



# Bodem als indicator

Bodemkenmerken als indicator voor nitraat in grondwater

R.P.J.J. Rietra, P.G. Dijk, J.P. van t Hull





# Bodem als indicator

Bodemkenmerken als indicator voor nitraat in grondwater

R.P.J.J. Rietra, P.G. Dijk, J.P. van t Hull

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research, in opdracht van en gefinancierd door Vitens, provincie Gelderland en TKI Deltatechnologie (WENR24).

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, augustus 2022

---

Gereviewd door:  
Martin Knotters, onderzoeker (WEnR)

Akkoord voor publicatie:  
Gert Jan Reinds, teamleider van team Duurzaam Bodembeheer (WEnR)

Rapport 3180  
ISSN 1566-7197

Grondwater mag gemiddeld niet meer dan 50 milligram nitraat per liter bevatten. In een deel van Nederland wordt deze norm overschreden. Er is echter geen eenvoudige relatie bekend tussen het stikstofoverschot en de nitraatconcentratie. Hierdoor kunnen geen locatie- of bodemspecifieke maatregelen worden genomen om een nitraatconcentratie lager dan 50 mg/l te bereiken. De nitraatconcentraties in grondwater variëren in de tijd en ruimte sterk en in relatief natte bodems treedt afbraak op van nitraat: denitrificatie. De belangrijkste parameter voor het voorspellen van nitraat in grondwater, naast het stikstofoverschot per bedrijf, is op dit moment de grondwatertrap: hoe ondieper de gemiddelde grondwaterspiegel gedurende het jaar, hoe meer afbraak van nitraat en hoe lager de nitraatconcentraties. Omdat voor de afbraak van nitraat zuurstofloze omstandigheden en afbreekbare organische stof nodig zijn, is onderzocht of bodembeschrijvingen en -analyses kunnen helpen om de verschillen in nitraatconcentraties beter te voorspellen. Onderzoek op tien geselecteerde bodems met lage nitraatconcentraties laat soms hoge potentiële denitrificatiesnelheden ( $D_p$ ) zien in de ondergrond (20-60 cm -mv) ten opzichte van tien bodems met hoge nitraatconcentraties. Onderzoek op 50 willekeurig gelote locaties laat echter geen enkele keer een hoge waarde voor  $D_p$  zien in de ondergrond, geen relatie tussen nitraat en  $D_p$  van de bovengrond of andere bodemmetingen.

Trefwoorden: nitraat, bodem, grondwatertrap, bodemtype, potentiële denitrificatiesnelheid, DOC

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/574940> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2022 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Achtergrond	9
1.2 Probleemstelling	9
1.3 Aanpak	10
1.4 Toepasbaarheid	10
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>11</b>
2.1 Selectie fase 1 en 2	11
2.2 Bemonstering fase 1 en 2	12
2.3 Bemonstering fase 2	14
<b>3 Resultaten</b>	<b>15</b>
3.1 Algemeen fase 1 en 2	15
3.1.1 Kwaliteitscontrole	16
3.1.2 Pyriet	19
3.2 Resultaten Fase 1	19
3.2.1 Overzicht bemonsterde locaties	19
3.2.2 Bespreking per combinatie	21
3.2.3 Herbemonstering in fase 1	24
3.2.4 Bepaling potentiële denitrificatie via eenvoudige laboratoriumanalyse	27
3.2.5 Herhaalde metingen per perceel in juli/aug 2020	27
3.2.6 Bodemprofielen	28
3.3 Resultaten Fase 2	29
3.3.1 Potentiële denitrificatiesnelheid	29
3.3.2 Nitraatconcentratie verklaren op basis van bodemeigenschappen	30
<b>4 Discussie</b>	<b>32</b>
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>34</b>
<b>Literatuur</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 1 Analysemethoden en bemonsteringsdiepten</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage 2 Data bodemanalyses</b>	<b>42</b>
<b>Bijlage 3 Data bodemvochtanalyses</b>	<b>47</b>
<b>Bijlage 4 Data grondwateranalyses</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage 5 Profielschematisatie</b>	<b>55</b>
<b>Bijlage 6 Potentiële denitrificatiesnelheid</b>	<b>68</b>
<b>Bijlage 7 Gewashistorie</b>	<b>74</b>

---

---

# Verantwoording

Rapport: 3180

Projectnummer: 5200046199

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: onderzoeker

naam: Martin Knotters

datum: 28 maart 2022

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Gert Jan Reinds

datum: 8 juli 2022





---

# Samenvatting

Volgens de EU-nitraatrichtlijn mag de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater niet hoger zijn dan 50 mg/l. Er is geen eenvoudige relatie tussen de mate van bemesting of stikstofoverschot en de nitraatconcentratie waarmee per bedrijf gestuurd kan worden naar nitraatconcentraties die lager zijn dan 50 mg/l. De nitraatconcentraties in grondwater variëren sterk in tijd en ruimte. De belangrijkste parameter voor het voorspellen van nitraat in grondwater is, naast het stikstofoverschot per bedrijf, op dit moment de grondwatertrap: hoe ondieper de grondwaterspiegel gemiddeld gedurende het jaar, hoe meer afbraak van nitraat en hoe lager de nitraatconcentraties. Voor de afbraak van nitraat zijn zuurstofloze omstandigheden en afbreekbare organische stof nodig. Hypothese 1 is dat we verwachten dat kennis van de verspreiding van organische stof in de bodem kan bijdragen als verklarende factor voor nitraatconcentratie in grondwater. Hypothese 2 is dat een indicator voor de afbraak van nitraat te achterhalen is via bodemkartering (grondwatertrap, bodemtypen en organischestofgehalten), eventueel aangevuld met een bodemanalyse. In fase 1 is hypothese 1 onderzocht. Op basis van nitraatmetingen uit voorgaande jaren zijn locaties gekozen met dezelfde Gt en bodemtype, maar met sterk verschillende nitraatconcentraties. We vermoeden dat de verschillen te verklaren zullen zijn op basis van aanvullende metingen over organische stof in bodem- en grondwater. In fase 2 is getoetst of de potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$ ) in samenhang met grondwatertrap helpt bij het verklaren van de verschillen in nitraat in grondwater. Hiervoor zijn vijftig locaties bemonsterd.

In fase 1 is geen relatie gevonden tussen  $D_p$  en diverse eenvoudige bodemmetingen (organische stof, opgeloste organisch koolstof, DOC, water extraheerbare organische koolstof, WEOC). In fase 1 is bij drie van de tien paren een veel hogere potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$ ) gevonden in de ondergrond (<20 cm-mv) in samenhang met lagere nitraatconcentraties dan bij de andere zeven paren. Daarom is in fase 2 uitgebreider getoetst of er een relatie is tussen  $D_p$  en nitraatconcentratie. Bij geen van de vijftig locaties met een hogere  $D_p$  in de ondergrond blijkt echter een relatie te kunnen worden aangetoond tussen nitraat in grondwater en de bodem. Met dit onderzoek kon niet worden aangetoond dat de gekozen bodemanalyses helpen om de onzekerheid over nitraatconcentraties in grondwater te verkleinen.



---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

*"Een belangrijke uitdaging voor de komende jaren is het efficiënter omgaan met voedingstoffen, rest- en afvalstromen, voor een goed ecosysteem in bodem en water en voor de voedsel- en waterzekerheid wereldwijd"* (uitdaging KIC Water en Voedsel). In veel gebieden in Nederland spoelt nitraat uit naar het grondwater. Een verlies voor de boer en voor de kwaliteit van het grondwater. Door hardheid en verminderde grondwaterkwaliteit moest Vitens in het verleden winputten verplaatsen, dieper grondwater winnen en waterzuiveringen uitbreiden.

Verminderde nitraatuitspoeling zou dit kunnen voorkomen. Daarbij is het belangrijk om te kunnen inschatten in welke bodems nitraat makkelijk uitspoelt naar het grondwater en in welke bodems nitraat wordt afgebroken (denitrificatie). Behalve over de grondwatertrap (Gt) is er echter weinig kennis over de indicatoren die de mate van denitrificatie in de bodem kunnen voorspellen. Om hier meer inzicht in te krijgen, kunnen verschillende databronnen met locatie-specifieke bodemkenmerken worden aangeboord.

## 1.2 Probleemstelling

De gemiddelde nitraatconcentraties in grondwater op de droge zandgronden zijn vaak hoger dan de Europese norm van 50 mg/L. Ook in een aantal grondwaterbeschermingsgebieden in Zuid- en Oost-Nederland zijn nitraatconcentraties te hoog. In de bestuursovereenkomst (IPO et al., 2017) is besloten om afdoende maatregelen te nemen om zo spoedig, in de periode van het 6<sup>e</sup> Actieprogramma (AP) of uiterlijk het 7<sup>e</sup> AP, blijvend aan de norm te voldoen in het uitspoelingswater uit de wortelzone. In Gelderland betreft het de grondwaterbeschermingsgebieden Dinxperlo, Haarlo, Olden Eibergen en 't Klooster. De landbouwsector en de overheid willen liever meer gebiedsspecifieke maatregelen nemen dan generieke maatregelen. Daarom is er behoefte aan een goede beschrijving van de relatie tussen nitraat in grondwater en het stikstofbodemovershot, omdat dat laatste een parameter is waarop bedrijven kunnen sturen. Melkveebedrijven doen dat via de KringloopWijzer. Behalve de grondwatertrap (Boumans et al., 1989; Fraters et al., 2015; Van Loon & Fraters, 2016) zijn er echter geen indicatoren met een voorspellende waarde.

Recentelijk is een relatie tussen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en het gehalte aan bodemorganische stof in de bouwvoor gevonden (Van der Wal et al., 2019), maar het effect van een verdubbeling van het gehalte aan bodemorganische stof in de bovengrond op nitraat is klein: berekend is dat bij een toename van 2,5 naar 5% bodemorganische stof in de bovengrond bij bouwland de nitraatconcentratie wordt verlaagd van 90 naar 70 mg/L. Metingen van het gehalte aan organische stof in de bodemlagen onder de bouwvoor ontbraken bij de analyse. In een andere studie vond men echter dat veenlaagjes in het bodemprofiel van graslanden veel lagere (10 tot 70 mg/L nitraat) nitraatconcentraties konden verklaren (Noij & ten Berge, 2019). Het gehalte aan organische stof op een bepaalde diepte in het bodemprofiel is dus heel belangrijk. Bij acht bedrijven bleek de voorspelling van nitraat te kunnen worden verbeterd door rekening te houden met opgeloste organische stof (DOC), de dikte van de organischestofrijke laag en de aanwezigheid van veenlaagjes in de ondergrond (Oenema et al., 2010).

Er lopen onderzoeken in Nederland naar nitraat in de bodem en grondwater, maar er wordt, voor zover bekend, op dit moment niet verder gewerkt aan het krijgen van een betere indicator voor de afbraak van nitraat (denitrificatie) (Corre, 1995; Zwart, 2003; Velthof et al., 2004). Geschat wordt dat denitrificatie op dit moment zorgt voor 33% van het verlies van nitraat in de eerste 5 meter onder de gemiddeld laagste grondwaterstand, dat 26% uitspoelt naar oppervlaktewater en 40% naar het diepere grondwater (Klijne et al., 2008). De grote variatie aan nitraatconcentraties in freatisch grondwater wordt, zoals eerder gezegd, op dit moment alleen via de grondwatertrap (Gt) enigszins verklaard (Fraters et al., 2015). Er is voor locaties

---

met een identiek stikstofbodemoverschot en Gt tot nu toe geen enkele bodemeigenschap bekend die kan dienen als voorspellende indicator voor de nitraatconcentratie. Doel van dit project is een dergelijke indicator te ontwikkelen aan de hand van de volgende twee hypothesen:

**Hypothese 1:** Afbreekbare organische stof (en/of pyriet) in het bodemprofiel draagt bij als verklarende factor voor de nitraatconcentratie in het freatische grondwater.

**Hypothese 2:** Een indicator voor de afbraak van nitraat is te achterhalen uit een bodemprofielbeschrijving, eventueel aangevuld met relatief goedkope bodemanalyses, en is daarmee op te schalen per perceel en naar een groter gebied met vergelijkbare kenmerken.

## 1.3 Aanpak

Binnen lopende projecten, Vruchtbare Kringlopen Achterhoek (VKA) en de monitoring van nitraat in grondwaterbeschermingsgebieden (IPO et al., 2017) (WaterwijsBoeren Gelderland), worden de meest voorkomende homogene bodem-/Gt-/locaties beschouwd. Op basis van de contacten en bestaande data is dit onderzoek gestart, door vergelijkbare locaties met hoge en locaties met lage nitraatconcentraties te zoeken.

### Fase 1. Selectie onderzoekslocaties

Op basis van de data van voorgaande nitraatmetingen zijn gepaarde locaties gekozen: tienmaal twee locaties met dezelfde combinatie van bodemtype en grondwatertrap (Gt), waarvan er telkens één de laagste en één de hoogste nitraatconcentratie heeft binnen de betreffende combinatie van bodemtype en Gt. Toestemming voor het onderzoek is gevraagd bij de gebruiker van het land. Op elke locatie is het bodemprofiel beschreven, zijn bodemlagen geanalyseerd (bodemanalyses, bodemvochtanalyses en potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$ )) en is grondwater geanalyseerd. Daarmee wordt vastgesteld of de geselecteerde locaties een lage nitraatconcentratie hebben vanwege denitrificatie.

Vervolgens is onderzocht of kenmerken in het bodemprofielbeschrijving en/of relatief goedkope standaardanalyses helpen bij het voorspellen van nitraat in grondwater. Parameters die onderzocht worden, zijn bijvoorbeeld organischestoflaagjes in een nauwkeurige bodemprofielbeschrijving, de grondwaterstand t.o.v. de organischestof-rijke bodemlaag en de opgeloste organische stof in het grondwater en de  $D_p$  van de bodemlagen (Velthof et al., 2004).

### Fase 2. Validatie van de indicator

Indien in fase 1 een indicator wordt gevonden voor de afbraak van nitraat (bijvoorbeeld: DOC, een gehalte aan organische stof of een profieleigenschap), dan kan die getoetst worden door van een aantal homogene percelen de indicatoreigenschap te bepalen (bijvoorbeeld: een eigenschap in de bodemprofielbeschrijving), percelen te kiezen die verschillend zijn voor die eigenschap, en vervolgens nitraat in grondwater te meten of gebruik te maken van meetnetten waaruit in fase 1 niet geselecteerd is.

## 1.4 Toepasbaarheid

Indien dit onderzoek leidt tot een gevalideerde indicator voor denitrificatie, binnen verder homogene bodem-/Gt-/landgebruikstypen, dan kan die kennis gebruikt worden voor het voorspellen van de uitspoelfractie van nitraat. Dat is belangrijk voor voorspellingen op landelijk en regionaal niveau, maar ook voor agrarische bedrijven, omdat daarmee percelen aangewezen kunnen worden waar maatregelen veel of weinig effect hebben. Indien bodemorganische stof helpt bij de denitrificatie, dan is het ook interessant om te weten of dit effect gestimuleerd kan worden.

