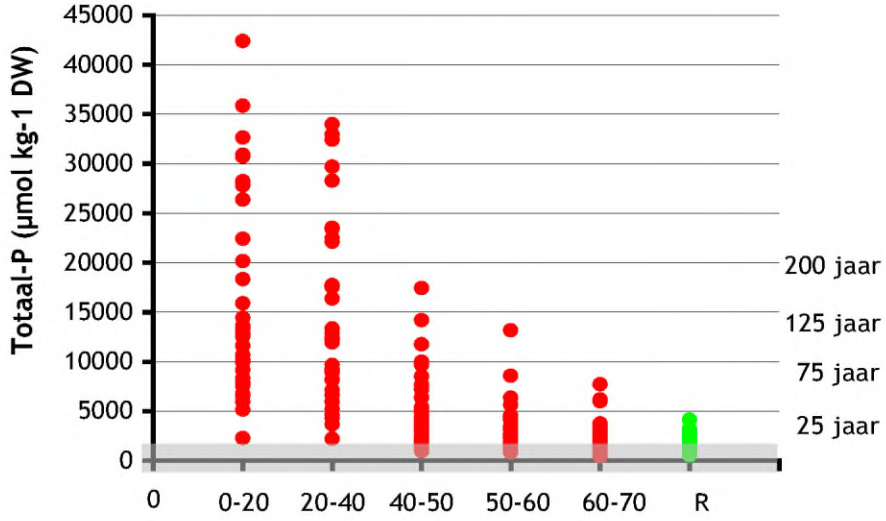
Nutriëntenbeschikbaarheid agrarische gronden

De kansen op een goede natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) (5.1.2.e , 2005). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de nog steeds hoge stikstofdepositie en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 39; 5.1.2.e 2005; 5.1.2.e ., 2006).



Figuur 39. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende diepten (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: 5.1.2.e (2009).

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 40; 5.1.2.e 5.1.2.e 2005; 5.1.2.e ., 2006; 5.1.2.e , 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 (5.1.2.e ., 2005; 5.1.2.e , 2006; 5.1.2.e , 2013).



Figuur 40. 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).

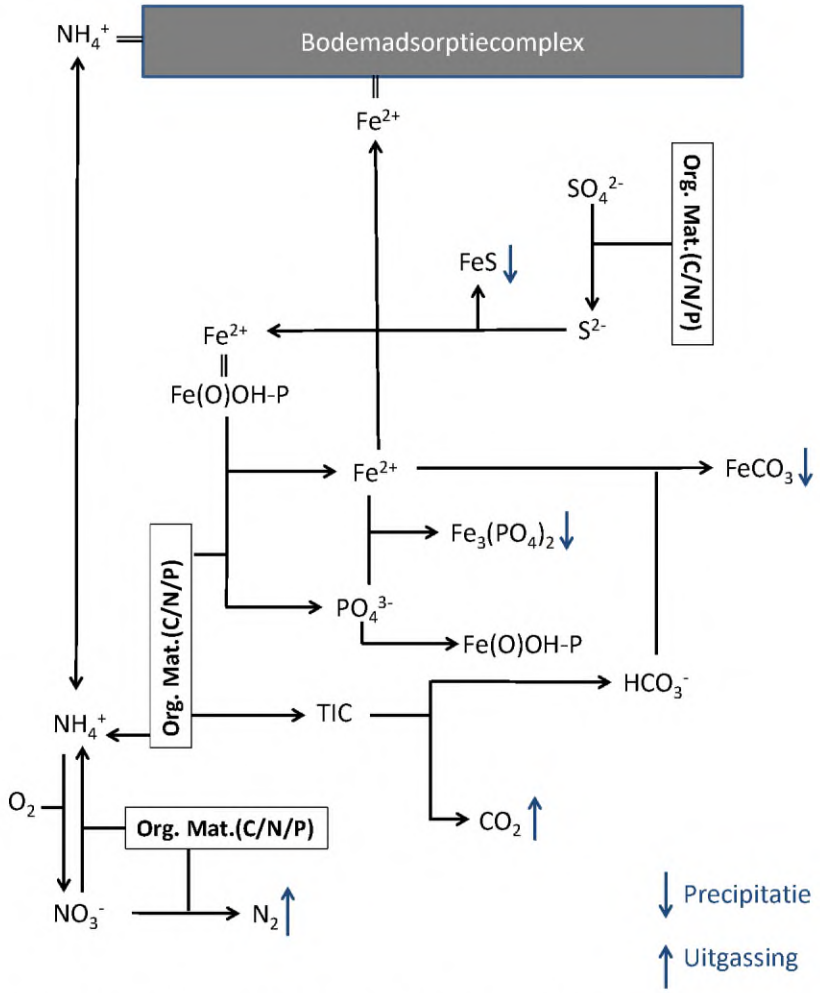
Vernatting van voormalige landbouwgronden

Vernatting (inundatie) van (voormalige) landbouwpercelen kan potentieel leiden tot grote problemen voor de waterkwaliteit (5.1.2.e 2015). Dit komt omdat er onder natte bodemomstandigheden diverse biogeochemische processen worden gestimuleerd die kunnen leiden tot een toename van de fosfaatbeschikbaarheid. De mate waarin onder anaerobe omstandigheden afbraak plaatsvindt hangt af van de beschikbaarheid van reactief organisch stof en de beschikbaarheid van alternatieve elektronenacceptoren. Omdat nitraat energetisch de meest gunstige elektronenacceptor is wordt eerst nitraat (NO_3^-) gebruikt en vervolgens driewaardig (geoxideerd) ijzer (Fe^{3+}) en sulfaat (SO_4^{2-}). Bij deze processen wordt achtereenvolgens stikstofgas (N_2), ijzer (Fe^{2+}) en sulfide (HS^-) gevormd. Omdat het om microbiële processen gaat zijn deze ook temperatuur afhankelijk.

Eerdere incubatie-experimenten met bodems van landbouwgronden hebben laten zien dat nitraat relatief snel verdwijnt uit het poriewater waarna ijzer(III)(hydr)oxiden worden gereduceerd (o.a. Lucassen e.a. al., 2015). Bij dit proces van ijzerreductie wordt driewaardig ijzer omgezet in tweewaardig ijzer (Fe^{2+}). Dit tweewaardige ijzer is veel beter oplosbaar dan het driewaardige ijzer waardoor de ijzerconcentraties in het poriewater stijgen. Na langdurige inundatie kan er ook sulfaat worden gereduceerd tot sulfide. Sulfide bindt aan tweewaardig ijzer waardoor de ijzerconcentraties in het poriewater weer kunnen afnemen.

Bij de anaerobe oxidatie van organisch verbindingen komt ook koolstof, stikstof en fosfor vrij in de vorm van respectievelijk anorganische koolstof (kooldioxide en bicarbonaat) ammonium en fosfor. Er komt ook fosfor vrij door de reductie van ijzer(III)(hydr)oxiden. Fosfor bindt namelijk goed aan ijzer(III)(hydr)oxiden en wanneer deze worden gereduceerd tot tweewaardig ijzer komt er fosfaat vrij. In hoeverre er ammonium, tweewaardig ijzer en fosfaat ophoopt in het poriewater van de geïnundeerde onderwaterbodems hangt ook weer af van de mate waarin er (re-)adsorptie plaatsvindt van deze ionen in de bodem (**Figuur** 41). Wanneer de bodem erg rijk is aan

ijzer(III)(hydr)oxiden kan adsorptie van fosfaat aan nog niet gereduceerde ijzer(III)(hydr)oxiden er bijvoorbeeld voor zorgen dat de toename van P in het poriewater beperkt blijft (5.1.2.e , 2015).

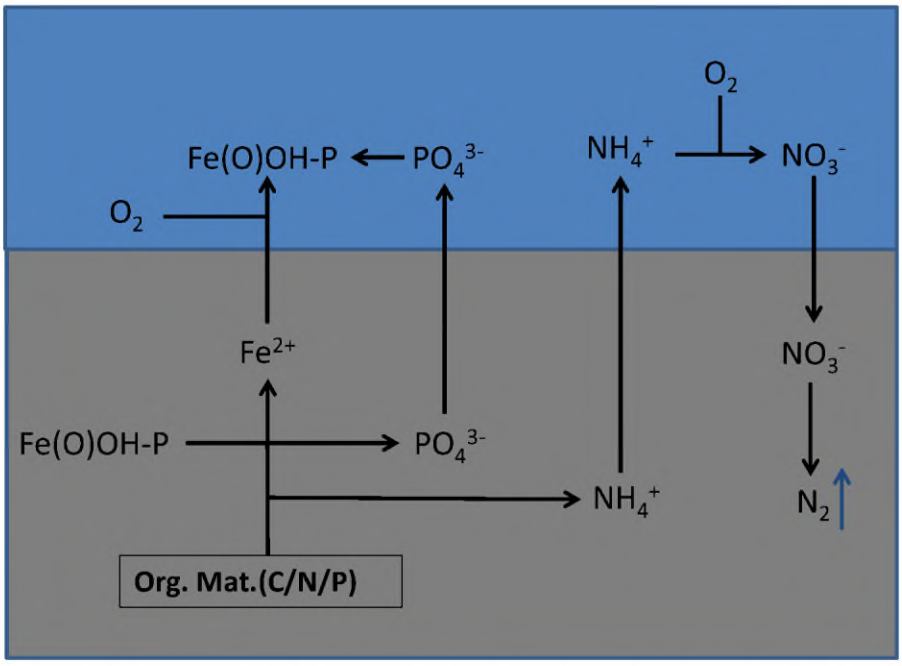


Figuur 41. Schematisch overzicht van belangrijke biogeochemische processen die optreden in vernatte landbouwbodems (uit 5.1.2.e 2015).

Zowel ammonium, ijzer als fosfor kunnen vanuit de bodem in de waterlaag terecht komen (van Diggelen, 2015). Dit gereduceerde ijzer zal in de waterlaag, indien deze zuurstofhoudend is, worden geoxideerd tot ijzer(III)(hydr)oxiden. Deze zijn slecht oplosbaar waardoor ze neerslaan op de onderwaterbodems en binden bovendien fosfaat waardoor de fosfaatbeschikbaarheid in het oppervlaktewater beperkt kan blijven (5.1.2.e , 2012). Het is dus van belang om in een geïnundeerde bodem niet alleen te kijken naar hoeveel fosfor er vrijkomt maar ook om te meten hoeveel gereduceerd ijzer er vrijkomt in het poriewater. Ook ammonium is belangrijk omdat de hoeveelheid ammonium die onder anaerobe omstandigheden kan vrijkomen in een landbouwbodem erg groot kan zijn 5.1.2.e ., 2015).

De mate waarin er in het oppervlaktewater op de percelen fosfaat en ammonium accumuleert hangt af van de hoeveelheden fosfor, ijzer en ammonium die worden vrijgemaakt in de bodems en van de zuurstofvoorziening van het water op maaiveld (Figuur 42). De uitwisseling van fosfaat van de bodem naar het water op maaiveld wordt afgeremd door de gelijktijdige diffusie van

gereduceerd ijzer naar het oppervlaktewater. Op de geoxideerde overgang van bodem naar oppervlaktewater wordt het ijzer geoxideerd waarbij weer ijzer(III)(hydr)oxiden wordt gevormd waaraan fosfaat goed kan binden. Daardoor is de nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vaak laag zolang er meer ijzer dan fosfor in oplossing is in het poriewater en de waterlaag zuurstofrijk is (5.1.2.e 2001, 5.1.2.e , 2010). Ammonium kan vrij naar de waterlaag diffunderen waar het wordt geoxideerd tot nitraat. Nitraat kan weer in de anaerobe bodem worden gedenitrificeerd tot stikstofgas.



Figuur 42. Schematische weergave van de theoretische accumulatie van P en N in het water op maaiveld na vernatting, bij een zuurstofrijke waterlaag.