Er is ook zorg over negatieve neveneffecten van denitrificatie. Indien denitrificatie optreedt door afbraak van organische stof, dan is er geen toename van de hardheid van water. Als echter denitrificatie in de ondergrond plaatsvindt door afbraak van pyriet kan dat negatieve bijeffecten hebben: vrijkomen van stoffen (zware metalen en arseen) en een toename van de hardheid van water (Zhang et al., 2009; Houben et al., 2017).

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Selectie fase 1 en 2

In totaal zijn twintig locaties geselecteerd, waarvan tien locaties met de hoogste en tien locaties met de laagste nitraatconcentraties binnen tien gelijke combinaties van bodemtype en grondwatertrap (zie Tabel 1). Bij de bemonstering van de percelen gaan we uit van de opgegeven xy-coördinaten in Haarlo-Eibergen (locatie 1 t/m 12 in Tabel 1), omdat dat de eerder bemonsterde locaties zijn. Bij locaties van VKA (Vruchtbare Kringlopen Achterhoek) (locaties 13 t/m 20 in Tabel 1) wordt het midden van een perceel gekozen. Het midden van een perceel is beschikbaar als xy-coördinaat op de website Boerenbunder.

**Tabel 1** Lijst met 20 bemonsteringslocaties uit Haarlo-Eibergen en VKA\* en nitraatconcentraties in die projecten die in feb/maart 2020 zijn bemonsterd voor fase 1 en waarvan een deel is herbemonsterd in juli 2020.

Locatie	Combi	Grondsoort op kaart	Gt 2006	Gemiddelde nitraat *	Teelt in 2018, 2019	Code project*	Locatie herbemonsterd
1	1	pZg23	IIIb	67	Mais	9	
2		pZg23	IIIb	1	Gras	6	
3	2	pZg23	Vb	66	Gras	10	3
4		pZg23	Vb	7	Mais, aardappel	7	4
5	3	cHn21	VI	100	Gras	110	
6		Hn21	VI	0	Gras	31	6
7	4	Hn21	Vb	92	Mais, gras	36	
8		Hn21	Vb	2	Gras	42	
9	5	Hn21	VI	1	Gras	18	
10		cHn21	VI	60	Mais, gras	20	
11	6	pZg23	IIIb	2	Gras	48	
12		pZg23	III	66	Gras	49	12
13	7	pZg23	IIIb	116	Mais, gras	4 Er	13
14		pZg23	IIIb	0	Gras	5 Er	14
15	8	Rn95C	VI	59	Gras	4 We	
16		Rn95C	VI	0	Gras	22 We	
17	9	Hn30	V/VI	56	Gras	67 Sc	
18		Hn30	V/VI	15	Gras	11 Sc	
19	10	Zn21	Vb	64	Gras	9 Ko	
20		Zn23	Vb	0	Gras	12 Ko	

In juli 2020 zijn zes percelen opnieuw bezocht en zijn vier boringen en grondwatermonsters per locatie genomen om te zien of de eigenschappen die eerder op één plek gevonden zijn, ook verder in het perceel te vinden zijn.

In maart 2021 zijn 50 locaties gekozen voor fase 2. Bij voorkeur zijn locaties gekozen uit het bestaande meetnet (Waterwijs Boeren Gelderland), waarvoor in 2019 100 locaties bemonsterd waren en in 2020 25 locaties herbemonsterd zijn. Uit deze locaties zijn de 40 natste locaties gekozen. Daarnaast zijn er 11 locaties gekozen waar extra organische stof aan de bodem is toegediend: samen 50 locaties, omdat 1 van de 11 locaties ook bij het meetnet hoort. De 40 natste locaties zijn gekozen uit een dataset van 100 locaties: het betreft Gt III, IIIb, Vb (Gt-kaart: Van Kekem et al., 2005)) met een GHG binnen de eerste 40 cm. Niet geselecteerd zijn locaties met Gt VI en VII met een GHG dieper dan 40 cm -mv. In Tabel 2 is te zien dat de nitraatconcentraties in oktober 2018 sterk varieerden tussen de locaties.



**Tabel 2** Lijst met 50 bemonsteringslocaties\* uit Haarlo-Eibergen die in feb/mrt 2021 zijn bemonsterd voor fase 2. De nitraatconcentraties (mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup>) zijn afkomstig uit meetnet oktober 2019 (en bij een beperkt aantal in 2020) (code = meetnet).

Locatie	Bodem- type	Gt 2006	Gemiddelde nitraat *	Teelt in 2020	Code *	Locatie	Bodem- type	Gt 2006	Gemiddelde nitraat *	Teelt in 2020	Code*
1	pZn21		-	gras		26	pZn23	IIIb	0	mais	emp10_4
2	Hn21	Vb	75	mais	emp11_4	27	cHn21	Vb	9	gras	emp17_6
3	pZg21		-	mais		28	Hn21	Vb	0	gras	emp17_12
4	pZn23		-	mais		29	oZg21	Vb	0	mais	emp17_9
5	pZg21		-	mais		30	pZn23	Vb	35	mais	emp10_3
6	pZn21		-	aarda		31	pZn23	Vb	44;36	mais	hmp10_2
7	pZg23		-	Gras		32	pZn21	Vb	88	gras	emp16_8
8	pZn23		-	Gras		33	Hn21	IIIb	0	gras	emp16_9
9	Hn21		-	mais		34	cZn53	Vb	49	gras	emp16_12
10	zEZ23		-	gerst		35	Hn21	Vb	2	gras	emp17_20
11	pZg23		-	aarda		36	pZn21	Vb	0; 0	gras	hmp17_2
12	Hn21	Vb	1	gras	emp16_5	37	pZn23	Vb	296	gras	emp17_15
13	Hn23	Vb	3	gras	emp16_16	38	Hn21	III	119; 140	gras	hmp15_2
14	pZn21	III	199; 66	gras	hmp17_4	39	Hn21	Vb	71	gras	emp17_13
15	pZg23	III	1	gras	emp16_4	40	pZn23	Vb	66	gras	emp17_8
16	pZn21	Vb	49	gras	emp17_5	41	pZn21	Vb	66	gras	emp17_24
17	pZg23	IIIb	0	gras	emp16_11	42	pZn21	IIIb	0	gras	emp16_14
18	pZn23	IIIb	29	gras	emp17_11	43	pZn21	IIIb	155	gras	emp10_7
19	pZg23	IIIb	0; 1	gras	hmp16_3	44	pZn21	Vb	106	gras	emp10_5
20	pZn21	IIIb	28	gras	emp17_10	45	pZg23	III	0	gras	emp16_10
21	pZn21	IIIb	0	gras	emp16_7	46	pZg23	Vb	0	gras	emp17_14
22	pZn21	III	62;101	gras	hmp15_1	47	pZn21	Vb	75	gras	emp17_18
23	Hn21	III	1	gras	emp17_23	48	pZn21	Vb	49	gras	emp17_17
24	pZn21	IIIb	0	biet	emp16_15	49	cHn21	Vb	66	gras	emp17_19
25	pZn21	Vb	0;0	biet	hmp17_3	50	pZn21	III	12	gras	emp17_22

\* Locatie 1 t/m 11; geselecteerd door voorzitter Stichting HOEduurzaam, omdat in voorgaande jaren extra biomassa is aangebracht (houtschors, bermgras en/of dikke fractie dierlijke mest).

## 2.2 Bemonstering fase 1 en 2

Van de onderzoeklocaties is een bodemprofielbeschrijving gemaakt (Ten Cate et al., 1995) zoals ook voor de bodemkaart van Nederland wordt gebruikt. De bodemprofielbeschrijvingen geven een kwantitatieve inschatting van gehalte aan organische stof en lutumgehalte (in tegenstelling tot de gangbare profielbeschrijving bij milieukundige bodembemonstering NEN-EN-ISO 14688). Het bovenste grondwater is bemonsterd volgens de open boorgatmethode (RIVM, 2008) en de pH en het zuurstofgehalte van het grondwater zijn in het veld gemeten (AP-2000-D sonde, Aquaread). Vier verschillende lagen zijn bemonsterd (zie Figuur 1). De bemonsteringsdiepte van het eerste monster wordt bepaald door de bovengrond: duidelijk te onderscheiden van de ondergrond doordat het bewerkt wordt en een relatief hoog organischestofgehalte heeft. De bemonsteringsdiepten van de andere lagen worden bepaald door de grondwaterstand. De bemonsteringsdiepte van het tweede monster is van 20 cm boven GHG tot GHG. De bemonsteringsdiepte van het derde monster is van GHG tot halverwege GHG en GLG. De bemonsteringsdiepte van het vierde monster is van halverwege GHG en GLG tot GLG (Figuur 1). Door deze keuzes zijn de eerste en tweede bodemlaag soms niet aansluitend en soms overlappend (de bemonsteringsdiepten zijn gegeven in Bijlage 1). Elke bemonsterde laag is in tweevoud genomen, elk minimaal 1 kg. Per locatie wordt dus 8 kg grond bemonsterd. Tabel 3 geeft de uitgevoerde chemische analyses van het grondwater en de grondmonsters. Bijlage 1 geeft de methoden en bemonsteringsdiepten.



**Figuur 1a** Foto van bemonstering in het veld (buis, slangpomp, electrode, grondmonsters).

**Figuur 1b** Schematische weergave van de genomen grondmonsters als functie van de diepte (GHG en GLG) en het grondwatermonster.

De grondwatermonsters zijn geconserveerd met HCl <sup>(1)</sup>, gekoeld bewaard en binnen één of twee dagen geanalyseerd door het laboratorium CBLB van de Wageningen Universiteit & Research (CBLB-WUR). De grondmonsters zijn gekoeld bij 4 °C en binnen twee dagen aangeboden voor analyse bij Eurofins Agro. Het tweede grondmonster van elke bodemlaag is aangeboden voor analyse bij CBLB-WUR en gekoeld bewaard bij 4 °C. De bemonsteringen vonden plaats op 17 en 18 februari en op 2, 3 en 13 maart 2020. Binnen twee weken na bemonstering zijn de monsters uitgeslingerd voor bodemvocht door het laboratorium van de vakgroep Bodembioogie van WUR. Dezelfde monsters zijn bewaard voor de bepaling van de D<sub>p</sub> op 27 mei 2020. Bijlage 2 geeft alle analyseresultaten. De herbemonstering van zes locaties vond plaats op 17, 24, 27 juli en op 18 augustus 2020. De bemonstering van bodemvocht verloopt volgens het interne werkvoorschrift E0002 'Extractie van Bodemvocht door middel van Centrifugeren'. Alle methoden waren hetzelfde bij de herbemonstering, behalve dat ook het water-extraheerbare organische koolstof (WEOC) bepaald is, omdat dat volgens recente literatuur een goede voorspeller is van D<sub>p</sub> (Surey et al., 2020).

**Tabel 3** Overzicht van type monsters en analyses.

Nr.	Type monster	Naam	Laboratorium
1	Verse grondmonster	Potentiële denitrificatie	CBLB-WUR
2	Verse grondmonster	Bodemvocht en WEOC*	CBLB-WUR
3	Gedroogde grond	Diverse bepalingen (Bijlage 1)	Eurofins Agro
4	Grondwater	Bovenste grondwater	CBLB-WUR

\* WEOC= Water-extractable organic C (Surey et al., 2020). Hierbij wordt verse grond gedurende 1 uur in demiwater geschud en wordt na centrifuge DOC bepaald in het gefilterde supernatant.

De potentiële denitrificatiesnelheid (D<sub>p</sub>), de zogenaamde acetyleeninhibitiemethode (Wrage et al., 2004), is bepaald door een gezeefd, vers grondmonster, na bevochtiging over te brengen in een glazen fles (hoeveelheid grond: teruggerekend 100 gram droge stof in een fles van 575 ml). Na één dag is hieraan 5 ml nitraatoplossing (4 g N/L in de vorm van KNO<sub>3</sub>) toegevoegd, wat resulteert in 200 mg N/kg droge stof (20 mg N/100 gram droge grond in de vorm van nitraat). De oplossing en de grond zijn daarna gehomogeniseerd en vervolgens is N<sub>2</sub>-gas door de flessen geblazen om alle zuurstof te verwijderen en is 25 ml C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-gas geïnjecteerd. De flessen zijn daarna afgesloten. De toevoeging van C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> remt de afbraak van N<sub>2</sub>O gas tot N<sub>2</sub>, waardoor alle denitrificatie is terug te meten als N<sub>2</sub>O. Op dag 3, 4 en 5 zijn de concentraties

<sup>1</sup> NEN-EN-ISO 5667-3 Hier met 0,2 uL 5 M HCl ipv H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> om uiteindelijk S te kunnen meten.

---

CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O in de flessen bepaald met een foto-akoestische gasmonitor (Innova 1412, LumaSense Technologies). Na elke meting is N<sub>2</sub>-gas in de fles geblazen om O<sub>2</sub> te verwijderen. Daarna zijn de flessen 24 uur afgesloten totdat weer een meting werd uitgevoerd. Aan de hand van de hoeveelheden N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> die in 24 uur vrijkomen, is de afbraak van nitraat, oftewel de denitrificatiesnelheid, bepaald (Zwart, 2003). De gemiddelde D<sub>p</sub> in deze studie is de gemiddelde snelheid op dag 4 en 5 (omdat de snelheid op dag 3 enkele keren afweek).

## 2.3 Bemonstering fase 2

In fase 2 zijn 50 locaties bemonsterd in het grondwaterbeschermingsgebied Haarlo-Eibergen. Het betreft 39 natste locaties uit de 100 locaties van het meetnet in Haarlo-Eibergen (meetnet nitraatmetingen in grondwaterbeschermingsgebieden) en 11 locaties waar in het verleden extra biomassa is toegevoegd (hout, blad): project HoeDuurzaam. Net als in fase 1 zijn grondwater en grond bemonsterd. De grond is gebruikt voor de analyse van bodemvocht en D<sub>p</sub>. Fase 2 wijkt af van fase 1 doordat er geen bodemanalyses zijn gedaan en doordat bij de bemonstering niet gezocht is op locaties met dezelfde bodemtypes. De bemonsteringen in fase 2 vonden plaats tussen 17 februari en 8 maart 2021. Bodemvocht is uitgeslingerd binnen twee weken.