Verschralingsmaatregelen

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

Extensieve begrazing

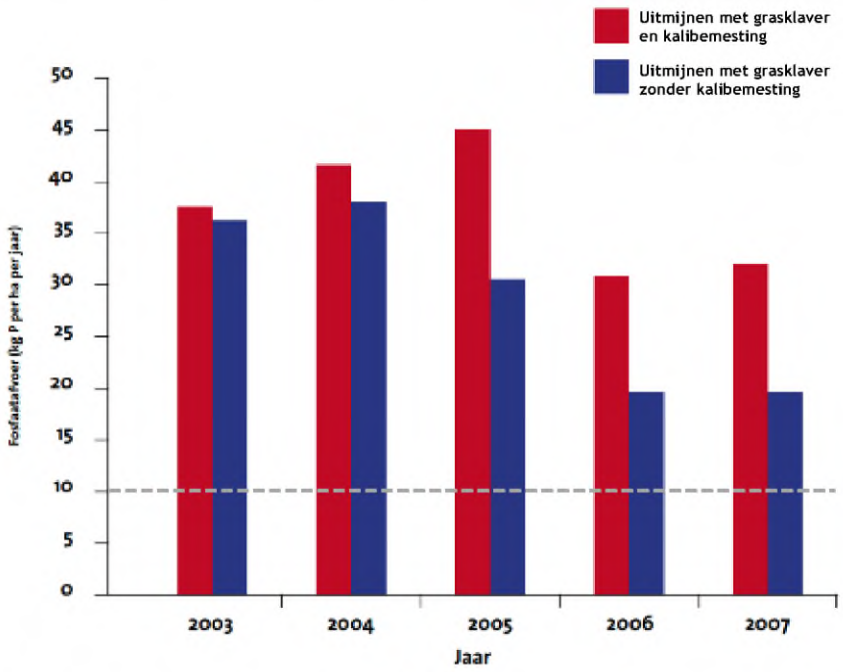
Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (5.1.2.e , 2006; 5.1.2.e , 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 (5.1.2.e 5.1.2.e., 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 40, 5.1.2.e ., 2006; 5.1.2.e ., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling 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 (Figuur 43; 5.1.2.e 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 verschralingsniveau is bereikt (5.1.2.e , 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 43. 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: 5.1.2.e 5.1.2.e (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (5.1.2.e, 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden (5.1.2.e, 2005; 5.1.2.e, 2006; 5.1.2.e, 2013). Deze diepte komt niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (5.1.2.e., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle verschraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren voor ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuur (5.1.2.e., 2007; 2013).

Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied, aantasting van het ecohydrologische systeem 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 vaak sterk verstoord (zie o.a. 5.1.2.e, 2015; 5.1.2.e., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (5.1.2.e, 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 kunnen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.

Aanvullende (beheer)maatregelen bij ontwikkeling P-gelimiteerde natuur

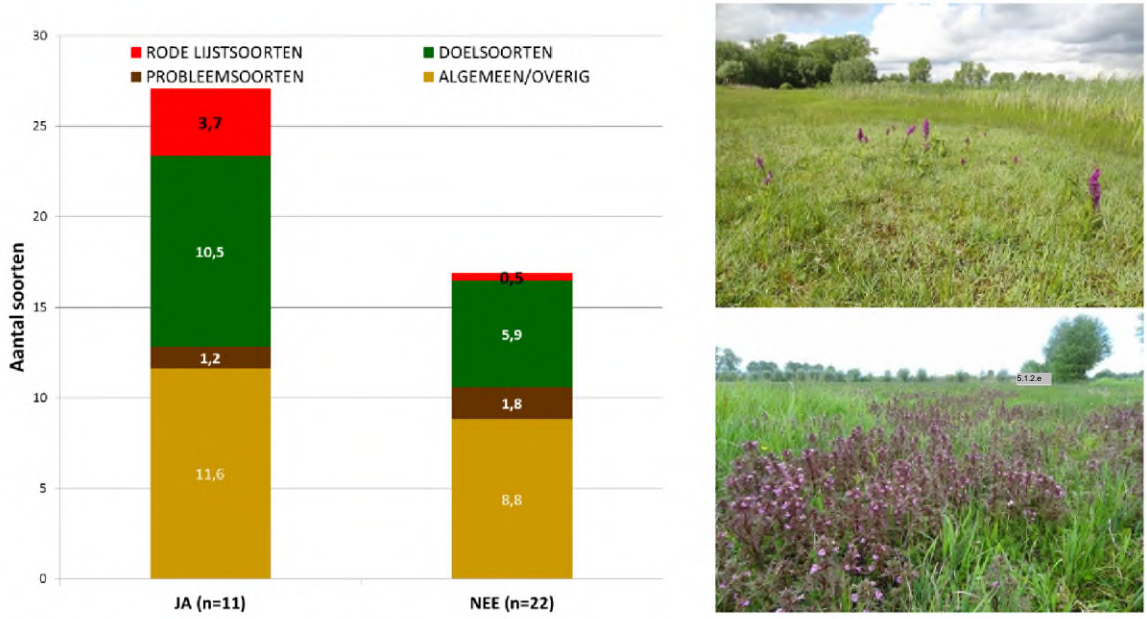
Op het moment dat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd, is er vaak nog geen sprake van een gewenste vegetatieontwikkeling. De eerste jaren na het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigtesoorten te beperken. 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 (Figuur 44) 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.

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 (5.1.2.e 5.1.2.e., 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 (5.1.2.e., 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 (5.1.2.e , 2007).



Figuur 44. Het uitstrooien van heideplagsel en het resultaat na vier jaar. Foto's: 5.1.2.e , Stichting Het Limburgs Landschap.



Figuur 45. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: 5.1.2.e Bron: brochure 'van landbouw naar natuur' (B-WARE).

Op P-gelimiteerde bodems is de kans op de ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie het grootste en het risico op ongewenste verruiging het kleinst. Wanneer aanvullend verschralingsbeheer vereist is, duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschralingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren.

Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschraling vereist is) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden (Figuur 46) die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling. Overigens is de pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijler in vergelijking met voedselrijke bodems. Het is de vraag of dit risico wordt genomen of dat 10 cm extra wordt afgegraven waardoor de ontwikkeling van de doelvegetatie direct kan gaan plaatsvinden en het risico op pitrusontwikkeling wordt beperkt.



Figuur 46. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat (Olsen-P concentraties 600-850 µmol/l). Aanvullend verschralingsbeheer 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: 5.1.2.e en 5.1.2.e

Wanneer na een ontgronding nog sprake is van te voedselrijke omstandigheden is het risico op ongewenste, uitbundige groei van watercrassula ook groter (Figuur 47). Wanneer sprake is van voedselarme omstandigheden dan is dit risico kleiner. Mocht watercrassula alsnog tot ontwikkeling komen dan is de totale biomassa veelal lager. Ook de inundatie met voedselrijk water kan de ontwikkeling van watercrassula stimuleren. Overigens kunnen zowel de verruiging met pitrus als de woekering van watercrassula worden beperkt door doelsoorten/concurrenten in te brengen (5.1.2.e, 2017). Dit bevestigt de noodzaak van het inbrengen van maaisel na het uitvoeren van een ontgronding.



Figuur 47. 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 µmol/l in het oppervlaktewater) en P-concentraties (>350 µmol/l Olsen-P in de bodem) nog te hoog zijn en/of voldoende CO_2 beschikbaar is (>200 µmol/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 (5.1.2.e & 5.1.2.e 2020; 5.1.2.e , 2017). Links: Heerenven (foto: 5.1.2.e). Rechts: Akkerenven (foto: 5.1.2.e).

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. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Tenslotte kan inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib tot verrijking en daarmee tot verruiging leiden.

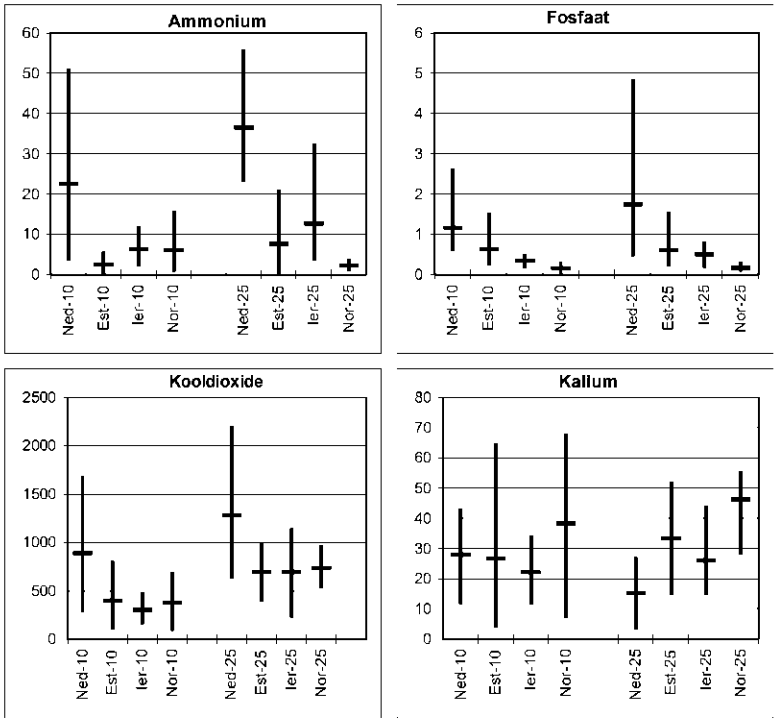
Bijlage 2. Randvoorwaarden voor hoogveenherstel

Hoogveenherstel richt zich in eerste instantie op het herstel van stabiele, hoge waterstanden in het veen om veenmosgroei te stimuleren. Daarnaast is ook de chemische samenstelling van het water van belang. In deze paragraaf wordt beknopt het belang van de volgende randvoorwaarden besproken:

1. Opgelost koolstofdioxide (CO_2)
2. (Invloed waterkwaliteit op) lichtbeschikbaarheid
3. Beschikbaarheid van nutriënten
4. Methaangas

Opgelost koolstofdioxide (CO_2)

De beschikbaarheid van koolstofdioxide (vaak afgekort tot kooldioxide) in het water speelt bijvoorbeeld een belangrijke rol bij de groei van veenmossen, met name onder natte condities wanneer de veenmossen worden bedekt met een laagje water. In evenwicht met de lucht bevat water ongeveer 15 µmol CO_2/l per liter, terwijl voor een goede veenmosgroei in het water zeker 30 keer zoveel (ca. 400-500 µmol/l) nodig is voor de fotosynthese (5.1.2.e 5.1.2.e., 2003). Het regenwater moet dus worden aangerijkt met CO_2. Aanrijking kan plaatsvinden met CO_2 dat vrijkomt bij de afbraak van het onderliggende veen of dat aangevoerd wordt via oppervlakkig toestromend water uit aangrenzende veenmosbulten of dekzandruggen, het 'benthische' koolstof. Ook de aanvoer bicarbonaat (HCO_3^-) in gebufferd grondwater kan direct zorgen voor aanrijking met CO_2 wanneer dit water in contact komt met het zure veen ($HCO_3^- + H^+ \Leftrightarrow H_2CO_3 \Leftrightarrow H_2O + CO_2$; zie ook Bijlage 5). Indirect kan gebufferd grondwater de afbraak van veen stimuleren en daarmee de beschikbaarheid van CO_2 verhogen.

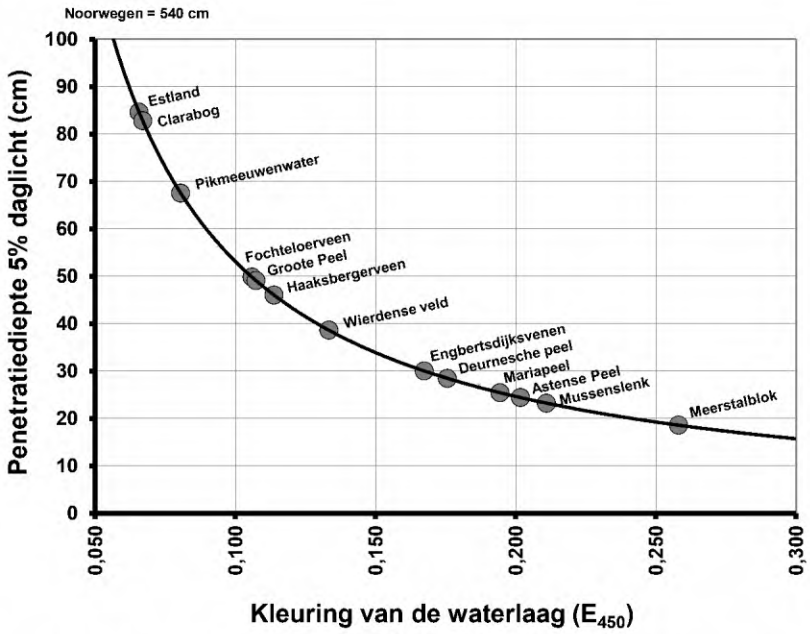


Figuur 48. Concentratie ammonium, fosfaat, koolstofdioxide en kalium (µmol/l) in het poriewater van verschillende hoogvenen in Nederland (n=19), Estland (n=3), Ierland (n=7) en Noorwegen (n=5) op 10 en 25 cm diepte (gemeten in de periode 1998-2000). Weergegeven zijn gemiddelden en de minimale en maximale gemeten concentratie. Bron: 5.1.2.e 5.1.2.e (2003) 5.1.2.e (2011).