## 3 Resultaten

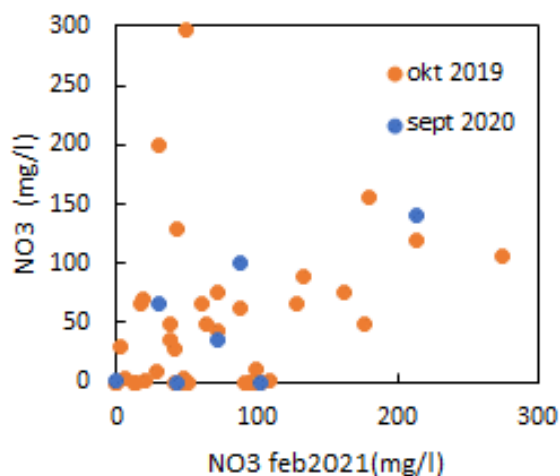
### 3.1 Algemeen fase 1 en 2

De grondwaterspiegel was grofweg in de periode 23 feb tot 14 maart 2020 op zijn ondiepst van winter 2019-2020. De bemonstering in fase 1 vond plaats op vijf dagen: op 18 en 20 februari en op 2, 3 en 13 maart 2020. De neerslagsom in Hupsel in het eerste kwartaal van 2020 was 202 mm, wat veel hoger was dan het gemiddelde van de periode 1993-2020: 176 mm (KNMI, 2020). De grondwaterspiegel was in 2020 ongeveer eind september op zijn diepst. Een herbemonstering in fase 1 van 6 van de 20 locaties vond plaats op 17, 24, 27 juli en op 18 augustus 2020. Bij de herbemonstering voor fase 1 zijn vier boringen gedaan. Het neerslagtekort eind juli 2020 was 200 mm, terwijl de mediaan vanaf 2001 eind juli 110 mm is.

De grondwaterspiegel was grofweg in de periode 5 februari-19 maart 2021 op zijn ondiepst van winter 2020-2021. De bemonstering in fase 2 vond plaats in de periode 24 februari-9 maart 2021. De neerslagsom in Hupsel in dec2020 t/m feb2021 was 207 mm, wat niet afwijkt van de gemiddelde som van dec t/m feb in de periode 1993-2010 (206 mm).

Geen van de percelen had drainagebuizen. De GHG van de twintig locaties in fase 1 is gemiddeld 44 cm -mv (mv: maaiveld) en de GLG 122 cm -mv, terwijl de grondwaterspiegel zich tijdens de bemonsteringen op 64 cm diepte bevond. De grondwaterspiegel is vanaf eind september 2019 sterk gestegen, om in de periode tussen 23 februari en 13 maart 2020 een minimumdiepte te bereiken.<sup>2</sup> Enkele percelen waren heel recentelijk bemest met kunstmest (9 Ko en 12 Ko) of dierlijke mest. De GLG van de vijftig locaties in fase 2 is gemiddeld 46 cm -mv (mv: maaiveld) en de GHG 160 cm -mv, terwijl het grondwaterpeil tijdens de bemonsteringen 65 cm -mv was. De grondwaterstand is vanaf december 2020 tot half januari 2021 sterk gestegen en relatief hoog gebleven tot in maart.

Bij 39 locaties zijn dezelfde locaties in jan/feb 2021 bezocht als voor het meetnet in okt 2019. Het gemiddelde in 2019 en 2021 is respectievelijk 47 en 72 mg/L nitraat (zie Figuur 2). De grondwaterspiegel was in oktober 2019 met gemiddeld 1,2 m -mv dieper (= droger) dan in feb 2021, toen de grondwaterspiegel gemiddeld 0,7 m diep was op de 39 locaties. Opvallend in Figuur 2 is dat in okt 2019 relatief veel monsters (n=14) een heel lage nitraatconcentratie (<1 mg/l) hadden, terwijl er in 2021 weinig monsters waren met dermate lage nitraatconcentraties (n=3).

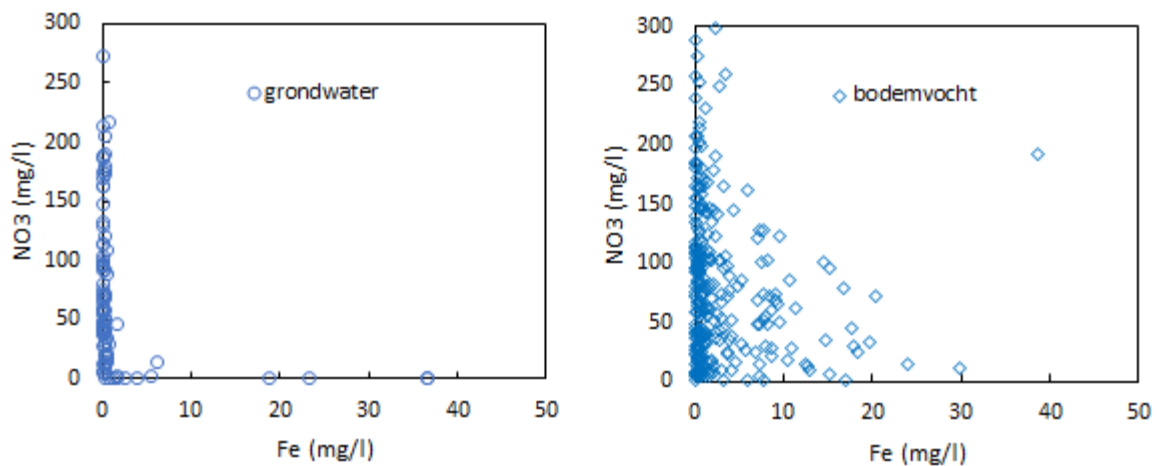


**Figuur 2** Nitraat gemeten op dezelfde locaties in oktober 2019, september 2020 (Waterwijs Gelderland), en in dit onderzoek: februari 2021 (fase 2).

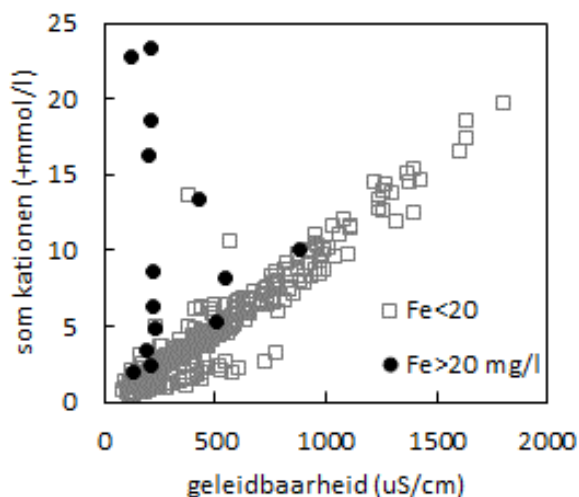
<sup>2</sup> <https://opendata.munisense.net/portal/vitens-water/group/6/provincie-gelderland>

**Grondwater en bodemvocht**

Zoals verwacht, laten nitraatconcentraties gemeten in grondwater, een duidelijke relatie zien met ijzergehalte: nitraat en ijzer komen niet in combinatie voor. Locaties met ijzer en een lage nitraatconcentratie wijzen op reductie. Zo'n eenvoudige relatie is bij bodemvocht afwezig. Bij het centrifugeren komen gronddeeltjes in oplossing, waardoor je ijzer meet dat niet werkelijk opgelost is. Naast aanwezigheid van ijzer wordt ook de aanwezigheid van aluminium gemeten, wat duidelijk wijst op gronddeeltjes (kolloïden: centrifugaat wordt wel gefilterd). Bij grondwater is reductie dus eenvoudig zichtbaar aan de hand van nitraat én ijzer, maar dat is niet mogelijk bij bodemvocht.



**Figuur 3** Nitraat in relatie tot ijzer grondwater en bodemvocht (een beperkt aantal bodemvochtmonsters met  $\text{NO}_3 > 300$ , of  $\text{Fe} > 50$  mg/l is niet zichtbaar).



**Figuur 4** Relatie geleidbaarheid en som kationen.

Het aspect dat de monsters, met name bodemvochtmonsters, hoge Fe-concentraties hebben, is goed te zien bij de kwaliteitscontrole: bij  $\text{Fe} > 20$  mg/L is er geen relatie tussen geleidbaarheid en de som kationen. Dat komt omdat het gemeten Fe kolloïdaal van aard is (het zijn deeltjes) en dus niet bijdraagt aan de geleidbaarheid.

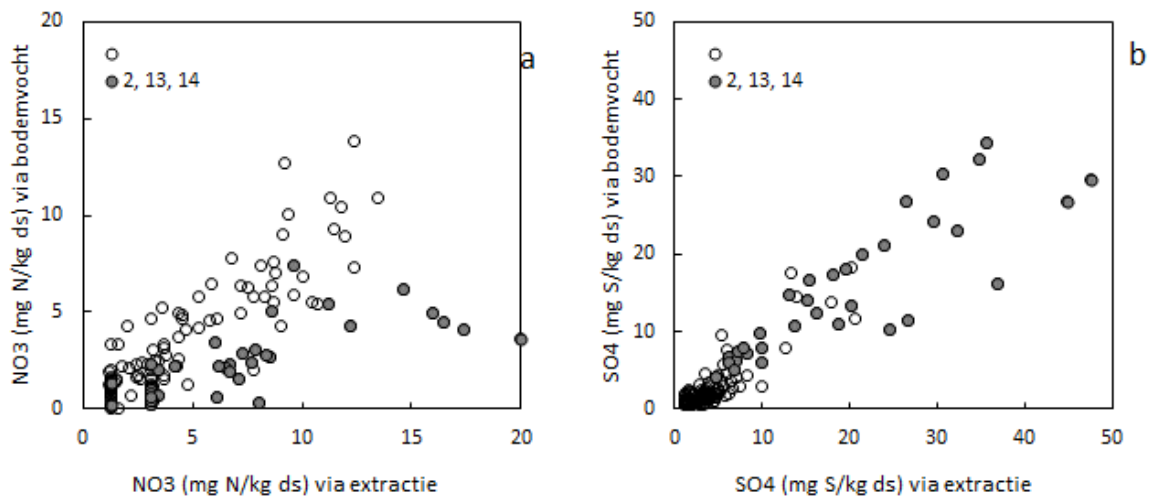
Bij de kwaliteitscontrole van de grondwater- en bodemvochtanalyse wordt de geleidbaarheid vergeleken met de kationen- en anionenbalans. Aangezien chloride niet is gemeten, is de anionenbalans onvolledig. Er is toch een goede relatie tussen de geleidbaarheid en de som anionen. De relatie tussen geleidbaarheid en de



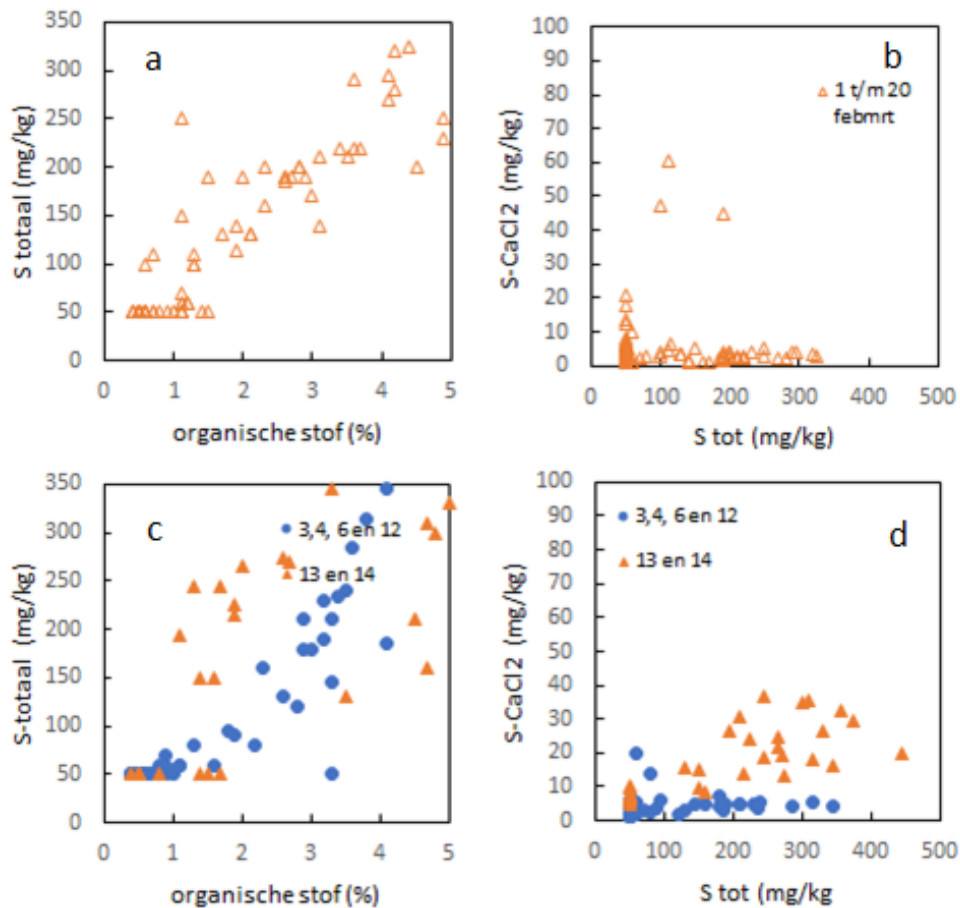
som kationen is voor een klein aantal bodemvochtmonsters niet goed (zie Figuur 4): de som kationen is lager dan verwacht (ongeveer een factor 2). Het betreft een schijnbaar willekeurig aantal bodemvochtmonsters uit de tweede fase. Ondanks overleg met het lab is dit niet opgelost.