In het poriewater van actieve hoogvenen worden dan overwegend ook hoge concentraties opgelost kooldioxide gemeten, zeker onder de toplaag van het veen (Figuur 48). Een hoge beschikbaarheid van benthisch koolstof kan ook het verlandingsproces in hoogveenpoelen versnellen: de slenksoorten (o.a. Waterveenmos en Fraai veenmos) groeien sneller boven het water uit en bereiken zo eerder het punt waarop hun groei wordt geremd door een suboptimale vochtvoorziening, waarna de bultsoorten (o.a. Wrattig veenmos of Hoogveen-veenmos) het stokje kunnen overnemen.

Lichtbeschikbaarheid

Naast kooldioxide is licht een belangrijke factor voor de ontwikkeling van veenmossen. Beschaduwing door bijvoorbeeld een dichte Pijpenstrootje vegetatie kan de veenmosontwikkeling belemmeren en slenksoorten zijn afhankelijk van de hoeveelheid licht onder water. Dit wordt bepaald door de diepte van de waterlaag en de bruinkleuring van het water. Voor Waterveenmos is een waterlaag dieper dan een halve meter in de meeste gevallen te diep, doordat het oppervlaktewaterwater in veel hoogveenrestanten sterk bruin gekleurd wordt door humuszuren. Deze humuszuurkleuring verhindert dat dieper in het water nog voldoende licht doordringt voor de groei van veenmossen.



Figuur 49. Verband tussen de kleuring van de het water en de diepte tot waar nog 5% van het licht doordringt. Het water in Nederlandse hoogveengebieden is sterker gekleurd door humuszuren, dan bijvoorbeeld in Noorwegen, Estland of Ierland. Bron: aangepast naar 5.1.2.e e.a. (2003).

Een goede en gemakkelijk te bepalen maat voor de kleuring door humuszuren is de extinctie van het oppervlaktewater voor licht met een golflengte van 450 nm (E_{450}). Naarmate het water bruiner is neemt de diepte waarop veenmossen nog kunnen groeien af. De kleuring van het water hangt af van de mate waarin het veen, onder invloed van onder andere veenoxidatie, afgebroken is. In relatief ongestoorde hoogvenen is het water in de veenpoelen vaak maar weinig gekleurd, waardoor het licht tot op grotere diepte kan doordringen. In de meeste Nederlandse hoogveenrestanten is de kleuring van het oppervlaktewater veel sterker, vanwege de veel sterkere

veenafbraak, waardoor het licht hier maar tot op geringe diepte kan doordringen (Figuur 49). Licht en/of kooldioxide zijn in Nederlandse hoogveenrestanten vaak de beperkende factoren op locaties waar de veenmosontwikkeling vanuit een aquatische situatie niet op gang komt (Figuur 50).



Diepe inundatie, 100 µmol CO_2/l Ondiepe inundatie, 2500 µmol CO_2/l

Figuur 50. Biomassaproductie van Waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*) bij diepe inundatie met 100 µmol CO_2/l (links) en bij ondiepe inundatie met 2500 µmol CO_2/l (rechts) in het water. Waterveenmos komt alleen tot ontwikkeling bij voldoende licht (ondiepe inundatie) en hoge concentraties opgelost kooldioxide. Bron: 5.1.2.e 5.1.2.e (2003).

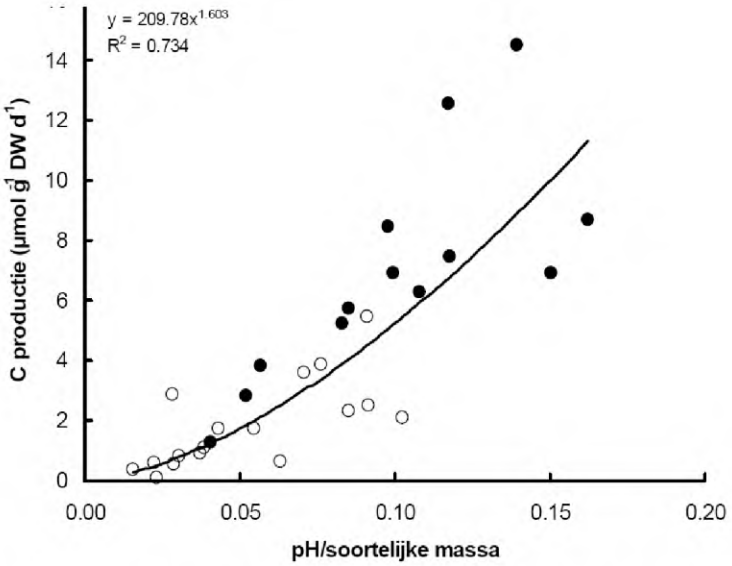
Beschikbaarheid van nutriënten

Naast de beschikbaarheid aan kooldioxide en licht, kan de beschikbaarheid van nutriënten het hoogveenherstel beïnvloeden. Hoogvenen zijn voedselarm doordat water en nutriënten vrijwel volledig via neerslag worden aangevoerd en neerslag is van nature arm aan nutriënten. Van de weinige voedingsstoffen die het veen via neerslag bereiken, wordt bovendien een belangrijk deel door de veenmossen vastgelegd in moeilijk afbreekbaar veen. Hierdoor wordt het hoogveensysteem steeds voedselarmer naarmate de tijd verstrijkt. Door menselijke invloeden is de samenstelling van het neerslagwater in Nederland sterk veranderd. De stikstofdepositie is dermate hoog dat de veenmossen niet meer in staat zijn om al het binnenkomende stikstof op te nemen. Het zogenoemde 'veenmosfilter' is verzadigd, waardoor zich stikstof ophoopt in het poriewater en beschikbaar komt voor vaatplanten. Vooral Pijpenstrootje en Berk zijn (mede) als gevolg daarvan zo gaan overheersen, dat dit voor de beheerders een belangrijk probleem vormt. Omdat deze soorten harder kunnen groeien dan de trage hoogveensoorten kunnen zij effectiever gebruik maken van de overmaat aan stikstof, vooral als dit gecombineerd wordt met minder stabiele waterstanden. De toename in vaatplanten is een zichzelf versterkend proces dat ten koste gaat van veenmosgroei en daarmee hoogveenherstel vertraagd.

Methaangas

Voor hoogveenherstel via de ontwikkeling van drijftillen speelt methaan een belangrijke rol. Methaan is een gas dat slecht oplost in water en de gasbellen van methaan zorgen voor het drijfvermogen van drijftillen. Methaan wordt gevormd bij de anaerobe afbraak van organisch materiaal, zodat vooral in relatief jong, weinig gehumificeerd, organisch materiaal veel methaangas wordt geproduceerd. Weinig gehumificeerd veen heeft een relatief lage soortelijke massa. Uit onderzoek is gebleken dat de ratio tussen de pH van het uitknijpvocht en het de soortelijke massa van het veen goed correleert met de potentiële methaanproductie (Figuur 51). Bij een hoge ratio heeft het veen een relatief hoge pH en/of lage soortelijke massa, waarbij bij een hoge pH de afbraak van het veen wordt gestimuleerd en een lage soortelijke massa indiceert dat het veen nog weinig is gehumificeerd. Ook kan methaan een aanvullende koolstofbron zijn

voor veenmossen, vooral in een aquatische situatie. Met veenmos samenlevende 'methanotrofe' bacteriën kunnen methaan omzetten in kooldioxide dat vervolgens door de veenmossen gebruikt wordt voor de fotosynthese en groei.

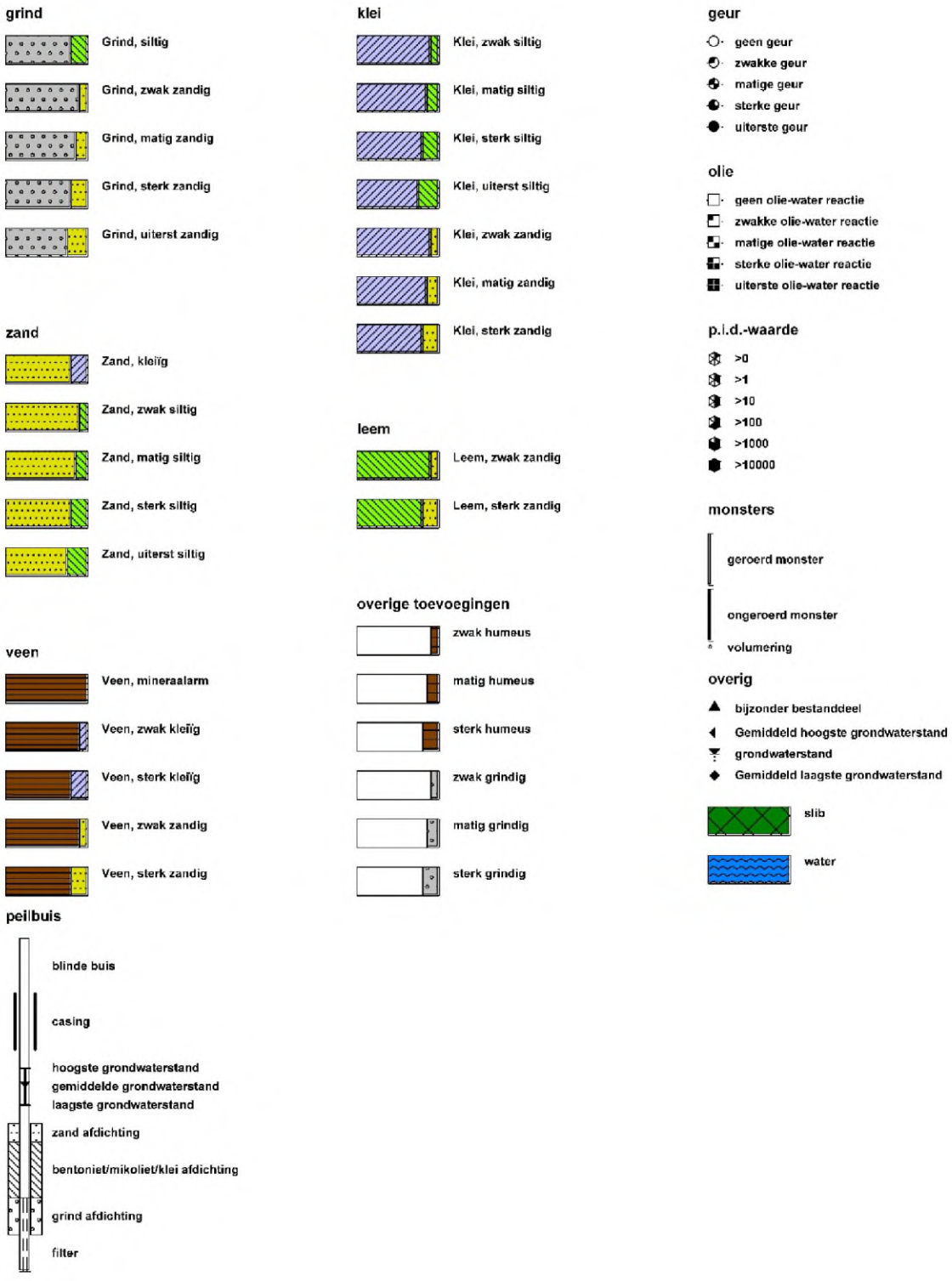


Figuur 51. Verband tussen de koolstofproductie (CO_2 plus CH_4) bij zuurstofloze (anaerobe) incubatie van het veen en de verhouding tussen de pH van het uitknijpvocht en de soortelijke massa (volumegewicht) van het veen. Het onderzochte veenmateriaal was afkomstig van verschillende locaties in Nederland. De drijvende veensubstraten zijn weergegeven met de zwarte bolletjes en de niet-drijvende geïnundeerde veensubstraten met de witte bolletjes. Bron: [redacted] (2003).

Bijlage 3. Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de 51 boorlocaties op de agrarische percelen nabij de Heitrakse Peel en 't Zinkske. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (5.1.2.e).

Legenda:

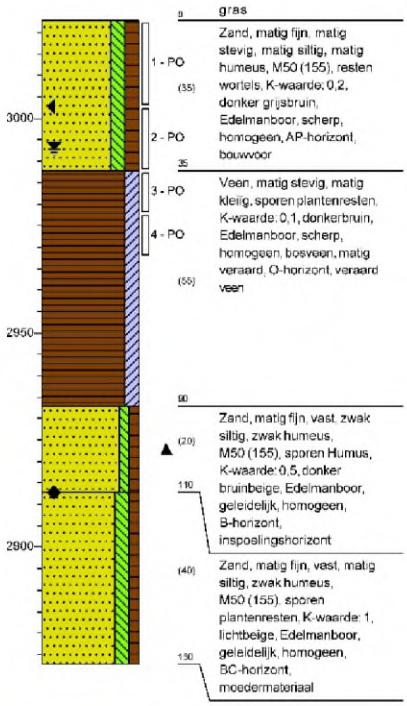
Legenda (conform NEN 5104)



ATKB

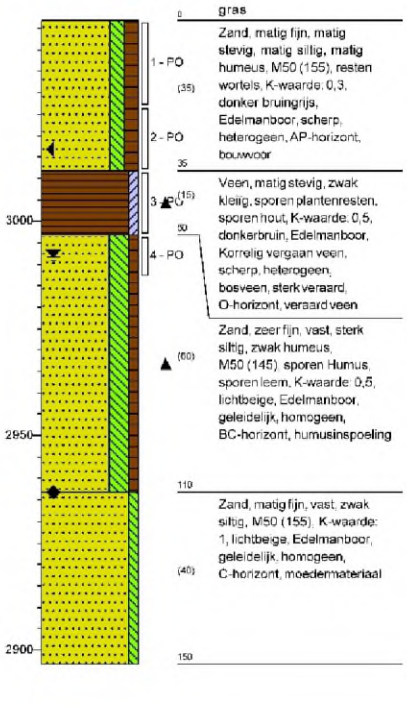
Boring: 01

X:	189194,78
Y:	378091,63
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,228
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	110



Boring: 02

X:	189089,03
Y:	378229,46
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,489
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	55
GHG:	30
GLG:	110



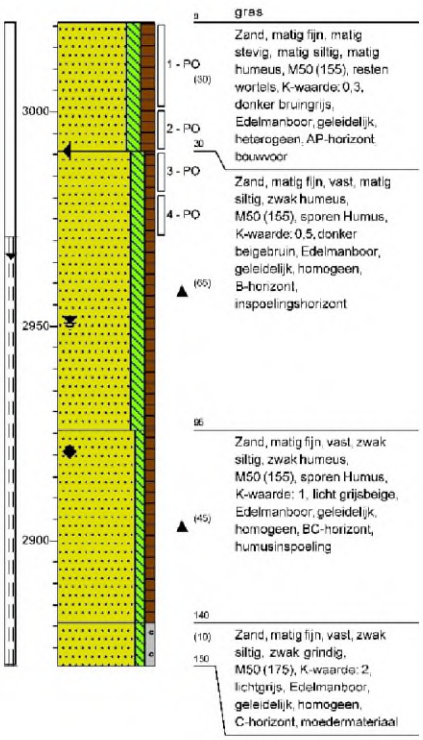
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

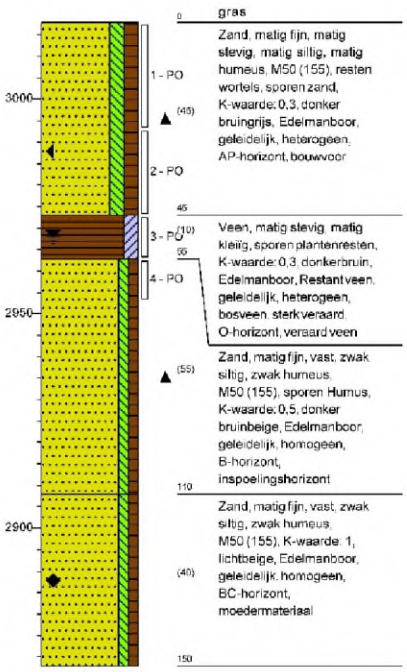
Boring: 03

X:	189024,23
Y:	378134,57
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,209
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	70
GHG:	30
GLG:	100



Boring: 04

X:	188956,74
Y:	378020,56
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,179
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	50
GHG:	30
GLG:	130



Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

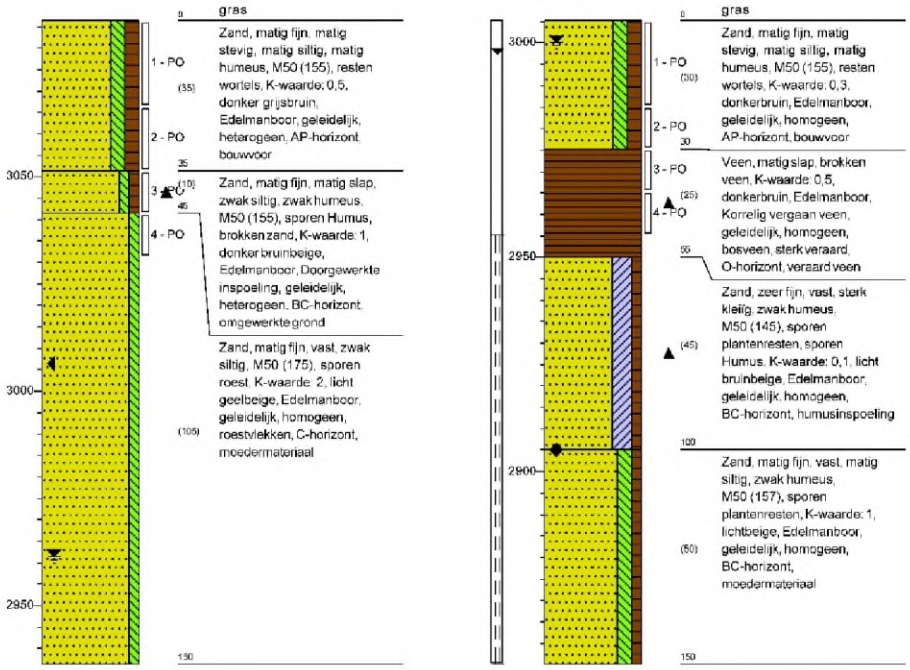
ATKB

Boring: 05

X:	188816,57
Y:	378157,73
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,885
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	125
GHG:	80

Boring: 06

X:	188881,54
Y:	377067,12
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,063
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	5
GHG:	0
GLG:	100



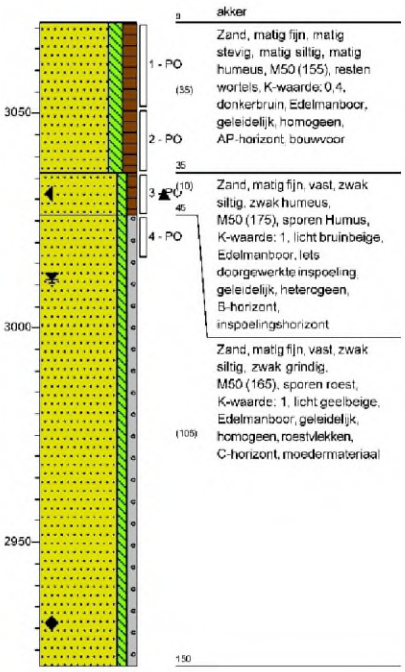
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

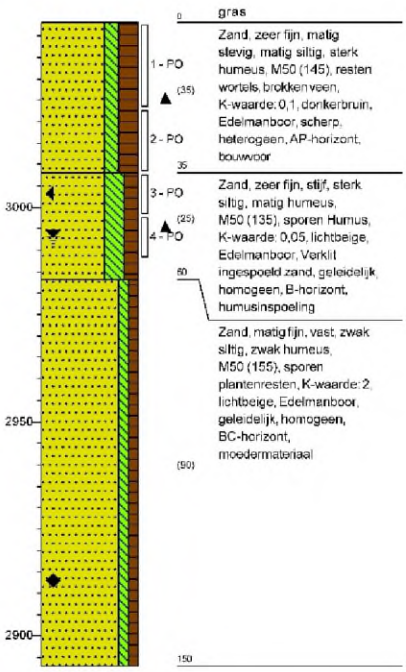
Boring: 07

X:	188662,07
Y:	377043,81
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,713
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	60
GHG:	40
GLG:	140



Boring: 08

X:	188820,79
Y:	376811,84
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,432
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	50
GHG:	40
GLG:	130



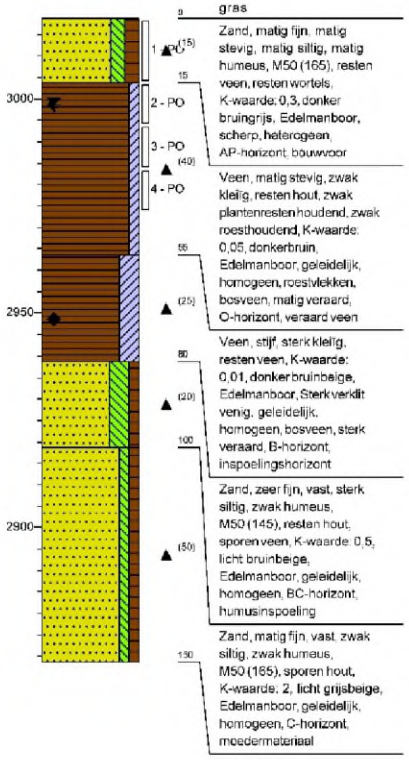
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

Boring: 09

X:	189250,42
Y:	376656,29
Datum:	22-2-2021
N.A.P. :	30,187
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	20
GLG:	70



0 gras

1 - PO (15): Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten veen, resten wortels, K-waarde: 0,3, donker bruingrijs, Edelmanboor, scherp, heterogeen, AP-horizont, bouwvoor

2 - PO / 3 - PO / 4 - PO (40): Veen, matig stevig, zwak kleiig, resten hout, zwak plantenresten houdend, zwak roesthoudend, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, roestvlekken, bosveen, matig veraard, O-horizont, veraard veen

55 (25): Veen, stijf, sterk kleiig, resten veen, K-waarde: 0,01, donker bruinbeige, Edelmanboor, Sterk verklit venig, geleidelijk, homogeen, bosveen, sterk veraard, B-horizont, inspoelingshorizont

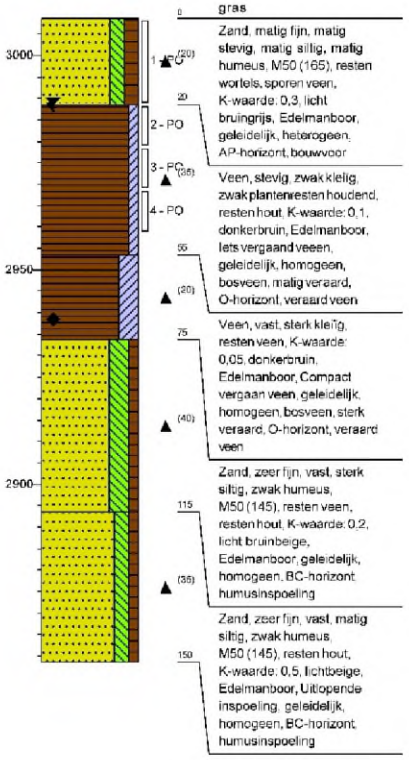
80 (20)

100 (50): Zand, zeer fijn, vast, sterk siltig, zwak humeus, M50 (145), resten hout, sporen veen, K-waarde: 0,5, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

150: Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), sporen hout, K-waarde: 2, licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

Boring: 10

X:	189078,37
Y:	376708,02
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[illegible]
N.A.P. :	30,087
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	20
GLG:	70



0 gras

1 - PO (20): Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (165), resten wortels, sporen veen, K-waarde: 0,3, licht bruingrijs, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, AP-horizont, bouwvoor

2 - PO / 3 - PO (35): Veen, stevig, zwak kleiig, zwak plantenresten houdend, resten hout, K-waarde: 0,1, donkerbruin, Edelmanboor, iets vergaand veenen, geleidelijk, homogeen, bosveen, matig veraard, O-horizont, veraard veen

4 - PO

55 (20): Veen, vast, sterk kleiig, resten veen, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, Compact vergaan veen, geleidelijk, homogeen, bosveen, sterk veraard, O-horizont, veraard veen

75 (40)

115 (35): Zand, zeer fijn, vast, sterk siltig, zwak humeus, M50 (145), resten veen, resten hout, K-waarde: 0,2, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

150: Zand, zeer fijn, vast, matig siltig, zwak humeus, M50 (145), resten hout, K-waarde: 0,5, lichtbeige, Edelmanboor, Uitlopende inspoeling, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

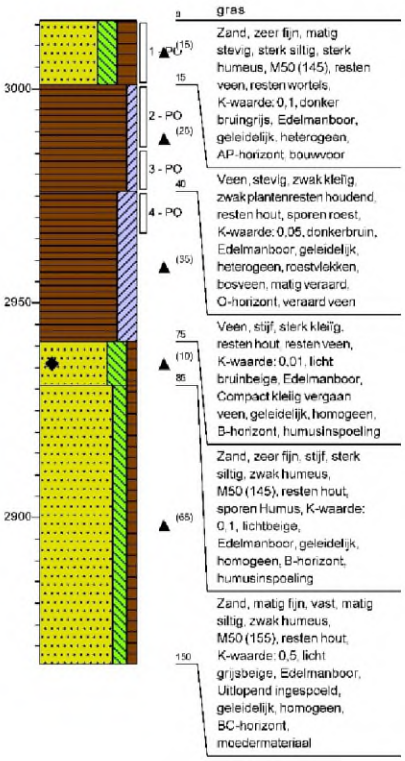
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