### Bodem en bodemvocht

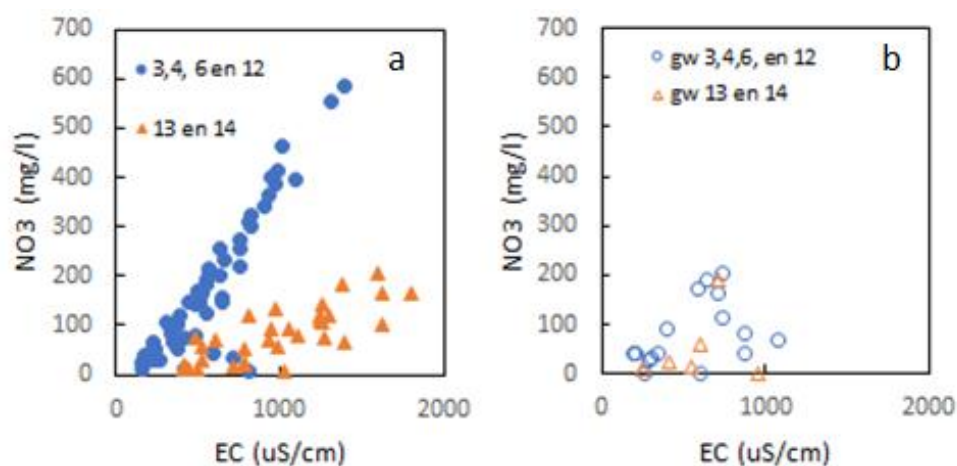
In fase 1 is van elke grondmonster de nitraatconcentratie geanalyseerd in bodemvocht (bij het CBLB-WUR) en in  $\text{CaCl}_2$ -extract (Eurofins-Agro). Bij de monsters die aangeleverd zijn in februari en maart is de relatie 0,9:1 terwijl bij de monsters aangeleverd in juli en augustus de relatie veel slechter is (Figuur 5). Met name bij de monsters van drie locaties (2, 13 en 14) wordt via bodemvocht minder nitraat gemeten dan via extractie. Dat komt mogelijk doordat het bodemvocht niet direct na aankomst geëxtraheerd is en er enige afbraak van nitraat heeft plaatsgevonden. Vanwege de rol van pyriet bij denitrificatie is in dit project ook S bepaald. Bij S is geen afbraak en is er grofweg een 1:1-relatie tussen beide methoden. Een ander aspect is dat in deze bodemvochtmonsters (van locatie 2, 13 en 14) heel hoge S-concentraties gemeten zijn (>50 mg S/L) en ook hoge extraheerbare S-gehalten (Eurofins Agro), terwijl de totaal S-gehalten niet opvallend zijn (Figuur 6). Er is dus waarschijnlijk een  $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ -rijke meststof gebruikt (zie volgende paragraaf). Het is onduidelijk waarom deze sulfatrijke monsters leiden tot afbraak van nitraat alvorens bodemvocht te extraheren.



**Figuur 5** Nitraat- (a) en zwavelgehalten (b) in grondmonsters: gemeten via bodemvocht\*(WUR-CBLB) en via extractie (Eurofins-Agro). \*de rapportagegrens voor N (Eurofins Agro) is 1,3 of 3,1 mg N/kg ds. Eén monster met 187 mg S/kg is niet zichtbaar in figuur b.



**Figuur 6** (a, c) S-totaalgehalte (mg/kg ds) als functie van gehalte aan organische stof en in figuur (b, d)  $S_{CaCl2}$ -gehalte (mg/kg ds) als functie van het S-totaalgehalte (mg/kg) van bodemonsters. Voor bemonsteringsperiode: feb/mrt (a, b), voor locatie 1 t/m 20, en bemonsteringsperiode juli/aug (figuur c, d): voor locatie 3, 4, 6 en 12 en locatie 13 en 14. De drie hoge waarden voor  $S_{CaCl2}$  (40-60 mg/kg) komen van locatie 2.



**Figuur 7** Nitraatconcentratie in (a) bodemvocht en (b) grondwater, in relatie tot geleidbaarheid (EC).

De sulfaatrijke monsters van locatie 13 en 14 vallen op bij de bodemvochtanalyses, maar minder bij de grondwateranalyses. In Figuur 7 is te zien dat de nitraatconcentratie in bodemvocht ook goed meetbaar is via de geleidbaarheid bij locatie 3, 4, 6 en 12, omdat nitraat het belangrijkste anion is. Die relatie is niet meer zichtbaar in het grondwater. De verschillen tussen bodemvocht en grondwater zijn bij deze monsters niet vreemd, omdat nitraat in het grondwater het resultaat is van uitspoeling van bodemvocht tot en met maart 2020, terwijl het huidige bodemvocht waarschijnlijk beïnvloed is door de bemesting en

bodemprocessen in zomer 2020. Bij locatie 13 en 14 is de relatie tussen nitraat en EC anders dan bij locatie 3, 4, 6 en 12, omdat naast nitraat ook sulfaat een belangrijk anion is. Aangezien een hoog S-gehalte in alle bodemonsters is aangetroffen, ook bovenin, is aannemelijk dat dat veroorzaakt is door een S-houdende meststof (ammoniumsulfaat).

### 3.1.2 Pyriet

Voor sommige gebieden, zoals in 't Klooster (Van Beek et al., 2021), komt pyriet in de ondergrond voor, en zou pyriet ook een rol kunnen spelen bij de denitrificatie in de bovengrond. Daarom is zwavel bepaald in de grondmonsters, bodemvocht en in grondwater (Figuur 6). Denitrificatie in de diepe ondergrond en bemesting zorgen voor een verhoogde hardheid van het grondwater dat gebruikt wordt voor de productie van drinkwater. Het terugdringen van de hardheid van het drinkwater is een relevante kostenpost. Vandaar dat ook het Ca- en Mg-gehalte zijn bepaald. Opvallend zijn drie locaties (nr. 2, 13 en 14) met hoge extraheerbare zwavel(S)gehalten in bodemvocht en grondwater (zie Figuur 6). De gemiddelde S-concentratie in bodemvocht (17 mg S/L) en in grondwater wordt gegeven in Tabel 4. Aangezien er hoge S-gehalten in het bodemvocht van aerobe bodems gevonden wordt, is aannemelijk dat de hoge S-gehalten niet door pyrietoxidatie, maar door bemesting veroorzaakt worden.

De gemiddelde Ca- en Mg-concentraties, zonder locatie 2, 13 en 14, zijn heel goed vergelijkbaar met de concentraties die gevonden worden in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid voor het bovenste grondwater in zandgronden (Imm.rivm.nl; selectietool voor data over kwaliteit van uitspoelingswater en slootwater).

**Tabel 4** Hardheid bodemvocht en grondwater.

Locatie	Ca+Mg mmol/l	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	S (mg/l)
Fase 1 bodemvocht (excl. locatie 2, 13, 14) (n=158)	1,6	44	12	17
Fase 1 bovenste grondwater (excl. locatie 2, 13, 14) (n=41)	2,3	68	15	25
Fase 1 bodemvocht (locatie 2, 13, 14) (n=37)	4,0	113	28	107
Fase 1 bovenste grondwater (locatie 2, 13, 14) (n=3)	3,4	98	21	48
Fase 2 bodemvocht (n=150)	0,9	25	7	12
Fase 2 bovenste grondwater (n=50)	1,7	46	12	19
Bovenste grondwater zandgronden (LMM RIVM) (2019)*	1,8	52 ±36	12 ±19	18 ±12

\* 212 bedrijven, inclusief standaarddeviatie (Imm.rivm.nl).

## 3.2 Resultaten Fase 1

### 3.2.1 Overzicht bemonsterde locaties

Enkele aspecten over de bemonsterde locaties zijn kort weergegeven in Tabel 5. Hierin is te zien dat tien van de twintig boringen andere bodems laten zien dan op de kaart. De aangetroffen grondwatertrappen wijken bij een aantal locaties af van de kaart. Belangrijk voor het onderzoek is dat de bemonsterde combinaties steeds onderling vergelijkbaar zijn. Dat geldt voor de vetgedrukte combinaties in Tabel 5. De nitraatconcentraties bij de combinaties 1, 3, 8 en 10 zijn zoals de eerdere metingen (vetgedrukt) en voldoen aan de verwachtingen van het onderzoek: een locatie met een hoge en een locatie met een lage nitraatconcentratie. De nitraatconcentraties bij andere combinaties wijken af van de gemiddelde nitraatconcentraties die eerder gemeten zijn en laten niet de verwachte verschillen tussen de locaties binnen een paar zien.

Het nitraatresidu<sup>3</sup>, oftewel de hoeveelheid nitraat uitgedrukt per hectare, varieert van de rapportagegrens van 16 tot 85 kg N per ha, wat respectievelijk overeenkomt met de 20 en 90 percentielwaarde van de metingen in Vlaamse grasland (Noij & Ten Berge, 2019), maar de resultaten zijn niet goed vergelijkbaar, omdat het nitraatresidu in Vlaanderen in de periode van 1 oktober tot en met 15 november bemonsterd moet worden en in deze studie bemonsterd is op eind februari/begin maart. De nitraatresiduen zijn niet erg verschillend binnen de combinaties, behalve bij combinatie 3 (locatie 5 en 6) en 6 (locatie 11 en 12). Dat zou kunnen betekenen dat de andere combinaties vergelijkbaar zijn wat betreft N-bemesting en gewasopname en dat bemesting niet de verklaring is voor de grote verschillen in de nitraatconcentraties in grondwater.

**Tabel 5** Verwachting op basis van voorgaande metingen en huidige metingen (mg NO<sub>3</sub>/L). Vetgedrukt zijn de combinaties die voldoen aan de verwachtingen van het onderzoek.

Locatie	Combi-natie	Bodemtype op kaart	Gt 2006	Gemiddelde Nitraat (mg NO <sub>3</sub> /L)	Bodem boring	Gt	Nitraat (mg NO <sub>3</sub> /L)	Nitraat Residu (kg/ha) (0-90 cm)
Voorgaande metingen					Bemonstering 2020			
1	<b>1</b>	pZg23	IIIb	67	<b>Beekeerd</b>	<b>IIIb</b>	<b>147</b>	37
2		pZg23	IIIb	1	<b>Beekeerd</b>	<b>IIIb</b>	<b>0</b>	28
3	2	pZg23	Vb	66	Gooreerd	IVu	332	31
4		pZg23	Vb	7	Beekeerd	IIIb	169	42
5	<b>3</b>	cHn21	VI	100	<b>Gooreerd</b>	<b>IVu</b>	<b>68</b>	85
6		Hn21	VI	0	<b>Gooreerd</b>	<b>IVu</b>	<b>0</b>	16
7	4	Hn21	Vb	92	Veldpodzol	VIo	70	37
8		Hn21	Vb	2	Veldpodzol	VIo	55	49
9	5	Hn21	VI	1	Beekeerd	IVu	39	40
10		cHn21	VI	60	Gooreerd	Vbo	56	31
11	6	pZg23	IIIb	2	Beekeerd	IVu	218	72
12		pZg23	III	66	Beekeerd	IVu	34	22
13	7	pZg23	IIIb	116	Gooreerd	VIo	59	17
14		pZg23	IIIb	0	Beekeerd	IIIa	49	16
15	<b>8</b>	Rn95C	VI	59	<b>Poldervaaggrond</b>	VIo	<b>75</b>	35
16		Rn95C	VI	0	<b>Poldervaaggrond</b>	IIIa	<b>0</b>	17
17	9	Hn30	V/VI	56	Laarpodzol	<b>VIo</b>	42	16
18		Hn30	V/VI	15	Gooreerd	<b>VIo</b>	39	17
19	<b>10</b>	Zn21	Vb	64	<b>Beekeerd</b>	<b>Vbo</b>	<b>45</b>	22
20		Zn23	Vb	0	<b>Beekeerd</b>	<b>Vbo</b>	<b>6</b>	21

De vraag is of bij de onderzochte locaties denitrificatie optreedt. Een lage nitraatconcentratie op zichzelf hoeft geen indicatie te zijn voor denitrificatie, omdat de N-gift en de N-opname door gewas in evenwicht kunnen zijn geweest. Sterke reductie is er indien er Fe en Mn wordt aangetroffen in grondwater (zie Figuur 3): locatie 2 en 6, beide hebben ook geen nitraat in het grondwater. Een indicatie van denitrificatie wordt gekregen als de nitraatconcentratie afneemt als functie van de diepte en de nitraatconcentratie het laagst is in het grondwater. Daarvoor is het bodemvocht uit de grondmonsters geëxtraheerd en daarnaast is het nitraatgehalte bepaald (methode Eurofins-Agro) (Bijlage 1). Als we kijken naar de nitraatconcentraties in het bodemvocht van de bodemlagen en het grondwater, dan is er een sterke daling te zien bij locatie 2, 6, 12, 16 en 20 als functie van de diepte en zijn de nitraatconcentraties in het grondwater laag, wat sterk wijst op denitrificatie. Dit wordt geïllustreerd in Tabel 6, toegevoegd met een ( ↓ ) notatie.

<sup>3</sup> Berekend op basis van de bemonsterde lagen voor de laag 0-90 cm -mv. De rapportagegrens is 16 kg NO<sub>3</sub>-N per ha op basis van de rapportagegrens van 1,3 mg NO<sub>3</sub>-N per kg ds.

**Tabel 6** Nitraat in bodemvocht en grondwater (mg NO<sub>3</sub>/L) per bemonsterde locatie (<50 mg/L).

Combinatie	1		x	2		x	3		4		x	5	
Locatie	1	2		3	4		5	6	7	8		9	10
Laag 1	7	127		87			333	73	163	208		102	128
Laag 2	41	113		36			250	57	60	67		73	123
Laag 3	61	41		59	31		259	4	81	86		53	63
Laag 4	102	6		288	111		184	1	240	61		46	69
Grondwater	147	0*	*	332	169		68	0*	*	70	55	39	56

Combinatie	6		7		8		9		10	
Locatie	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Laag 1	191	174	25	8			63	198	168	15
Laag 2	142	56	7	25			20	22	79	86
Laag 3	131	42	6	30	44		44	30	30	73
Laag 4	173	38	13	20	46		72	40	29	30
Grondwater	218	34	*	59	49	75	0	*	42	39

\* sterk gereduceerd (op basis van [Fe]>0,5 mg/l en [Mn]>0,5 in grondwater).

Andere aanwijzingen voor denitrificatie kunnen de bodemvocht- of grondwateranalyses van HCO<sub>3</sub> en O<sub>2</sub> geven. Zo had locatie 2 de laagste O<sub>2</sub>-concentratie in grondwater (0,6 mg/l) en had locatie 2 meer HCO<sub>3</sub> (29 mg C/l) dan locatie 1 (6 mg/l), wat kan wijzen op afbraak van organische stof in de laag met grondwater. Een andere opvallende combinatie van profielen: bij combinatie 2 zijn de nitraatconcentraties in bijna alle bodemonsters en het grondwater hoog.

In het laboratorium is gemeten of een grondmonster het nitraat kan denitrificeren als de grond anaeroob wordt gemaakt (Bijlage 7). De D<sub>p</sub> is alleen bepaald van grondmonsters die soms onder water staan en dan mogelijk anaeroob zijn: laag 2, 3 en 4. De gemeten denitrificatiesnelheden variëren sterk en zijn het hoogste in laag 2 (0,01-5,5 mg N/kg ds./dag) en het laagst in laag 3 en 4 (0,01-0,4 mg N/kg ds./dag). Bij grondmonsters met minder dan 1% organische stof zijn alle potentiële denitrificatiesnelheden laag, en kleiner dan 0,5 mg N/kg/dag. De gemeten potentiële denitrificatiesnelheden hebben dezelfde ordegrrootte als die Zwart (2003) vond voor de ondergrond (aanhangsel 6 in Zwart, 2003).