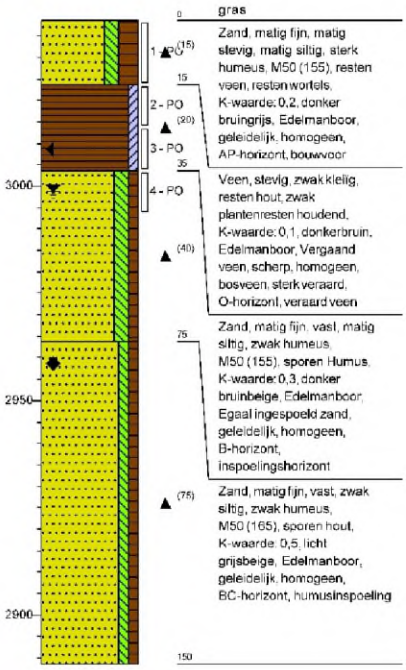
Boring: 11

X:	189114,61
Y:	376426,37
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,16
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	0
GHG:	0
GLG:	80



Boring: 12

X:	189351,68
Y:	376482,33
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,387
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	40
GHG:	30
GLG:	80



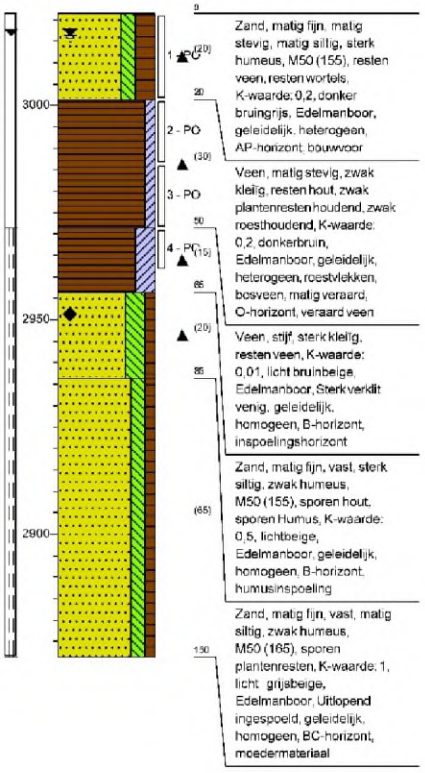
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

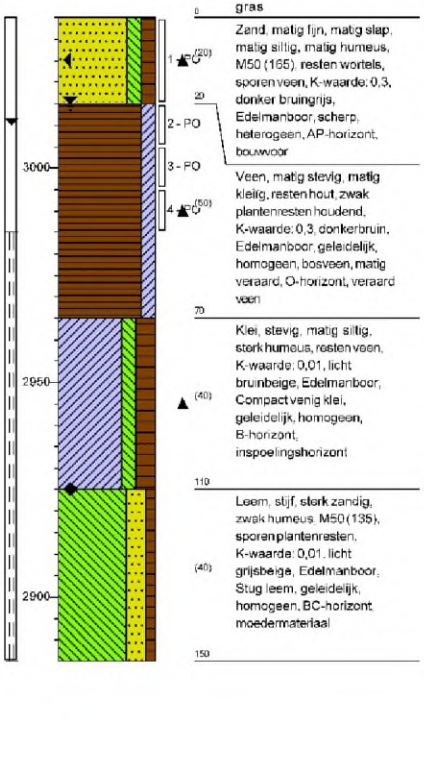
Boring: 13

X:	189274,89
Y:	376349,66
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,214
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	5
GHG:	0
GLG:	70



Boring: 14

X:	189619,78
Y:	376730,91
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,362
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	110



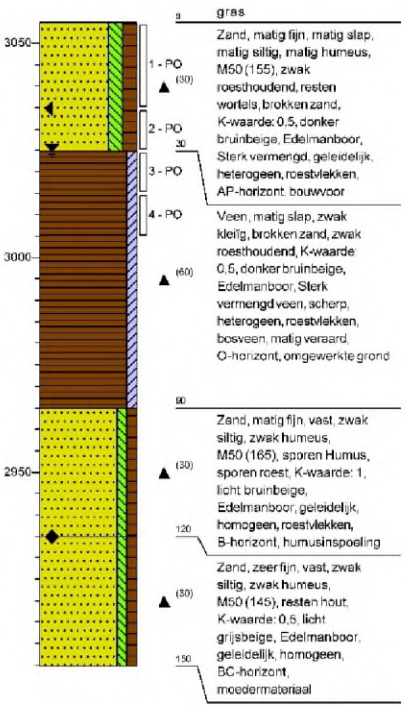
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

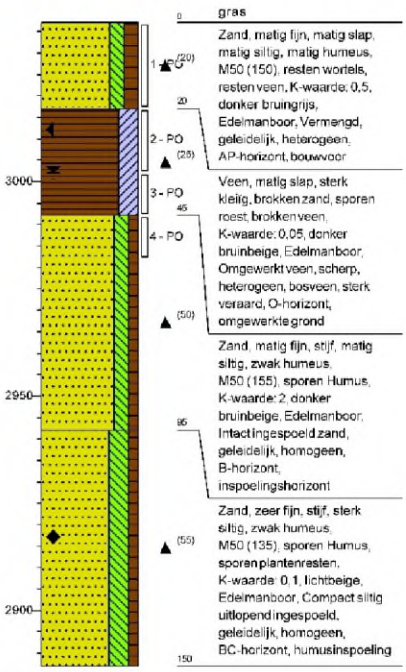
Boring: 15

X:	189640,03
Y:	376899,89
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,549
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	120



Boring: 16

X:	189457,32
Y:	376824,09
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,372
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	35
GHG:	25
GLG:	120



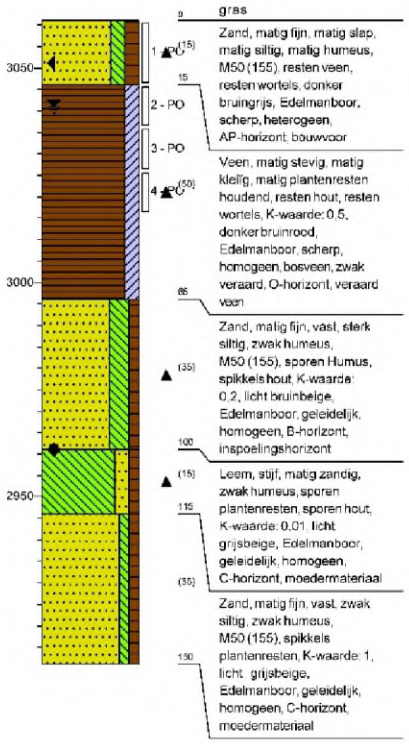
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

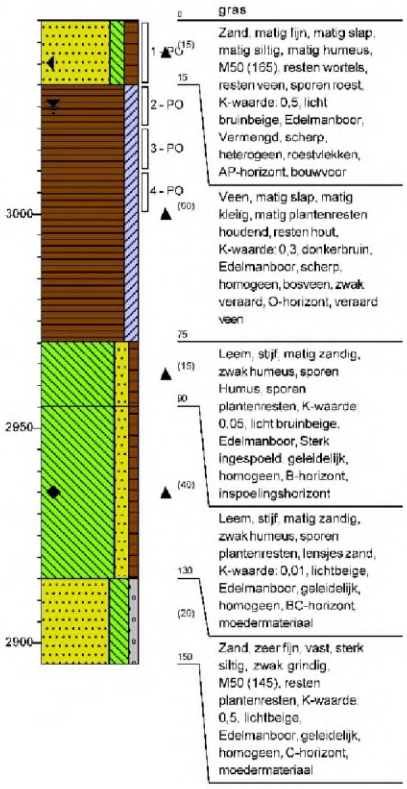
Boring: 17

X:	189735,60
Y:	376624,54
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,812
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	100



Boring: 18

X:	189606,75
Y:	376483,40
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,462
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	110



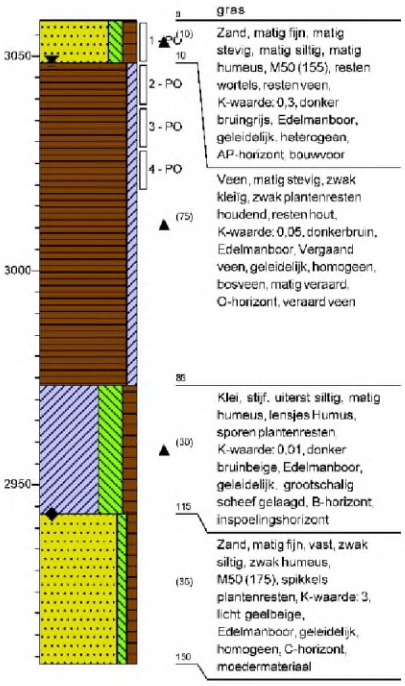
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

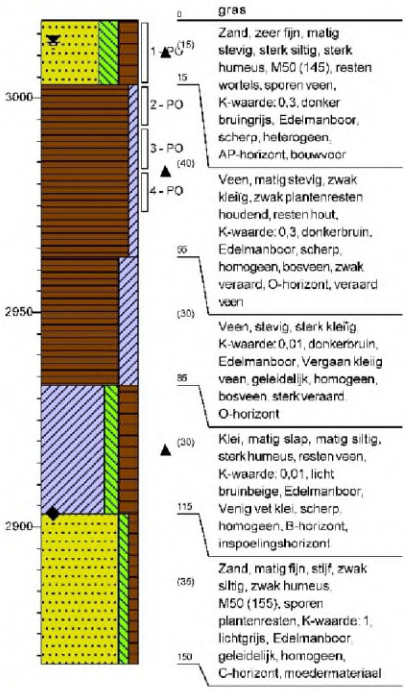
Boring: 19

X:	189832,09
Y:	376324,07
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,683
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	10
GHG:	0
GLG:	115



Boring: 20

X:	189553,38
Y:	376154,25
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,182
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	5
GHG:	0
GLG:	115



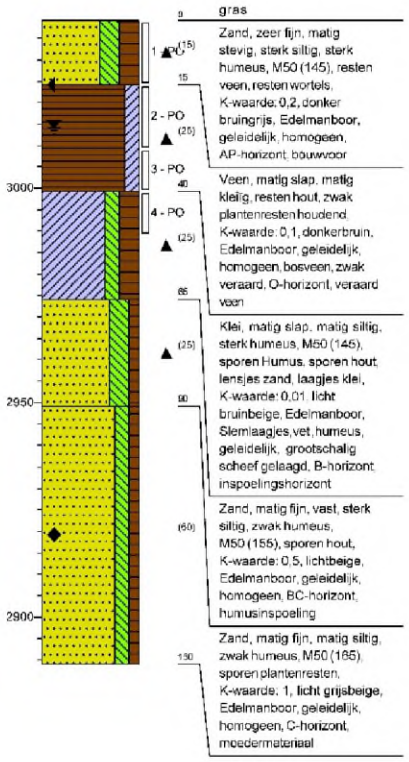
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

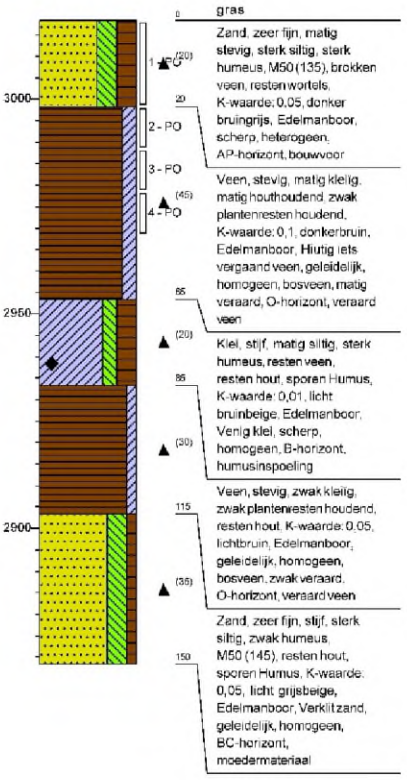
Boring: 21

X:	189386,05
Y:	376253,64
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,391
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	25
GHG:	15
GLG:	120



Boring: 22

X:	189307,20
Y:	376124,42
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,185
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	0
GHG:	0
GLG:	80



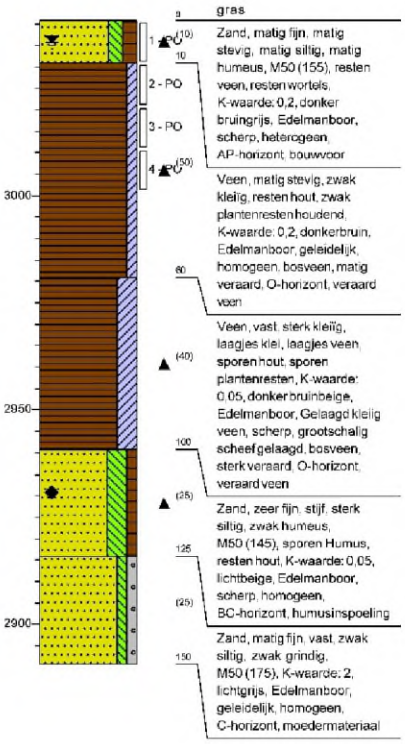
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

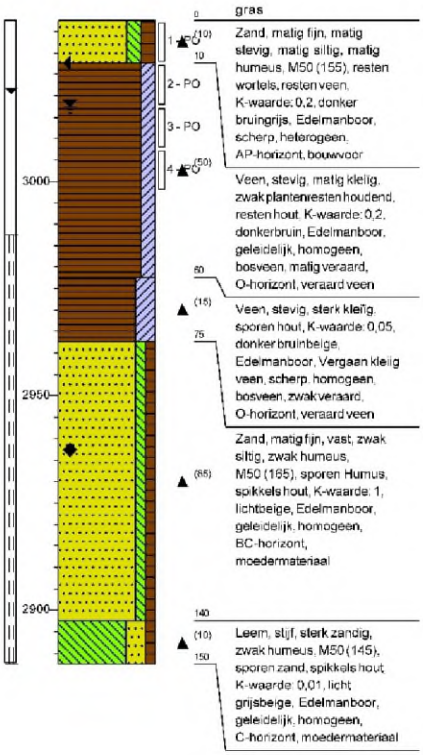
Boring: 23

X:	189391,55
Y:	375875,69
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,408
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	5
GHG:	0
GLG:	110



Boring: 24

X:	189515,83
Y:	376005,12
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,376
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	100



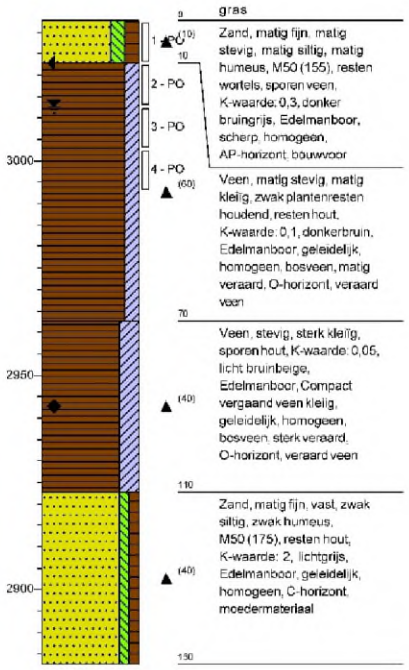
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

Boring: 25

X:	189667,22
Y:	375943,19
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	S.I.J.e.
N.A.P. :	30,328
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	90



0 gras

10 Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, sporen veen, K-waarde: 0,3, donker bruingrijs, Edelmanboor, scherp, homogeen, AP-horizont, bouwvoor

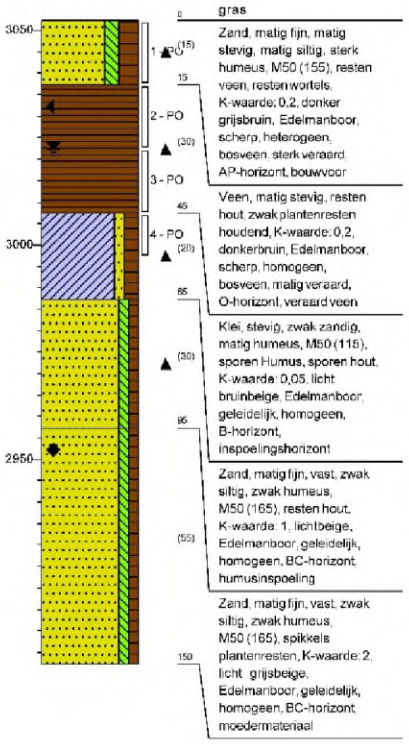
70 Veen, matig stevig, matig kleiig, zwak plantenresten houdend, resten hout, K-waarde: 0,1, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bosveen, matig veraard, O-horizont, veraard veen

110 Veen, stevig, sterk kleiig, sporen hout, K-waarde: 0,05, licht bruinbeige, Edelmanboor, Compact vergaand veen kleiig, geleidelijk, homogeen, bosveen, sterk veraard, O-horizont, veraard veen

150 Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), resten hout, K-waarde: 2, lichtgrijs, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

Boring: 26

X:	189693,96
Y:	375766,43
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	S.I.J.e.
N.A.P. :	30,523
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	100



0 gras

15 Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, sterk humeus, M50 (155), resten veen, resten wortels, K-waarde: 0,2, donker grijsbruin, Edelmanboor, scherp, heterogeen, bosveen, sterk veraard, AP-horizont, bouwvoor

45 Veen, matig stevig, resten hout, zwak plantenresten houdend, K-waarde: 0,2, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bosveen, matig veraard, O-horizont, veraard veen

85 Klei, stevig, zwak zandig, matig humeus, M50 (115), sporen Humus, sporen hout, K-waarde: 0,05, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, B-horizont, inspoelingshorizont

95 Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), resten hout, K-waarde: 1, lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

150 Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (165), spikkels plantenresten, K-waarde: 2, licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, moedermateriaal

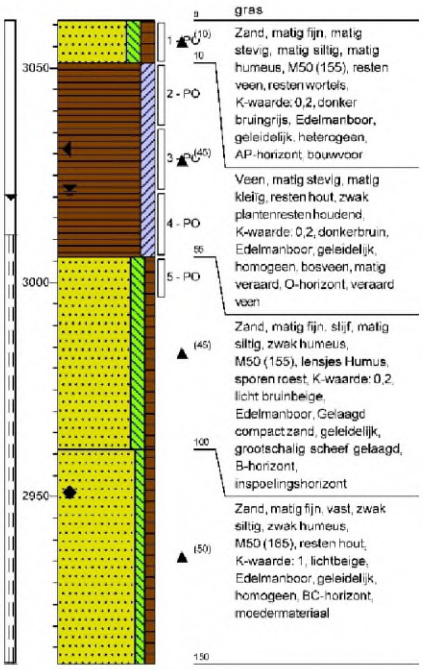
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

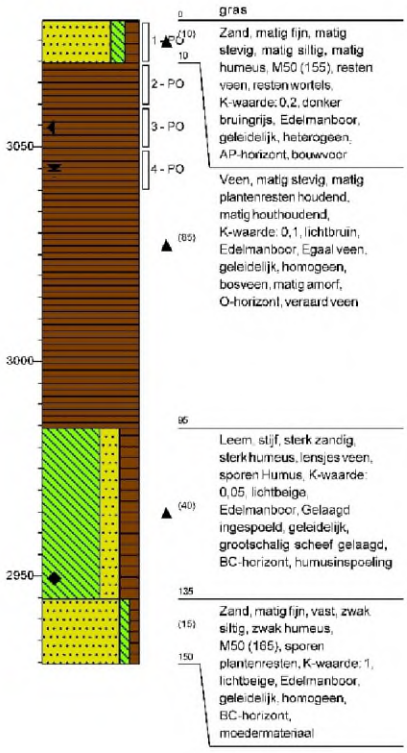
Boring: 27

X:	189760,99
Y:	376048,53
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,811
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	40
GHG:	30
GLG:	110



Boring: 28

X:	189933,69
Y:	376041,81
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,795
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	35
GHG:	25
GLG:	130



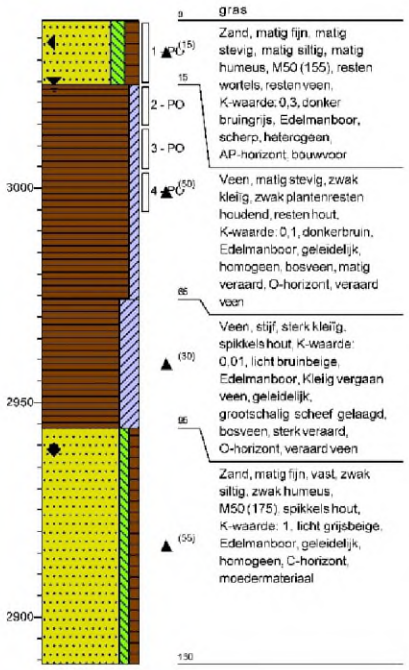
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

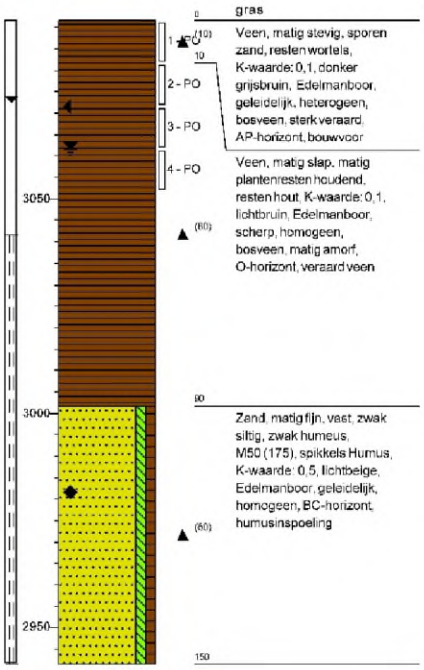
Boring: 29

X:	189827,91
Y:	375850,58
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,391
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	15
GHG:	5
GLG:	100



Boring: 30

X:	189999,48
Y:	375859,45
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,916
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	110



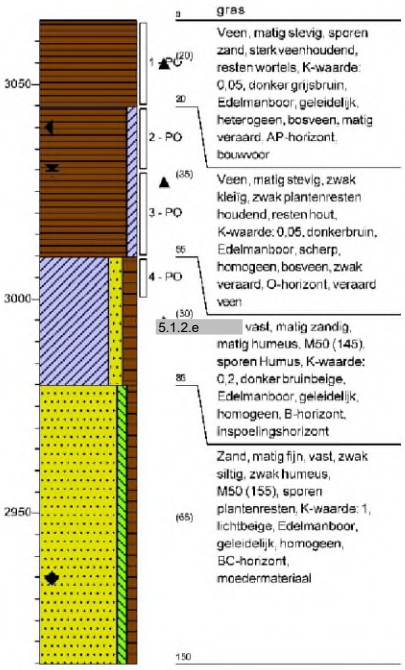
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

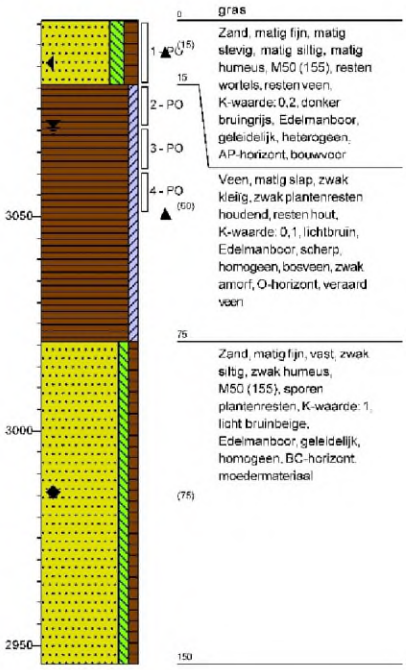
Boring: 31

X:	189915,14
Y:	375612,96
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	5.1.2.e
N.A.P. :	30,849
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	35
GHG:	25
GLG:	130



Boring: 32

X:	190089,82
Y:	375614,82
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	5.1.2.e
N.A.P. :	30,957
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	25
GHG:	10
GLG:	110



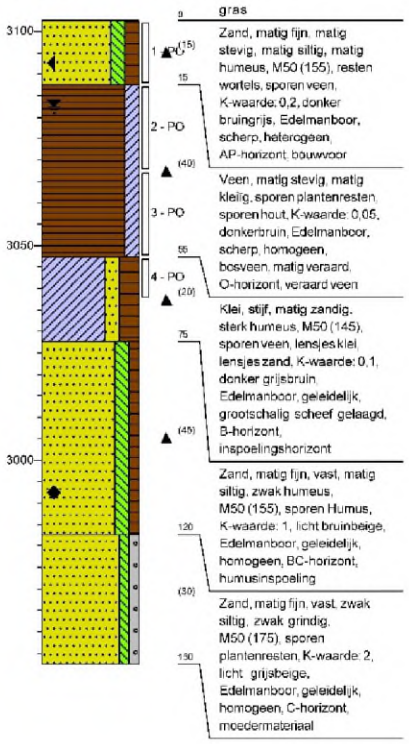
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