De D<sub>p</sub> is bepaald onder specifieke omstandigheden (20°C, een overmaat nitraat, complete anaerobie) en omdat onbekend is hoe lang anaerobe omstandigheden zich voordoen in het veld, kan de laboratoriummeting niet geëxtrapoleerd worden naar veldomstandigheden. Het geeft een maat van de maximale snelheid. De betekenis van een gemeten D<sub>p</sub> van 0,05 mg N/kg ds. per dag kan verduidelijkt worden door het uit te drukken per liter vocht: bij 20% vocht is 0,05 mg N/kg ds./dag gelijk aan 0,25 mg N/L/dag in bodemvocht. Bij anaerobe omstandigheden gedurende één maand (30 dagen) is dat dus 7,5 mg N/L of 31 mg NO<sub>3</sub>/L. Enigszins arbitrair wordt in dit rapport aangenomen dat een concentratie lager dan 0,25 mg N/L/dag weinig bijdraagt aan een relevante daling van nitraat in grondwater.

Tabel 7 geeft de nitraatconcentraties en de parameters die mogelijk een verklaring bieden voor de verschillen tussen de profielen per combinatie. De meest voor de hand liggende verklaring is dat de grondwatertrap dan wel hetzelfde is voor de twee bemonsterde profielen, maar dat de grondwaterstand toch heel anders is. Een andere parameter die vaak gerelateerd wordt aan denitrificatie is de aanwezigheid van opgeloste organische stof (DOC) en bodemorganische stof.

### 3.2.2 Bespreking per combinatie

Allereerst worden de combinaties uit Tabel 7 besproken waar duidelijke verschillen te zien zijn, zoals was verwacht op basis van de planning (Tabel 1): combinaties: **1, 3, 6, 8 en 10**. Bij combinatie **1** (locatie 1 en 2) heeft locatie 1 een hoge concentratie nitraat in het grondwater, terwijl er zich op locatie 2 geen nitraat in het grondwater bevindt. Zoals eerder te zien was in Tabel 5, hebben locatie 1 en 2 beide dezelfde grondwatertrap op kaart (Gt III) en betreft het beide bekeerdgronden. De zeer lage nitraatconcentratie in het grondwater van locatie 2 en de verder hoge nitraatconcentraties in bodemvocht, suggereren duidelijk denitrificatie. De D<sub>p</sub> in laag 3 en 4 is echter laag, wat suggereert dat denitrificatie heeft plaatsgevonden bij een hogere grondwaterstand in laag 1 of 2. De zeer lage nitraatconcentraties in laag 1 bevestigen dat voor



locatie 1. De vraag is nu of de denitrificatie die de lage nitraatconcentratie in het grondwater van locatie 2 bepaalt, voorspeld kan worden aan de hand van de gemeten bodemeigenschappen.

Bij locatie 1 t.o.v. 2 zijn geen opvallende verschillen te zien aan de grondwaterstand, DOC-concentratie, of bodem-organischestofgehalte. Het enige verschil is dat in de profielbeschrijving van locatie 2 genoteerd is dat in alle lagen van 25 tot 150 cm -mv brokjes organische stof of takjes zitten (Bijlage 5). Van alle data blijft dus alleen die laatste observatie over die kan helpen om het grote verschil in nitraat tussen locatie 1 en 2 te verklaren.

**Tabel 7** Nitraatconcentraties<sup>1</sup> per bemonsterde combinatie, geselecteerde indicaties voor denitrificatie: bemonsterde lagen (grijs=grondwaterstand)<sup>2</sup>, DOC, organische stof, lutum, profieleigenschappen) en potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$ )<sup>3</sup>.

Combinatie 1		Nitraat (mg/L)		Bemonsterde laag (cm -mv)		DOC (mg/L)		Organische stof (%)		lutum (%)		Profiel- beschrijving		$D_p$ (mg N/L/dag)	
Locatie		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2
Laag 1		7	127	0-25	0-25	46	64	3.6	2.3	1	2				
Laag 2		41	113	0-30	15-35	81	52	3	1.5	1	3			3.6	1.0
Laag 3		61	41	30-60	35-65	44	26	0.6	0.7	1	2	Brokjes		0.12	0.23
Laag 4		102	6	60-90	65-100	41	31	0.4	0.6	1	2	Takjes		0.05	0.12
Grondwater		147	0*	>30	>57	17	18					Takjes			

Combinatie 2		Nitraat (mg/L)		Bemonsterde laag (cm -mv)		DOC (mg/L)		Organische stof (%)		lutum (%)		Profiel- beschrijving		$D_p$ (mg N/L/dag)	
Locatie		3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Laag 1		87		0-25	0-25	60		2.8	3.1	1	11				
Laag 2		36		30-50	15-35	74		0.5	1.9	1	7			0.3	4.3
Laag 3		59	31	50-80	35-60	268	50	0.5	0.5	1	2			0.03	2.1
Laag 4		288	111	80-120	60-95	34	19	0.4	0.6	1	1	Houtresten		0.05	1.5
Grondwater		332	169	>61	>75	16	8								

Combinatie 3		Nitraat (mg/L)		Bemonsterde laag (cm -mv)		DOC (mg/L)		Organische stof (%)		lutum (%)		Profiel- beschrijving		$D_p$ (mg N/L/dag)	
Locatie		5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
Laag 1		333	73	0-30	0-25	185	53	4.2	2.7	1	2				
Laag 2		250	57	35-55	25-45	245	37	1.1	1.7	1	1	Brokjes		4.3	7.2
Laag 3		259	4	55-85	45-75	189	26	0.6	1.1	1	1	Vlekjes	Org stof	0.76	0.98
Laag 4		184	1	85-115	75-100	78	57	0.6	1.1	1	1	Hout		0.1	0.2
Grondwater		68	0*	>79	>50	31	42								

Combinatie 4		Nitraat (mg/L)		Bemonsterde laag (cm -mv)		DOC (mg/L)		Organische stof (%)		lutum (%)		Profiel- beschrijving		$D_p$ (mg N/L/dag)	
Locatie		7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8
Laag 1		163	208	0-25	0-20	73	50	4.9	4.1	1	2				
Laag 2		60	67	50-70	40-60	110	122	1.1	3.1	1	4			0.16	
Laag 3		81	86	70-110	60-95	66	39	0.9	1.1	1	2			0.12	0.07
Laag 4		240	61	110-135	95-130	34	42	0.5	1.1	2	3				0.03
Grondwater		70	55	>87	>67	45	19								

Combinatie 5		Nitraat (mg/L)		Bemonsterde laag (cm -mv)		DOC (mg/L)		Organische stof (%)		lutum (%)		Profiel- beschrijving		$D_p$ (mg N/L/dag)	
Locatie		9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10
Laag 1		102	128	0-40	0-30	58	74	2.6	2.9	1	2				
Laag 2		73	123	20-40	10-30	51	74	2	2.3	1	1	Bandjes		7.7	2.4
Laag 3		53	63	40-70	30-75	25	88	0.5	1.1	1	2	Hout		0.2	0.12
Laag 4		46	69	70-110	75-120	24	52	0.5	0.7	2	1	Org stof	Houtresten	0.06	
Grondwater		39	56	>55	>41	10	21								

\* sterk gereduceerd grondwater (op basis van Fe>0,5 en Mn>0,5 mg/l in grondwater).

1 in lichtgrijs: de nitraatconcentraties lager dan 25 mg/l.

2 in donkergrijs: de natte lagen.

3 in grijs: waarden groter dan 0,25 mg N/L/dag én beneden grondwaterstand.

Bij combinatie 3 (locatie 5 en 6) heeft locatie 5 een hoge nitraatconcentratie, terwijl op locatie 6 een lage nitraatconcentratie in grondwater is aangetroffen. De lage nitraatconcentratie op locatie 6 is een duidelijke

aanwijzing voor denitrificatie. Behalve de relatief hoge DOC-concentraties bij locatie 5 zijn er geen indicaties voor verschillen in denitrificatie tussen beide profielen. Ook hier zijn er verschillen in de profielbeschrijving tussen 5 en 6. Bij profiel 6 is voor de drie diepe lagen genoteerd: "organische stof brokje omgezet", "organische stof evt. verwerkt" en "organische stof houtresten evt. verwerkt", die duiden op materialen met potentie voor denitrificatie. Echter, beide locaties hebben een vergelijkbare potentiële denitrificatiesnelheid, zodat alleen maar geconcludeerd kan worden dat om onbekende reden bij locatie 5 geen en bij locatie 6 wel denitrificatie is opgetreden.

Vervolg van **Tabel 7**.

Combinatie 6		Bemonsterde laag		DOC		Organische stof(%)		Lutum (%)		Profiel-beschrijving		D <sub>p</sub> (mg N/L/dag)	
		Nitraat (mg/L)		(cm- mv)		(mg/L)		(%)					
		11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
Laag 1		191	174	0-30	0-25	43	66	3.6	4.2	2	1		
Laag 2		142	56	20-40	35-55	47	65	2.1	1.1	5	1	1.4	0.1
Laag 3		131	42	40-75	55-85	32	59	0.5	0.5	1	1	0.26	1.1
Laag 4		173	38	75-110	85-115	30	48	0.5	0.5	1	2	0.03	0.08
Grondwater		218	34	>45	>83	13	22						

Combinatie 7													
		13	14	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14
Laag 1		25	8	0-25	0-25	130	125	4.9	2.8	1	6		
Laag 2		7	25	10-30	30-50	953	55	5.2	2.1	1	5	0.6	5.7
Laag 3		6	30	30-75	50-95	584	45	0.8	1.3	1	4	1.8	
Laag 4		13	20	75-120	95-140	29	23	0.5	0.4	1	2	0.06	0.15
Grondwater		59	49	>75	>45	21	10						

Combinatie 8													
		15	16	15	16	15	16	15	16	15	16	15	16
Laag 1				0-25	0-25			4.1	2.6	21	18		
Laag 2				40-60	5-25			1.9	2.6	32	18	0.1	29.4
Laag 3	44			60-105	25-55	43		1.2	1.3	23	21	0.06	1.7
Laag 4	46			105-150	55-90	29		0.5	1.3	4	22	0.13	1.9
Grondwater	75	0		>135	>15	4	9						

Combinatie 9													
		17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18
Laag 1		63	198	0-45	0-30	63	46	5.2	4.5	1	3		
Laag 2		20	22	60-80	40-60	111	89	1.2	1.5	2	2		0.16
Laag 3		44	30	80-120	60-110	38	53	0.6	1	2	2	0.12	0.09
Laag 4		72	40	120-150	110-130	23	64	0.6	0.7	2	2	0.06	0.10
Grondwater		42	39	>120	>85	12	27						

Combinatie 10													
		19	20	19	20	19	20	19	20	19	20	19	20
Laag 1		168	15	0-25	0-25	39	41	4.4	3.5	4	5		
Laag 2		79	86	15-35	5-25	81	53	3.7	3.4	4	5	9	11
Laag 3		30	73	35-80	25-80	34	74	0.6	1.4	8	4	0.18	0.16
Laag 4		29	30	80-130	80-130	23	24	0.5	0.6	4	5	0.05	0.01
Grondwater		45	6	>38	>27	15	8						

1 in lichtgrijs: de nitraatconcentraties lager dan 25 mg/L.

2 in donkergrijs: de natte lagen.

3 in grijs: waarden groter dan 0,25 mg N/L/dag én beneden grondwaterstand.

Bij combinatie 6 (locatie 11 en 12) heeft locatie 11 een hoge (218 mg/l) en locatie 12 een lagere nitraatconcentratie (34 mg/l), maar in voorgaande jaren had locatie 11 heel lage nitraatconcentraties. Laag 2 van locatie 11 heeft een hogere D<sub>p</sub>, maar het grondwater stond tijdens de bemonstering niet hoog, zodat dat niet hoeft te leiden tot denitrificatie in 2020, maar mogelijk wel in de voorgaande jaren.

Bij combinatie **8** (locatie 15 en 16) heeft locatie 15 een hoge nitraatconcentratie, terwijl nitraat bij locatie 16 afwezig is in het grondwater. In tegenstelling tot andere bemonsterde locaties betreft het hier rivierklei. De afwezigheid van nitraat in grondwater op locatie 6 is een duidelijke aanwijzing voor denitrificatie. De hoge actuele grondwaterstand bij bemonstering op locatie 16 en de lage op locatie 15 zou de verschillen kunnen verklaren en ook de Gt zoals opgetekend bij de bemonstering (Gt op kaart) was voor beide locaties hetzelfde. De onderste laag van locatie 16 heeft een hoger organischestofgehalte (1,3%) dan locatie 15 (0,5%), wat mogelijk de verschillen in denitrificatie kan verklaren. Opvallend verschil is ook hier de profielbeschrijving waarin melding gemaakt wordt van 'houtresten' in de onderste laag van het bodemprofiel. Heel opvallend is de hoge  $D_p$  op locatie 16 t.o.v. 15. Dit alles suggereert dat de bodemorganische stof (de 'houtresten') op locatie 16 zorgt voor lage nitraatconcentraties in grondwater.

Bij combinatie **10** (locatie 19 en 20) heeft locatie 19 een gemiddelde en locatie 20 een lage nitraatconcentratie (6 mg/L) in grondwater. De lage nitraatconcentratie is een aanwijzing voor denitrificatie. Aan de hand van de DOC, organische stof of de profielbeschrijving is echter geen aanwijzing te vinden voor denitrificatie. De  $D_p$  van laag 3 en 4 is laag.

De combinaties **2, 4, 5, 7 en 9** (Tabel 6 en Tabel 7) hebben weinig verschillen tussen de nitraatconcentraties, in tegenstelling tot de planning van het onderzoek (Tabel 5). Bij combinatie **2** is te zien dat locatie 3 en 4 op elkaar lijken wat betreft organische stof en nitraat in bodemvocht. De potentiële denitrificatie ( $D_p$ ) in profiel 4 is echter veel ( $>10\times$ ) hoger dan in profiel 3. Dit wijst op een capaciteit voor afbraak van nitraat, die mogelijk heeft geleid tot het grote verschil in nitraatconcentraties in voorgaande jaren (Tabel 5: 66 en 7 mg/L) en die mogelijk onvoldoende is bij hele hoge nitraatconcentraties (169 mg/L nitraat in grondwater, locatie 4, zie Tabel 7). Bij combinatie **7** is, net als bij combinatie 2, te zien dat één locatie (nr. 14) een veel hogere  $D_p$  (Tabel 7) heeft dan de andere locatie (nr. 13). Ook hier kan dat hebben geleid tot het grote verschil in nitraatconcentraties in voorgaande jaren (Tabel 5: 116 en 0 mg/L).

Bij combinatie **4, 5 en 9** zijn weinig verschillen tussen de nitraatconcentraties in bodemvocht en grondwater en ook weinig verschillen bij andere parameters. Desondanks waren er verschillen in voorgaande jaren. Mogelijk worden de verschillen niet veroorzaakt door denitrificatie, maar teelt en bemesting. Bij combinatie **4** en **5** werd er mais geteeld bij de locaties (nr. 7 en nr. 10) met hoge nitraatconcentraties in 2018 en gras op de locaties met de lage nitraatconcentraties (nr. 8 en 9). Bij combinatie 9 werd op beide locaties gras geteeld in 2018 en 2019 en waren de verschillen in voorgaande jaren ook kleiner (56 en 15 mg/L nitraat) dan bij andere combinaties.