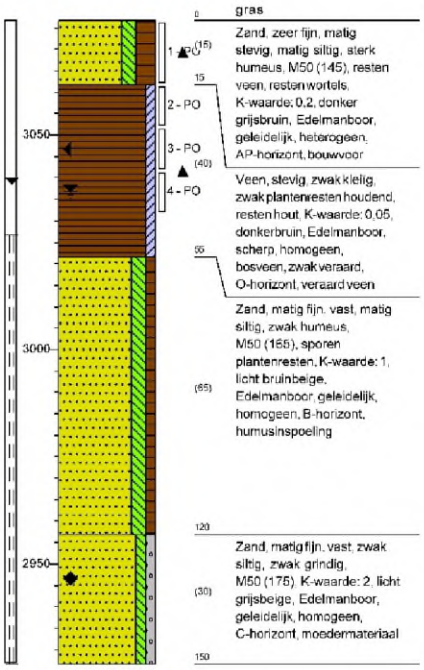
Boring: 33

X:	190164,43
Y:	375413,40
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	31,026
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	110
Opmerking:	perceel gemeente Deurne



Boring: 34

X:	189999,03
Y:	375382,22
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,767
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	40
GHG:	30
GLG:	130



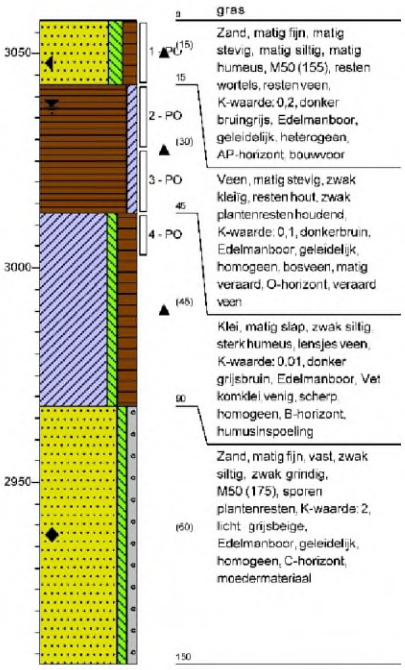
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

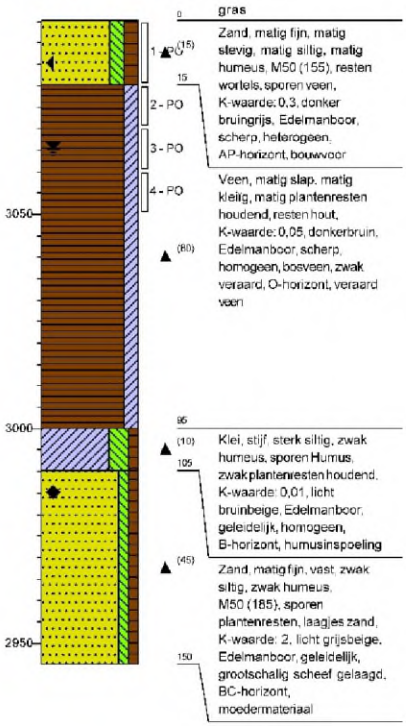
Boring: 35

X:	189876,32
Y:	375257,30
Datum:	23-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,578
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	20
GHG:	10
GLG:	120



Boring: 36

X:	190189,30
Y:	375276,15
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,963
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	10
GLG:	110
Opmerking:	perceel gemeente Deume



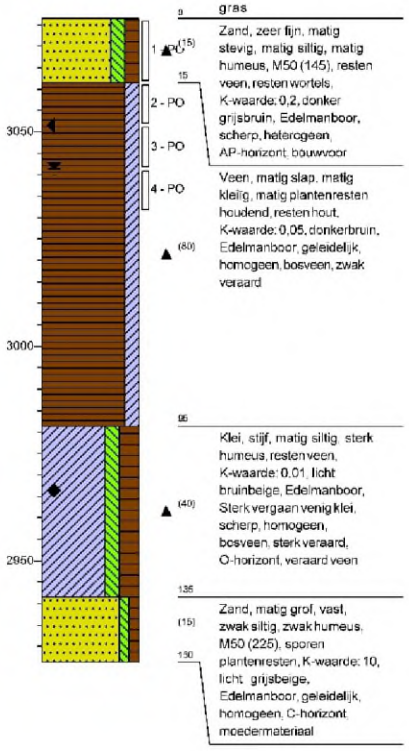
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

Boring: 37

X:	190137,14
Y:	375122,04
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,785
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	35
GHG:	25
GLG:	110
Opmerking:	perceel gemeente Deurne



0 gras

0 – 15 (15) 1 - PO: Zand, zeer fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (145), resten veen, resten wortels, K-waarde: 0,2, donker grijsbruin, Edelmanboor, scherp, heterogeen, AP-horizont, bouwvoor

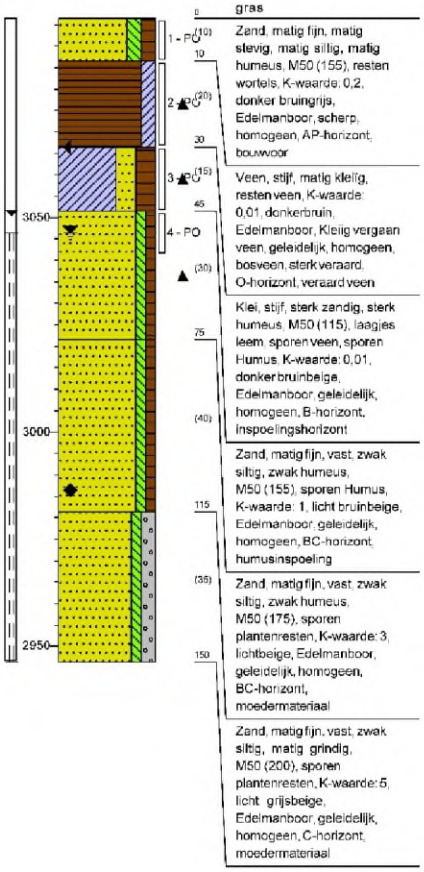
15 – 95 (80) 2 - PO, 3 - PO, 4 - PO: Veen, matig slap, matig kleiig, matig plantenresten houdend, resten hout, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, bosveen, zwak veraard

95 – 135 (40): Klei, stijf, matig siltig, sterk humeus, resten veen, K-waarde: 0,01, licht bruinbeige, Edelmanboor, Sterk vergaan venig klei, scherp, homogeen, bosveen, sterk veraard, O-horizont, veraard veen

135 – 150 (15): Zand, matig grof, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (225), sporen plantenresten, K-waarde: 10, licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

Boring: 38

X:	189977,53
Y:	375006,81
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,984
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	50
GHG:	30
GLG:	110
Opmerking:	perceel gemeente Deurne



0 gras

0 – 10 (10) 1 - PO: Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0,2, donker bruingrijs, Edelmanboor, scherp, homogeen, AP-horizont, bouwvoor

10 – 30 (20) 2 - PO: Veen, stijf, matig kleiig, resten veen, K-waarde: 0,01, donkerbruin, Edelmanboor, Kleiig vergaan veen, geleidelijk, homogeen, bosveen, sterk veraard, O-horizont, veraard veen

30 – 45 (15) 3 - PO, 4 - PO: Klei, stijf, sterk zandig, sterk humeus, M50 (115), laagjes leem, sporen veen, sporen Humus, K-waarde: 0,01, donker bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, B-horizont, inspoelingshorizont

45 – 75 (30): Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, K-waarde: 1, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

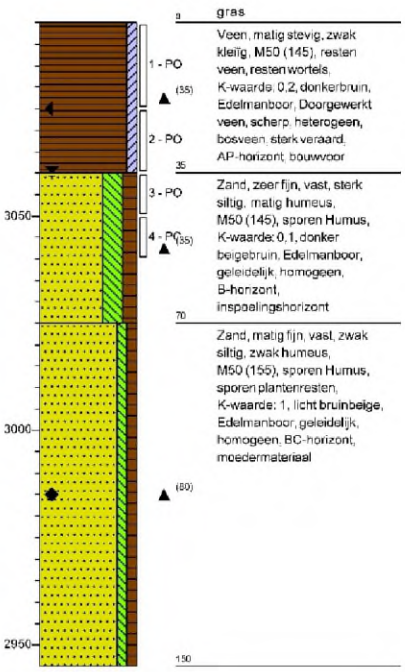
75 – 115 (40): Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (175), sporen plantenresten, K-waarde: 3, lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, moedermateriaal

115 – 150 (35): Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, matig grindig, M50 (200), sporen plantenresten, K-waarde: 5, licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

ATKB

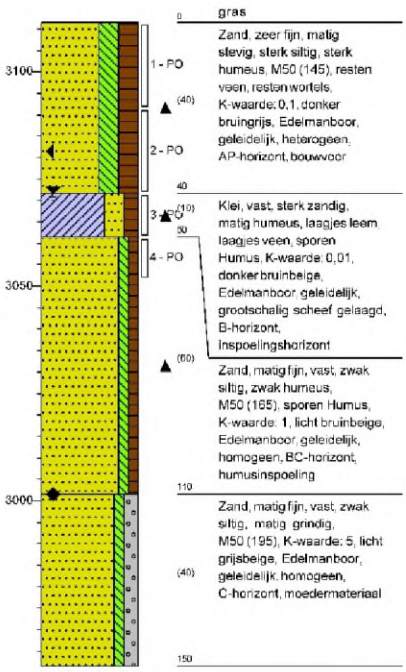
Boring: 39

X:	189807,15
Y:	374936,62
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,952
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	35
GHG:	20
GLG:	110



Boring: 40

X:	189843,74
Y:	374768,66
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	31,116
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	40
GHG:	30
GLG:	110



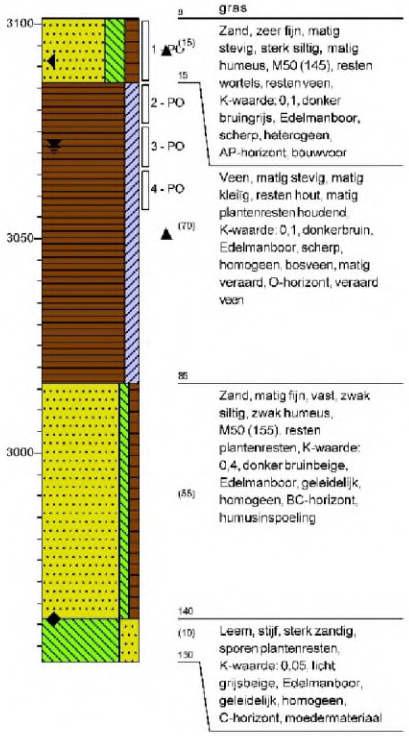
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

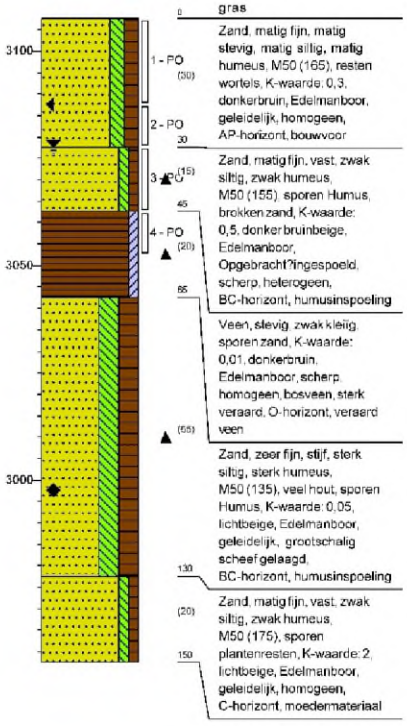
Boring: 41

X:	190261,01
Y:	375095,30
Datum:	25-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	31,014
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	10
GLG:	140



Boring: 42

X:	190303,40
Y:	376627,76
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	31,076
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	110



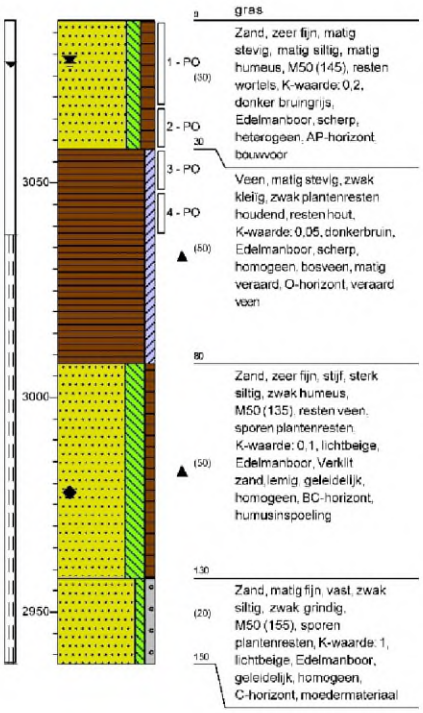
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

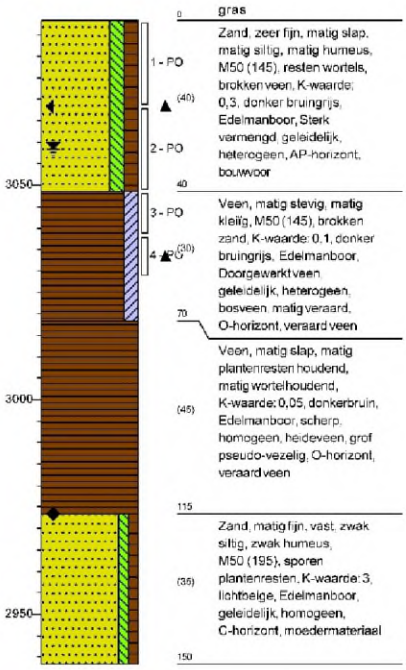
Boring: 43

X:	190047,81
Y:	376385,27
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,88
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	10
GHG:	0
GLG:	110



Boring: 44

X:	190088,88
Y:	376570,11
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,884
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	115



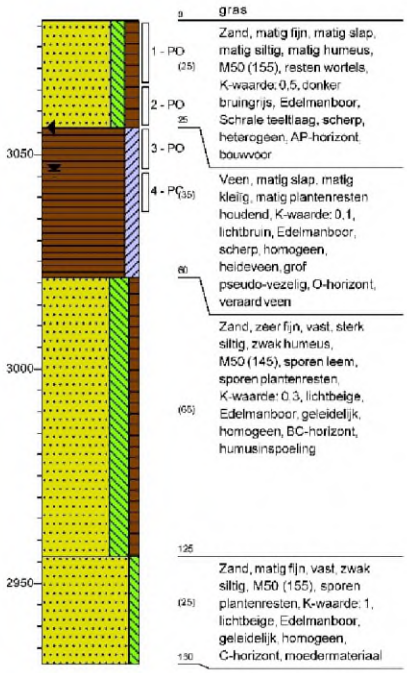
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

Boring: 45

X:	189923,81
Y:	376676,27
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,812
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	35
GHG:	25



Zand, matig fijn, matig slap, matig siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0,5, donker bruingrijs, Edelmanboor, Schrale teeltlaag, scherp, heterogeen, AP-horizont, bouwvoor

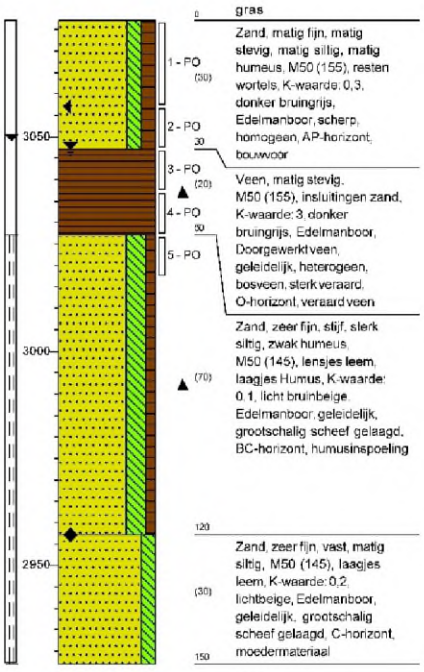
Veen, matig slap, matig kleiig, matig plantenresten houdend, K-waarde: 0,1, lichtbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, heideveen, grof pseudo-vezelig, O-horizont, veraard veen

Zand, zeer fijn, vast, sterk siltig, zwak humeus, M50 (145), sporen leem, sporen plantenresten, K-waarde: 0,3, lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, M50 (155), sporen plantenresten, K-waarde: 1, lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, C-horizont, moedermateriaal

Boring: 46

X:	189967,22
Y:	376853,82
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,772
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	30
GHG:	20
GLG:	120



Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0,3, donker bruingrijs, Edelmanboor, scherp, homogeen, AP-horizont, bouwvoor

Veen, matig stevig, M50 (155), insluitingen zand, K-waarde: 3, donker bruingrijs, Edelmanboor, Doorgewerkt veen, geleidelijk, heterogeen, bosveen, sterk veraard, O-horizont, veraard veen

Zand, zeer fijn, slijf, sterk siltig, zwak humeus, M50 (145), lensjes leem, laagjes Humus, K-waarde: 0,1, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, BC-horizont, humusinspoeling

Zand, zeer fijn, vast, matig siltig, M50 (145), laagjes leem, K-waarde: 0,2, lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, C-horizont, moedermateriaal

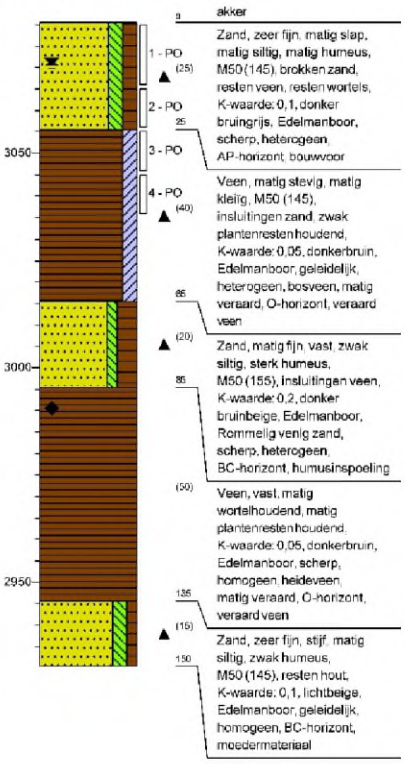
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

Boring: 47

X:	189855,68
Y:	376972,73
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,805
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	10
GHG:	0
GLG:	90
Opmerking:	perceelgemeente Deurne



Zand, zeer fijn, matig slap, matig siltig, matig humeus, M50 (145), brokken zand, resten veen, resten wortels, K-waarde: 0,1, donker bruingrijs, Edelmanboor, scherp, heterogeen, AP-horizont, bouwvoor

Veen, matig stevig, matig kleiig, M50 (145), insluitingen zand, zwak plantenresten houdend, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, geleidelijk, heterogeen, bosveen, matig veraard, O-horizont, veraard veen

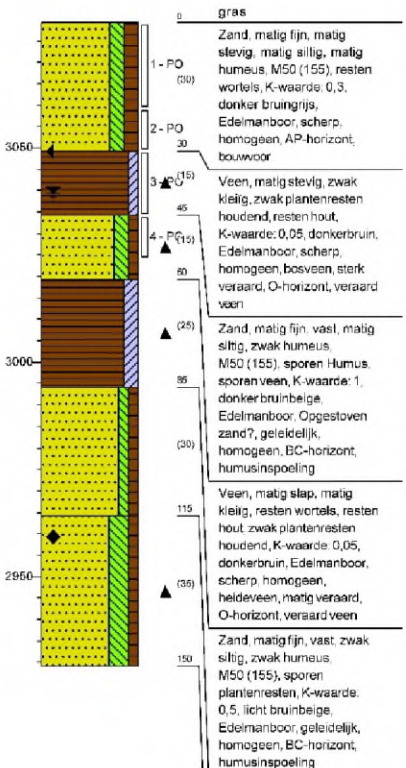
Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, sterk humeus, M50 (155), insluitingen veen, K-waarde: 0,2, donker bruinbeige, Edelmanboor, Rommelig venig zand, scherp, heterogeen, BC-horizont, humusinspoeling

Veen, vast, matig wortelhoudend, matig plantenresten houdend, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, heideveen, matig veraard, O-horizont, veraard veen

Zand, zeer fijn, stijf, matig siltig, zwak humeus, M50 (145), resten hout, K-waarde: 0,1, lichtbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, moedermateriaal

Boring: 48

X:	189840,86
Y:	377124,68
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,793
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	40
GHG:	30
GLG:	120



Zand, matig fijn, matig stevig, matig siltig, matig humeus, M50 (155), resten wortels, K-waarde: 0,3, donker bruingrijs, Edelmanboor, scherp, homogeen, AP-horizont, bouwvoor

Veen, matig stevig, zwak kleiig, zwak plantenresten houdend, resten hout, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, bosveen, sterk veraard, O-horizont, veraard veen

Zand, matig fijn, vast, matig siltig, zwak humeus, M50 (155), sporen Humus, sporen veen, K-waarde: 1, donker bruinbeige, Edelmanboor, Opgestoven zand?, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

Veen, matig slap, matig kleiig, resten wortels, resten hout, zwak plantenresten houdend, K-waarde: 0,05, donkerbruin, Edelmanboor, scherp, homogeen, heideveen, matig veraard, O-horizont, veraard veen

Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, M50 (155), sporen plantenresten, K-waarde: 0,5, licht bruinbeige, Edelmanboor, geleidelijk, homogeen, BC-horizont, humusinspoeling

Zand, zeer fijn, vast, sterk siltig, zwak humeus, M50 (145), resten veen, laagjes leem, spikkels hout, K-waarde: 0,5, licht grijsbeige, Edelmanboor, geleidelijk, grootschalig scheef gelaagd, BC-horizont, moedermateriaal

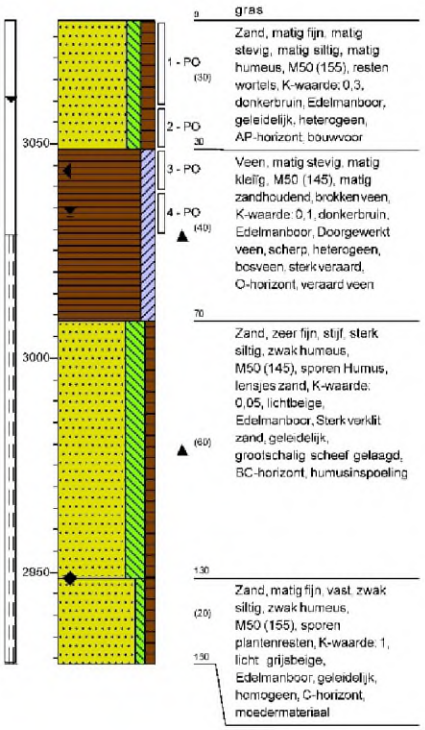
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

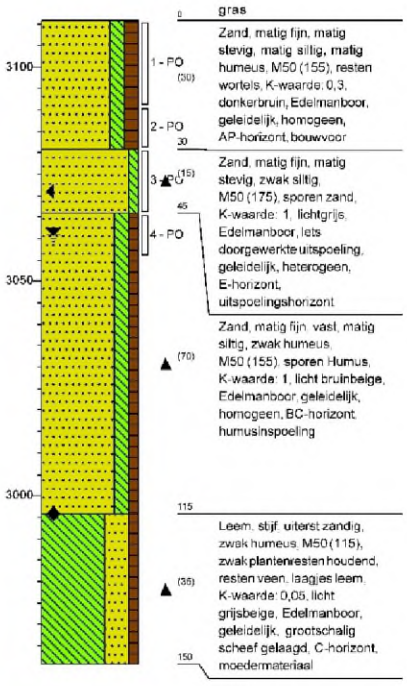
Boring: 49

X:	189787,63
Y:	377298,94
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,787
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	45
GHG:	35
GLG:	130



Boring: 50

X:	190145,75
Y:	377046,23
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	31,109
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	50
GHG:	40
GLG:	115



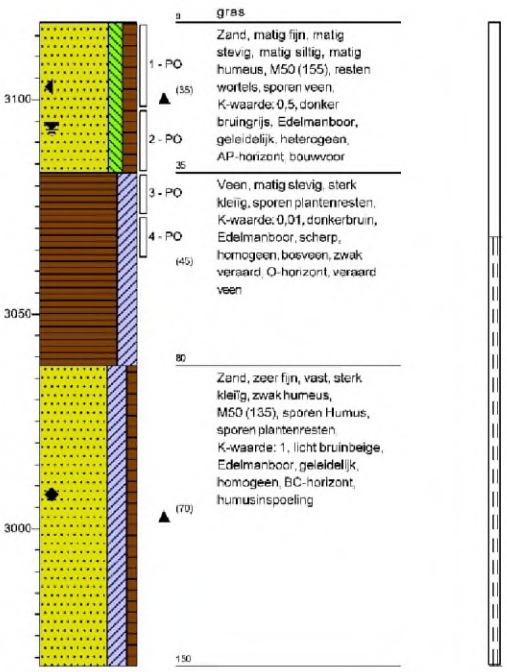
Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske

ATKB

Boring: 51

X:	190245,01
Y:	376869,19
Datum:	24-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	31,181
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers
GWS:	25
GHG:	15
GLG:	110



Boring: OW1

X:	189598,47
Y:	377440,61
Datum:	26-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	30,195
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

Opmerking: Ietop: niet het kanaal

0 waterspiegel

Boring: OW2

X:	189310,16
Y:	376821,74
Datum:	22-2-2021
Boormeester:	[redacted]
N.A.P. :	29,587
Nauwkeurigheid GPS:	RTK, fixed integers

0 waterspiegel

Projectcode: PR-21.002 ***Opdrachtgever: b-ware***

Projectnaam: B&H oz Heitrak en het Zinkske



www.b-ware.eu