Zoals in **Tabel 7** vermeld, vallen de potentiële denitrificatiesnelheden van een aantal bodemprofielen op, met name bij combinatie 2, 7 en 8: locatie 4 t.o.v. 3, 14 t.o.v. 13 en 16 t.o.v. 15. Daarbij correleren de snelheden niet met opgeloste organische stof (DOC) in bodemvocht of organische stof. Nadere vergelijking met de bodemanalyses (0) laat geen correlatie zien met gehalten aan N, K, P, S, Mg, Ca, Na, kalk, pH, maar wel een correlatie met het lutumgehalte.

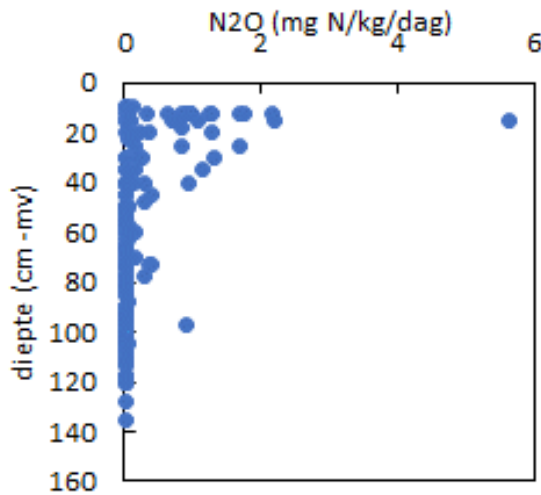
### 3.2.3 Herbemonstering in fase 1

In juli/augustus zijn zes locaties opnieuw bemonsterd: 3, 4, 6, 12, 13 en 14. Dat zijn ten dele locaties die een opvallend hoge  $D_p$  hebben in Tabel 7: hoger dan 0,25 mg N/L/dag. Bij de herbemonstering zijn vier boringen per perceel gedaan. In Tabel 8 staan de nitraatconcentraties uit de eerste en de tweede bemonstering. Door afbraak en bemesting zijn de nitraatconcentraties van de bemonsterde bodemlagen veel hoger bij de tweede bemonstering dan bij de eerste (Tabel 8). In het grondwater zijn de nitraatconcentraties juist lager of gelijk aan de tweede bemonstering i.p.v. aan de eerste bemonstering. Door de droogte in de zomer van 2020 kon nauwelijks of geen uitspoeling plaatsvinden van laag 1 t/m 4 naar het grondwater. Het grondwater bij de eerste bemonstering stond veel hoger dan bij de tweede (zie Figuur 14) en is dus niet vergelijkbaar met het grondwater uit de tweede bemonstering.

Een lage nitraatconcentratie in het grondwater ( $< 25$  mg  $\text{NO}_3/\text{L}$ ) en een lagere nitraatconcentratie dan in februari en maart, zijn een indicatie voor denitrificatie in alle zes percelen. Denitrificatie kan alleen plaatsvinden als de grond nat is (geen zuurstof) en er een bepaalde afbreekbare vorm van organische stof

aanwezig is. Alhoewel denitrificatie in alle zes percelen in enige mate of sterk lijkt plaats te vinden, is de vraag welke bodemeigenschappen hiervoor een indicatie bieden.

De tweede bemonstering geeft potentiële denitrificatiesnelheden die, zoals verwacht, het hoogst in laag 1 zijn en het laagst in laag 4 (zie ook Figuur 8). Dat komt doordat verse afbreekbare organische stof grotendeels van boven wordt aangevoerd. Laag 1 heeft een  $D_p$  van 1 à 20 mg N/L/dag, terwijl de lager gelegen lagen een snelheid van <1 mg N/L/dag hebben. De hoge snelheid in laag 1 is niet zo relevant, omdat die laag meestal zuurstof bevat en er dus geen denitrificatie optreedt. Een snelheid van 0,5 mg N/L/dag kan in 20 dagen natte omstandigheden leiden tot een relevante daling van 10 mg/L nitraat.



**Figuur 8** Potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$  in mg N/kg/dag) als functie van de gemiddelde diepte van de bemonsteringsdiepte (cm onder maaiveld).

Een uitzondering is locatie 14 waar laag 2 (een relatief ondiep monster) een hogere snelheid heeft dan laag 1 en de  $D_p$  van laag 2 vergelijkbaar hoog is bij de 1<sup>e</sup> en de 2<sup>e</sup> bemonstering. Locatie 14 heeft een diep bewerkt profiel waarbij grond uit verschillende lagen gemengd is.

**Tabel 8** Nitraatconcentraties bij eerste en tweede bemonstering (fase 1), en geselecteerde indicatoren.<sup>1</sup> De data bij de tweede bemonstering zijn het gemiddelde van vier monsters (inclusief ± standaarddeviatie).

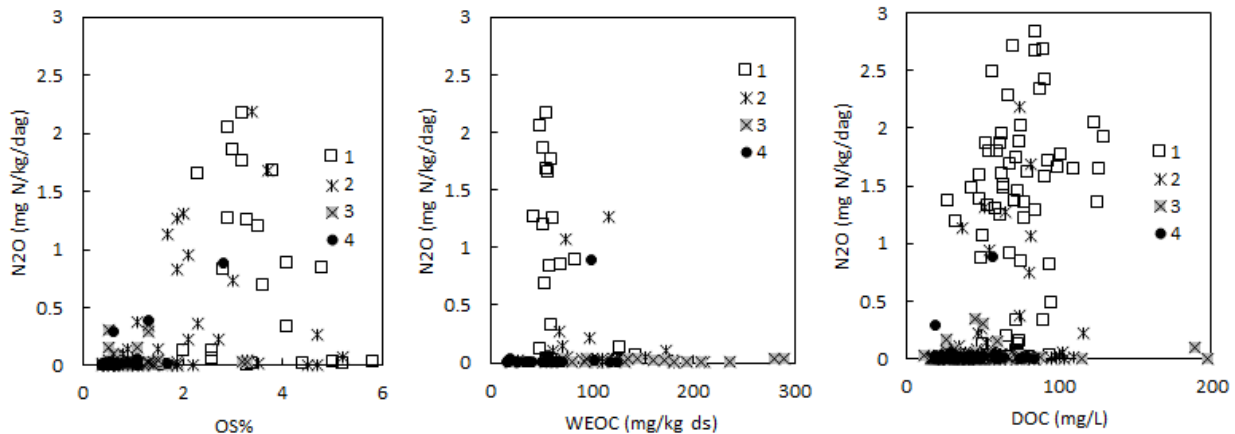
Locatie 3	Nitraat <sup>1</sup> (mg/L)		Bemonsterde laag (cm -mv)		DOC (mg/L)		Organische stof (%)		Iutum (%)		Profiel- beschrijving		D <sub>p</sub> (mg N/L/dag)	
	1e	2e	1e	2e	1e	2e	1e	2e	1e	2e	1e	2e	1e	2e
Laag 1	87	205 ± 45	0-25	0-25	60	96 ± 26	2.8	2.9 ± 0.4	1	1 ± 1				9.5
Laag 2	36	408 ± 136	30-50	31-51	74	35 ± 3	0.5	0.7 ± 0.1	1	1 ± 0			0.29	0.5
Laag 3	59	248 ± 54	50-80	51-90	268	42 ± 28	0.5	0.7 ± 0.1	1	1 ± 0	3x org stof		0.03	0.09
Laag 4	288	152 ± 13	80-120	90-128	34	40 ± 4	0.4	0.7 ± 0.3	1	1 ± 1	2x houtr.		0.05	0.04
Grondwater	332	183 ± 18	>61	>118	16	26 ± 5								
<b>Locatie 4</b>														
Laag 1		79	0-25	0-26		50	3.1	3.2 ± 0.7	11	6 ± 3				6.0
Laag 2		235 ± 153	15-35	23-43		32 ± 9	1.9	1.3 ± 0.5	7	4 ± 1			4.3	0.7
Laag 3	31	139 ± 113	35-60	43-75	50	21 ± 4	0.5	0.7 ± 0.4	2	1 ± 1			2.1	0.11
Laag 4	111	56 ± 62	60-95	75-108	19	22 ± 7	0.6	0.6 ± 0.2	1	1 ± 0	Houtr.	2x houtr.	1.5	0.07
Grondwater	169	76 ± 30	>75	>100	8	10 ± 3								
<b>Locatie 6</b>														
Laag 1	73	265 ± 130	0-25	0-25	53	69 ± 3	2.7	3.7 ± 0.3	2	1 ± 0				5.2
Laag 2	57	330 ± 183	25-45	30-50	37	30 ± 2	1.7	1.4 ± 0.8	1	2 ± 1	Brokjes		7.2	0.1
Laag 3	4	231 ± 178	45-75	50-83	26	33 ± 18	1.1	0.8 ± 0.3	1	1 ± 1		1x org stof	0.98	0.05
Laag 4	1	35 ± 24	75-100	83-115	57	56 ± 14	1.1	0.5 ± 0.1	1	1 ± 0	Houtr.	2x org stof	0.2	0.03
Grondwater	0*	29 ± 20* <sup>1</sup>	>50	>100	42	36 ± 11								
<b>Locatie 12</b>														
Laag 1	174		0-25	0-25	66		4.2	3.2 ± 0.3	1	1 ± 1				21
Laag 2	56	178 ± 150	35-55	38-58	65	73 ± 20	1.1	1.5 ± 1.2	1	2 ± 1			0.1	1.0
Laag 3	42	61 ± 32	55-85	58-98	59	99 ± 66	0.5	0.6 ± 0.1	1	1 ± 1			1.1	0.13
Laag 4	38	49 ± 38	85-115	98-138	48	63 ± 21	0.5	0.5 ± 0.1	2	1 ± 0		1x os/houtr.	0.08	0.04
Grondwater	34	40 ± 38* <sup>1</sup>	>83	>125	22	33 ± 5								
<b>Locatie 13</b>														
Laag 1	25	139 ± 30	0-25	0-38	130	61 ± 15	4.9	5.2 ± 0.4	1	3 ± 1				1.48
Laag 2	7	78 ± 21	10-30	26-46	953	53 ± 13	5.2	4.4 ± 0.6	1	3 ± 2			0.6	0.5
Laag 3	6	20 ± 6	30-75	46-90	584	64 ± 35	0.8	1.4 ± 0.4	1	3 ± 1		2x laag 1		0.14
Laag 4	13	41 ± 34	75-120	90-135	29	47 ± 9	0.5	0.5 ± 0.1	1	1 ± 0		4x houtr.	0.06	0.09
Grondwater	59	58 ± 87	>75	>145	21	25 ± 7								
<b>Locatie 14</b>														
Laag 1	8	145 ± 47	0-25	0-21	125	80 ± 10	2.8	2.7 ± 1.2	6	4 ± 1				0.47
Laag 2	25	122 ± 46	30-50	8-28	55	80 ± 25	2.1	6 ± 7.7	5	4 ± 1			5.7	5.0
Laag 3	30	75 ± 31	50-95	28-78	45	47 ± 8	1.3	2.3 ± 1.1	4	5 ± 3	Takjes		1.8	0.15
Laag 4	20	34 ± 33	95-140	78-125	23	41 ± 14	0.4	1.5 ± 1	2	3 ± 2			0.15	0.97
Grondwater	49	15 ± 29* <sup>3</sup>	>45	>127	10	17 ± 9	2.8							

<sup>1</sup> in grijs: de nitraatconcentraties lager dan 50 mg/L. <sup>2</sup> in grijs: de natte lagen. <sup>3</sup> in grijs: waarden groter dan 0,25 mg N/L/dag én beneden grondwaterstand. \*(n=aantal buizen) gereduceerd grondwater (op basis van Fe>0,5 en Mn>0,5 mg/L).



### 3.2.4 Bepaling potentiële denitrificatie via eenvoudige laboratoriumanalyse

Een hoge meting voor de  $D_p$  lijkt bij een aantal locaties een goede indicator voor lage nitraatconcentraties in grondwater. Afbreekbare organische stof (Zwart, 2003), opgeloste organische stof (Bijah-Singh et al., 1988) en extraheerbare organische stof (Surey et al., 2020) zijn gesuggereerd als eenvoudig meetbare variabelen die een goede voorspelling zouden kunnen geven van de potentiële denitrificatiesnelheid.



**Figuur 9** Per bodemlaag (1 t/m 4) de potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$  in mg N/kg/dag) in relatie tot eenvoudige laboratoriummetingen: bodemorganische stof (OS%), water-extractable organic carbon (WEOC) en opgeloste organische koolstof in bodemvocht (DOC).

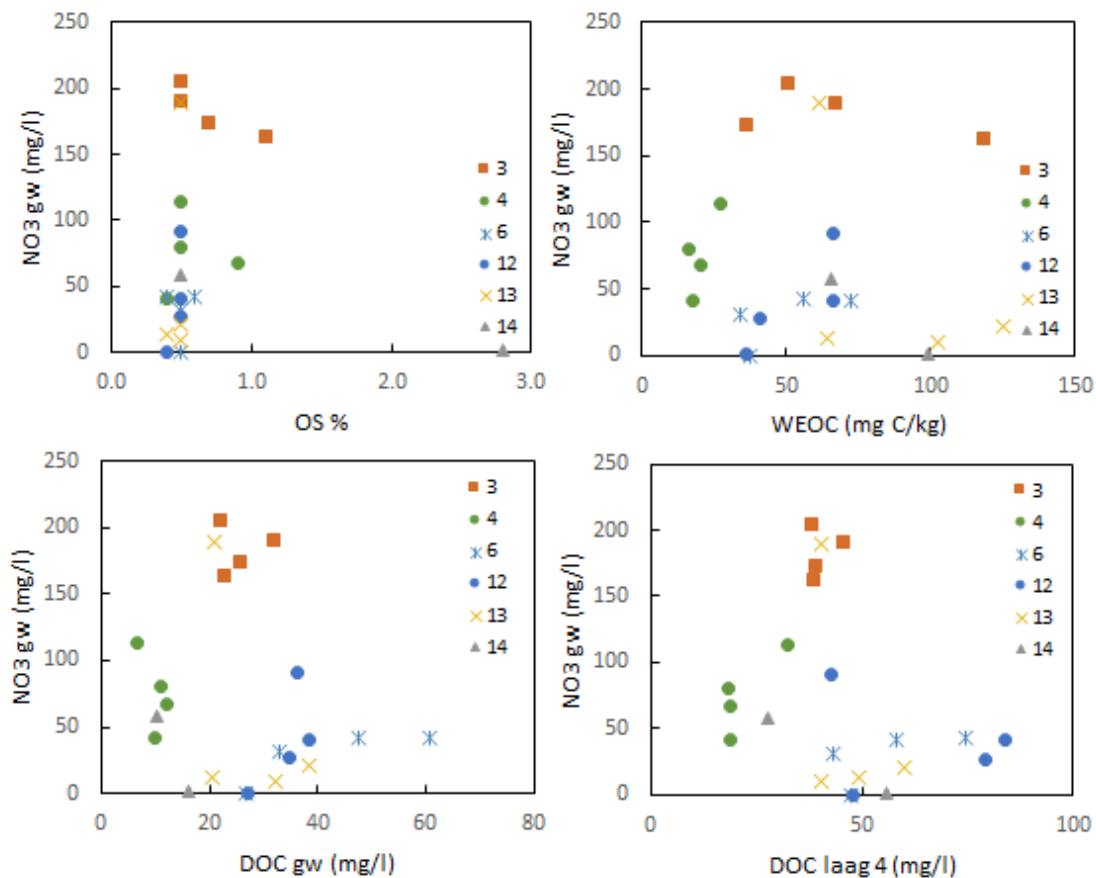
Uit bovenstaande figuur blijkt dat – in tegenstelling tot de vaak genoemde methoden – de eenvoudige metingen geen goede voorspelling bieden voor de bodemonsters uit de praktijk. De eerdergenoemde onderzoeken van Bijah-Singh et al. (1998) (0-5 cm) en Surey et al. (2020) (0-30 cm) betroffen alleen bovengronden, maar ook laag 1 (zie Figuur 9) laat geen relatie zien tussen  $D_p$  en organische stof, WEOC of DOC.

### 3.2.5 Herhaalde metingen per perceel in juli/aug 2020

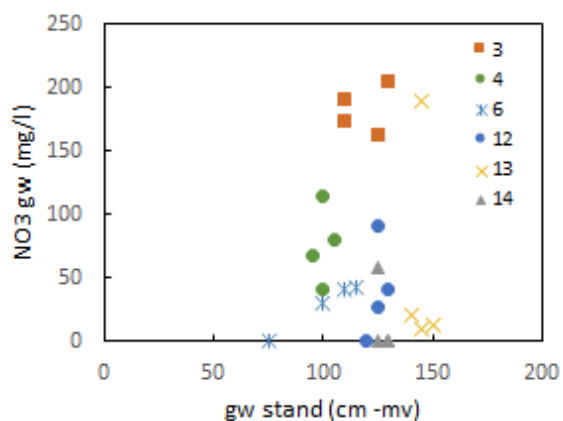
De herhaalde metingen zijn te beschouwen als vier bemonsteringsplekken in steeds hetzelfde bodemtype en grondwatertrap. Als een van de indicatoren gerelateerd is aan de nitraatconcentratie in grondwater, dan is de verwachting dat dat ook binnen een perceel te zien is. Bij de meeste locaties is de variatie groot tussen de nitraatconcentraties in de vier buizen (Figuur 10):

- locatie 3: nitraat in vier buizen tussen 163 en 205 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$ .
- locatie 4: nitraat in vier buizen varieert tussen 41 en 114 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$ .
- locatie 6: één buis met <1 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$ , bij de andere drie  $[\text{NO}_3]$  tussen 31 en 42 mg/L.
- locatie 12: één buis met <1 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$ , bij de andere drie  $[\text{NO}_3]$  tussen 27 en 91 mg/L.
- locatie 13: één buis met 189 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$ , bij de andere drie  $[\text{NO}_3]$  <21 mg/L.
- locatie 14: één buis met 58 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$ , bij de andere drie  $[\text{NO}_3]$  <1 mg/L.

In Figuur 10 is te zien dat geen van de bodemanalyses een relatie heeft met de nitraatconcentratie in grondwater.



**Figuur 10** Nitraatconcentratie in grondwater in vier buizen in zes percelen in relatie tot laboratoriummetingen in de onderste bodemlaag (laag 4) of grondwater: bodemorganische stof (OS%), water-extractable organic carbon (WEOC) en opgeloste organische koolstof in bodemvocht (DOC).



**Figuur 11** Nitraatconcentratie in grondwater in vier buizen in zes percelen in relatie tot eenvoudige indicatoren: grondwaterstand en laag-informatie (schatting organische stof, en opmerkingen).

### 3.2.6 Bodemprofielen

Naast de laboratoriumanalyse zijn door de veldmedewerkers ook de eigenschappen van de bodemprofielen beschreven.

De veldwerker noteert organische stof van elke te onderscheiden bodemlaag, terwijl voor de laboratoriumanalyses het bodemprofiel in vier bodemlagen is verdeeld. Bij locatie 6 is er verband tussen de grondwaterstand en de nitraatconcentratie in grondwater. Bij de andere locaties ontbreekt zo'n eenvoudig

verband. Er is bovendien een relatie tussen organische stof, zoals genoteerd door de veldwerker, en nitraat in grondwater. De buis met de laagste nitraatconcentratie heeft niet alleen de hoogste grondwaterstand (Figuur 11), maar ook een toename in organische stof nabij grondwaterstand (locatie 6). Bij de andere locaties levert het gedetailleerde beeld van organischestofgehalte als functie van de diepte, zoals genoteerd door de veldwerker, geen relatie met nitraat in grondwater. Naast organischestofgehalte is ook gekeken naar de opmerkingen over organische stof/houtresten.

**Tabel 9** Nitraatconcentratie, gemeten in vier grondwaterbuizen, in relatie tot veldobservaties over organischestofgehalte en houtresten.

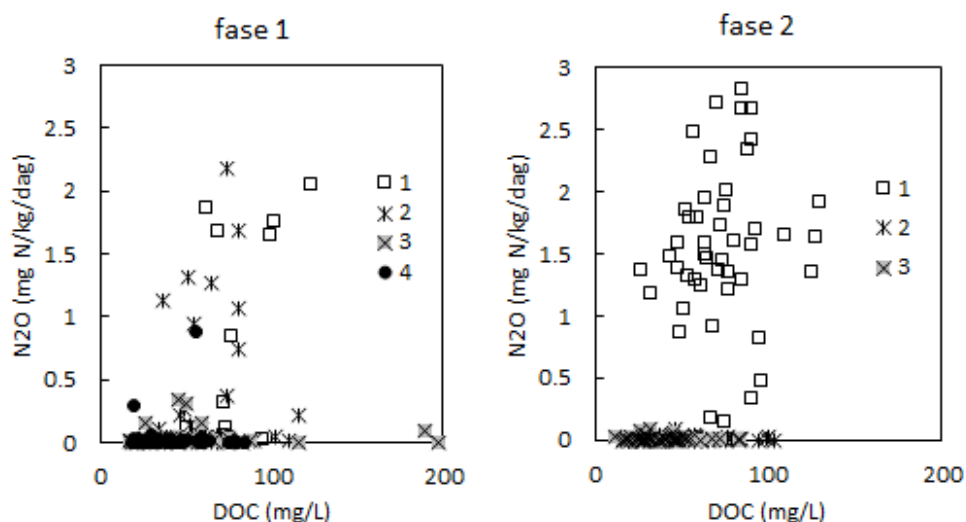
Locatie	Nitraat in grondwater	Organische Stof	Grondwater Stand (Figuur 11)	Veldobservaties over org stof/houtresten	Is veldobservatie een indicator voor denitrificatie?
		Is er relatie met nitraat?	Is er relatie met nitraat?		
3	163<[NO3] 205 mg NO3/L	Nee	Nee	Elke boring heeft opmerkingen over houtresten/org stof	Nee
4	41<[NO3] 114 mg NO3/L	Nee	Nee	Boring met laagste NO3 heeft opmerking over org stof onderin profiel	Org stof
6	1x [NO3] <1 mg NO3/L, 3x 31<[NO3]< 42 mg/l	Nee	Ja	Laagste NO3 heeft opmerking over org stof onderin profiel	Org. stof en gw
12	1x [NO3]<1 mg NO3/L, 3x 27<[NO3]<91 mg/l	Nee	Nee	12.1 heeft laagste NO3, en 12.3 de hoogste maar opmerking over org stof staat alleen bij 12.3	Nee
13	1x [NO3]=189 mg NO3/L, 3x [NO3] <21 mg/l	Nee	Nee	Ondanks opvallende [NO3] hebben alle 4 boringen opmerkingen over houtresten	Nee
14	1x [NO3]=58 mg NO3/L, 3x [NO3] <1 mg/l	Nee	Nee	Geen	Nee

Op basis van de veldkenmerken kan geen verklaring gevonden worden voor de verschillen in nitraatconcentratie tussen de vier buizen per locatie (Tabel 9). Alleen bij locatie 6 is er een goede relatie tussen grondwaterstand en nitraat.

### 3.3 Resultaten Fase 2

#### 3.3.1 Potentiële denitrificatiesnelheid

Gekeken wordt of de potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$ ) van de bodemlagen een relatie heeft met de gevonden nitraatconcentraties. Opvallend is dat bij de vijftig bemonsterde locaties in fase 2 (2021) de  $D_p$  bij bodemlaag 2 en 3 steeds zeer laag is, terwijl in de eerste fase van het onderzoek (2020) wel bodems bemonsterd zijn met relatief hoge denitrificatiesnelheden in de ondergrond (dieper dan 25 cm -mv). Voor de bovenste bodemlaag (laag 1) wordt in fase 1 en 2 een grote variatie gevonden voor de  $D_p$  (0,1 à 2,8 mg N/kg/dag), terwijl de organischestofgehalten van de bovengrond weinig varieert (min. en max. 3,5 en 4,8% organische stof).



**Figuur 12** De potentiële denitrificatiesnelheid (mg N/kg/dag) in relatie tot DOC in fase 1 en 2 voor bodemlaag 1, 2 en 3.

Er is in fase 2 specifiek bemonsterd bij elf locaties waar volgens Stichting HOEduurzaam extra biomassa is toegepast (houtschors, bermmaaisel of gescheiden dikke fractie van digestaat). Deze extra organische stof zou kunnen leiden tot een hogere potentiële denitrificatiesnelheid in de bovengrond en daarmee mogelijk tot lagere nitraatconcentraties in het grondwater. De metingen laten echter geen significant verschil zien tussen de twee groepen grondmonsters, en ook geen effect op nitraat in grondwater (zie Tabel 10).

**Tabel 10** Effect van extra biomassa op nitraat in grondwater, en potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$ ) ( $\pm$ standaarddeviatie).

Groep	Locaties	Nitraat in grondwater mg NO <sub>3</sub> /L	$D_p$ mg N/kg/dag (bovengrond)
A	11 locaties met extra biomassa	93 ( $\pm$ 67)	1,4 ( $\pm$ 0,7)
B	39 locaties zonder extra biomassa	69 ( $\pm$ 62)	1,7 ( $\pm$ 0,7)

### 3.3.2 Nitraatconcentratie verklaren op basis van bodemeigenschappen

In fase 2 zijn vijftig locaties bemonsterd. Op basis van fase 1 wordt verwacht dat nitraat in grondwater mogelijk verklaard kan worden op basis van eenvoudige bodemeigenschappen (o.a. grondwatertrap) én de  $D_p$ . De gemiddelde  $D_p$  van laag 2 en 3 is bij de vijftig locaties laag (Tabel 11). In fase 1 is bij enkele locaties de  $D_p$  ook hoog bij laag 2, 3 en 4 (zie maxima in Tabel 11). In fase 2 wordt bij geen enkel grondmonster uit laag 2 en 3 een relevante  $D_p$  gevonden.

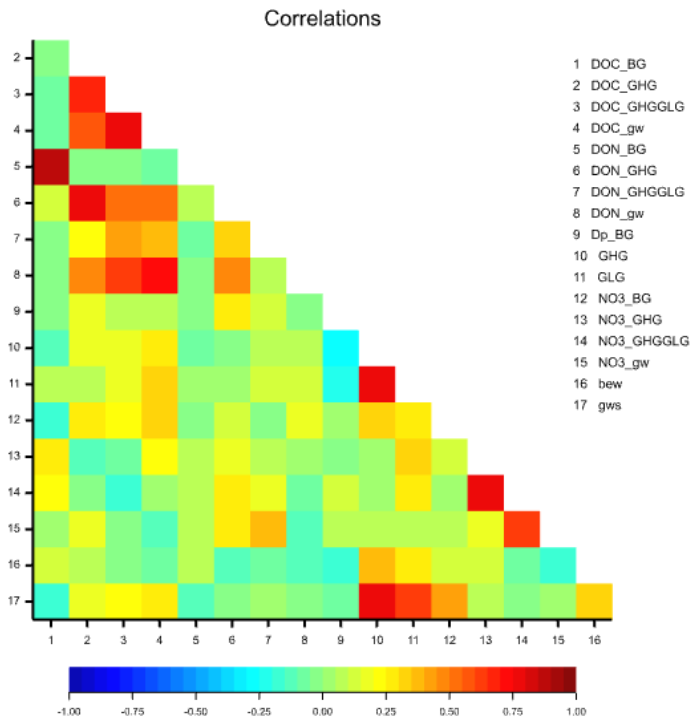
**Tabel 11** Potentiële denitrificatiesnelheid ( $D_p$ ) van verschillende bodemlagen.

Locaties	Groep	$D_p$ (mg N/kg/dag)	
		Gemiddeld	Maximum
<b>Fase 1 geselecteerde locaties*</b>	Laag 1 BG	0,79	2,2
	Laag 2 GHG	0,46	5,6
	Laag 3 GHGGLG	0,05	0,3
	Laag 4 GLG	0,05	0,9
<b>Fase 2 gelote locaties**</b>	Laag 1 BG	1,63	3,7
	Laag 2 GHG	0,01	0,1
	Laag 3 GHGGLG	0,01	0,1

\* geselecteerd op basis van nitraat in grondwater.

\*\*40 gelote locaties, 10 gekozen op basis van biomassa.

Onderzocht is of bodemeigenschappen (GHG, GLG, grondwaterstand etc.) correlaties hebben met de gevonden nitraatconcentraties in bodemvocht, maar met name in grondwater (Figuur 13). Vanzelfsprekend is er een correlatie tussen nitraat in de verschillende bodemlagen, met name tussen de onderste laag (NO3\_GHGGLG) en nitraat in grondwater (NO3\_gw). Er is echter geen enkele correlatie (dus geen lineaire samenhang) tussen NO3\_gw met de GHG, GLG, grondwaterstand (gws), DOC, DON of met de D<sub>p</sub> (D<sub>p</sub>\_bg).



**Figuur 13** Correlatie tussen parameters op vijftig locaties in fase 2 (bew: bewortelbare diepte).

Er is verder onderzocht of nitraat in grondwater gerelateerd is aan de positie van de organischestof-rijke laag ten opzichte van de grondwaterstand. Van de vijftig locaties zijn er vier die duidelijk gereduceerd grondwater bevatten (<1 mg NO<sub>3</sub>/L en >1 mg Fe/L). Deze locaties vallen niet specifiek op door organische stof in de bodemlaag nabij de grondwaterstand.

## 4 Discussie

In fase 1 zijn twintig locaties geselecteerd met steeds twee locaties met hetzelfde bodemtype, maar met een groot verschil in nitraatconcentratie in grondwater. Door te kijken naar de verschillen tussen de vergelijkbare bodems (zelfde bodemtype en grondwatertrap) zoeken we aanwijzingen voor denitrificatie.

Bij zeven combinaties (1, 2, 3, 6, 7, 8 en 10, Tabel 12) van locaties zijn grote verschillen in nitraatconcentraties. De locaties zijn gekozen op basis van verschillen in voorgaande jaren. De opvallend lage nitraatconcentraties zijn waarschijnlijk te wijten aan denitrificatie. Bij combinatie **2**, **7** en **8** (locatie: 4, 14, 16: Tabel 12) kunnen de lage nitraatconcentraties verklaard worden door de veel hogere  $D_p$  van drie bodemlagen die periodiek in contact staan met grondwater, en bij combinatie 6 (locatie 11) door één bodemlaag. Bij locatie 4 en 14 correspondeert de hoge  $D_p$  met hogere lutumgehalten. Bij drie combinaties **1**, **3** en **10** (locatie 2, 6, 20: Tabel 12) kunnen de lage nitraatconcentraties niet verklaard worden door bodemmetingen. Bij twee locaties (2 en 6) zijn er aanwijzingen voor een bijzondere bron van organische stof in de ondergrond ("takjes", "brokjes", "hout"). Bij de herbemonstering in zomer 2020 laten de veldobservaties voor organische stof geen relatie zien tussen de verschillen binnen een locatie.

**Tabel 12** Samenvatting van resultaten per combinatie uit Tabel 12 (grijze vakken: geen verschillen binnen combinatie van locaties). 1<sup>e</sup> bemonstering betreft 20 locaties, de 2<sup>e</sup> bemonstering betreft 6 locaties (4x). PD=hoge potentiële denitrificatiesnelheid, met laag nummer, AiP= Aantekening in profielbeschrijving ( $\pm$  standaarddeviatie).

locatie	Combi-natie	nitraat		Indicator profiel		Indicator Laboratorium (bodemlaag)		Conclusie Is er een indicator voor denitrificatie?
		1 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	
1	<b>1</b>		-		-		-	nee
2		Lage [NO <sub>3</sub> ]	-	AiP	-		-	
3	<b>2</b>		183 $\pm$ 18		AiP		PD (2)	nee \$
4		Lage [NO <sub>3</sub> ]**	76 $\pm$ 30	AiP	AiP	PD (2,3,4)	PD (2)	
5	<b>3</b>		-		-		-	Ja, gw #
6		Lage [NO <sub>3</sub> ]**	29 $\pm$ 20* <sup>1</sup>	AiP	AiP		gw#	
7	<b>4</b>		-		-		-	
8			-		-		-	
9	<b>5</b>		-		-		-	
10			-		-		-	
11	<b>6</b>	Lage [NO <sub>3</sub> ]**	-		-	PD (2)	-	nee
12			40 $\pm$ 38* <sup>1</sup>		AiP	PD (3)	PD (2)	
13	<b>7</b>		58 $\pm$ 87		AiP		PD (2)	Ja, PD
14		Lage [NO <sub>3</sub> ]**	15 $\pm$ 29* <sup>3</sup>	AiP	geen	PD (2,3,4)	PD (2,4)	
15	<b>8</b>		-		-		-	Ja, PD
16		Lage [NO <sub>3</sub> ]	-	AiP	-	PD (2,3,4)	-	
17	<b>9</b>		-		-		-	
18			-		-		-	
19	<b>10</b>		-		-		-	nee
20		Lage [NO <sub>3</sub> ]	-		-		-	

\* sterk gereduceerd grondwater op basis van aantal buizen met Fe>0,5 mg/l en Mn> 0,5 mg/l.

\*\*in voorgaande jaren, maar niet bij huidige bemonstering.

# Er zijn verschillen binnen locatie 12 die gerelateerd zijn aan de grondwaterstand (gw): zie ook Figuur 11.

\$ De verschillen tussen beide locaties zijn klein, en de hoge  $D_p$  is bij de herbemonstering niet gevonden in de onderste bodemlagen.

Bij de herbemonstering in zomer 2020 is gekeken of profieleigenschappen die eerder bij één boring zijn aangetroffen ook bij vier boringen per locatie zichtbaar zijn en is bepaald of de hoge dan wel lage  $D_p$  in alle vier boringen herhaalbaar meetbaar is. Zes van de twintig locaties, die in feb/mrt bemonsterd waren, zijn in de zomer herbemonsterd. Bij de herbemonstering is locatie 14 nog steeds opvallend door de hoge  $D_p$  van meerdere bodemlagen in meerdere boringen. Bij locatie 4 is de hoge  $D_p$  echter niet meetbaar in de onderste bodemlagen bij de verschillende boringen.

Bij de herbemonstering in zomer 2020 is ook gekeken of de verschillen tussen de vier boringen per perceel inzichten geven in de effecten van bodemeigenschappen op nitraat. Er zijn opvallende verschillen in nitraat in grondwater. Die kunnen echter niet gerelateerd worden aan een laboratoriummeting of een veldobservatie, behalve een relatie tussen diepte grondwater en de nitraatconcentraties op locatie 6.

In fase 1 blijkt dat  $D_p$  voor een aantal locaties onderscheidend is voor nitraat in grondwater. Onderzocht is of eenvoudige laboratoriummetingen een voorspellende waarde hebben voor  $D_p$ . Dit is eerder in de literatuur aangegeven voor DOC en WEOC. In het huidige onderzoek is echter geen relatie gevonden tussen DOC, WEOC en bodemorganische stof.

In fase 2 is getoetst of  $D_d$  en de grondwaterstand voorspellende waarde hebben voor nitraat in grondwater. Omdat de eenvoudige laboratoriummetingen in fase 1 geen relatie laten zien, zijn die parameters niet gemeten in fase 2. In fase 2 is getoetst door gelote locaties te kiezen en zijn dus niet specifieke locaties vooraf uitgekozen. Uit de resultaten blijkt dat geen enkele locatie een hoge  $D_p$  heeft in bodemlaag 2 en 3: dus de bodemlagen onder de bouwvoor. Dit suggereert dat in fase 1 heel specifieke locaties gekozen zijn door vooraf te kiezen voor locaties met hele lage nitraatconcentraties. Er is veel variatie in nitraatconcentraties in grondwater (Tabel 13), waardoor er geen significante verschillen zijn tussen grondwatertrappen.

**Tabel 13** Nitraat in grondwater (fase 2) ( $\pm$  standaarddeviatie).

Gt	Nitraat mg $\text{NO}_3/\text{L}$	Aantal locaties
IVu	25	2
Vao	4	1
Vbo	75 $\pm$ 57	17
VIId	51 $\pm$ 42	6
VIIId	97	1
VIo	86 $\pm$ 74	22
	109	1
gemiddeld	74	50



---

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Onderzocht is of lage nitraatconcentraties in grondwater gerelateerd kunnen worden aan bodemeigenschappen, omdat de afbraak van nitraat (denitrificatie) wordt veroorzaakt door zuurstofloze omstandigheden in combinatie met afbreekbare organische stof: eigenschappen die mogelijk in kaart gebracht kunnen worden. Door heel specifiek locaties te selecteren (fase 1) met hetzelfde bodemtype maar verschillende nitraatconcentraties in grondwater, wordt gericht gezocht naar bodemeigenschappen die denitrificatie kunnen veroorzaken. Door daarna (fase 2) ditzelfde onderzoek te herhalen bij gelote locaties zijn de potentieel verklarende variabelen getoetst.

In fase 1 is een veel hogere  $D_p$  gemeten bij drie combinaties van locaties. Die verklaren daarmee de lage nitraatconcentraties in het grondwater. Het bevestigt de hypothese dat denitrificatie op een aantal locaties een eigenschap is van de bodem en dat een specifieke afbreekbare organische stof daarvoor verantwoordelijk is.<sup>4</sup> Diverse eenvoudige laboratoriummetingen zoals organischestofgehalte, 'water-extractable organic C' en opgeloste organische C (DOC) laten geen relatie zien met  $D_p$ .

In fase 2 is  $D_p$  op meerdere locaties (40 geloot, 10 gekozen op basis van extra biomassa) vergeleken met nitraat in grondwater en bodemvocht. Geen van de 50 locaties heeft een hoge  $D_p$  in de bodemlagen onder de bouwvoor.

Een relatie tussen de nitraatconcentraties in grondwater en de gemeten bodemeigenschappen kon niet worden aangetoond (fase 2). Het gebrek aan een relatie met de grondwaterstand is mogelijk door de kleine variatie in grondwatertrappen.

### Aanbevelingen

Het onderzoek is een verkenning, waarbij gebruik is gemaakt van boringen, de grond en het grondwater daarin. De resultaten geven richting aan vervolgonderzoek. Om in vervolgonderzoek betere relaties te vinden, kan gezocht worden naar een andere schaal voor de bemonstering van grond en grondwater, bijvoorbeeld mengmonsters van grotere eenheden. Anderzijds kan een grotere variatie in bodems en grondwaterstanden bemonsterd worden.

### Beschouwing

De aanleiding van het onderzoek was dat de grote variatie in nitraatconcentraties in grondwater een gebiedsgerichte aanpak mogelijk maken. Het meten van nitraatconcentraties, via buizen en bemonsteringen, is op dit moment kostbaar en daarom is gezocht naar bodemeigenschappen die eenvoudiger te karteren zijn. Als via een andere techniek goedkoop nitraat gemeten kan worden, bijvoorbeeld een goedkope optische sensor (Tenner et al., 2021), is een gebiedsgerichte aanpak mogelijk.

Boeren, bijvoorbeeld in project Waterwijs, zouden zelf nitraat kunnen meten in hun percelen en op basis daarvan hun mest anders verdelen tussen percelen, zodat het netto leidt tot minder nitraatuitspoeling naar diep grondwater. In dit onderzoek zijn locaties gevonden met denitrificatie, dus op die locaties is geen uitspoeling van nitraat naar diep grondwater.

---

<sup>4</sup> Met een nieuwe techniek om bodemorganische stof te karakteriseren (pyrolyse MS, in ontwikkeling bij Eurofins Agro), zou dit mogelijk wel kunnen.

---

# Literatuur

- Bijah-Singh, Ryden, J. & Whithead, D. 1988. Some relationships between denitrification potential and fractions of organic carbon in air-dried and field-moist soils. *Soil Biology and Biochemistry*, **20**, 737-741.
- Boumans, L. J. M., Meinardi, C. R. & Krajenbrink, G. J. W. 1989. *Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden*, RIVM rapport 728472013, Bilthoven.
- Corre, W. J. 1995. *Denitrificatie in poldergronden: verslag van een onderzoek naar het belang van denitrificatie in de stikstofhuishouding van poldergronden en het mogelijke effect van peilverhoging op de denitrificatie, uitgevoerd in opdracht van de Provincie Zeeland*, AB-DLO rapport 41, Haren.
- Fraters, D., van Leeuwen, T., Boumans, L. & Reijs, J. 2015. Use of long-term monitoring data to derive a relationship between nitrogen surplus and nitrate leaching for grassland and arable land on well-drained sandy soils in the Netherlands. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, **65**, 144-154.
- Houben, G. J., Sitnikova, M. A. & Post, V. E. 2017. Terrestrial sedimentary pyrites as a potential source of trace metal release to groundwater—A case study from the Emsland, Germany. *Applied Geochemistry*, **76**, 99-111.
- IPO, LNV, I&W, LTO & Vewin 2017. *Bestuursovereenkomst 'Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden'*. Bijlage bij Kamerbrief Aanbieding zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn (2018-2011) 22-12-2017, Den Haag.
- Klijne, A., Groenendijk, P., Griffioen, J., Velthof, G. J., Janssen, G. & Fraters, B. 2008. *Toetsdiepte voor nitraat*. RIVM rapport 68074001, Bilthoven.
- KNMI 2020. *Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën*. [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl).
- Noij, G. J. & ten Berge, H. 2019. *Rapportage Project Nitraatwijzer Fase I*, WPR rapportnr. 917, Wageningen.
- Oenema, J., Burgers, S., Verloop, K., Hooijboer, A., Boumans, L. & Berge, H. t. 2010. Multiscale effects of management, environmental conditions, and land use on nitrate leaching in dairy farms. *Journal of environmental quality*, **39**, 2016-2028.
- RIVM 2008. *Procedure open boorgatmethode*. [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl).
- Surey, R., Lippold, E., Heilek, S., Sauheitl, L., Henjes, S., Horn, M. A., Mueller, C. W., Merbach, I., Kaiser, K., Böttcher, J. & Mikutta, R. 2020. Differences in labile soil organic matter explain potential denitrification and denitrifying communities in a long-term fertilization experiment. *Applied Soil Ecology*, **153**, 103630.
- ten Cate, J., Holst, A., van, Kleijer, H. & Stolp, J. 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: bodem*. <https://library.wur.nl/WebQuery/edepot/380216>, DLO-Staringcentrum Technische Document 19A, Wageningen.
- Tenner, E., Hooijboer, A. & Rozemeijer, J. 2021. WaterSNIP Meetcampagne Nitraatsensoren. Een vergelijking van acht verschillende sensoren die hoogfrequent nitraat meten in oppervlaktewater.
- van Beek, C., Cirkel, D., de Jonge, M. & Hartog, N. 2021. Concentration of iron (II) in fresh groundwater controlled by siderite, field evidence. *Aquatic Geochemistry*, **27**, 49-61.
- van der Wal, A., Hennen, W. & de Koeijer, T. 2019. Relatie tussen bodemorganische stof en nitraatuitspoeling. *Bodem*, **5**, 34-36.
- Van Kekem, A., Hoogland, T. & Van der Horst, J. 2005. Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart; werkwijze en resultaten. In., Alterra.
- van Loon, A. & Fraters, D. 2016. *De gevolgen van mestgebruik voor drinkwaterwinning: een tussenbalans*, KWR rapport 2016.023, Nieuwegein.
- Velthof, G. L., Beek, C. L., Brouwer, F., Burgers, S. L. G. E., Fraters, B., Groenendijk, P., Hack-ten Broeke, M. J. D., Kekem, A. J. v., Oosterom, H. P., Schoumans, O. F., Vries, F. d., Willems, W. J. & Zwart, K. B. 2004. *Denitrificatie in de zone tussen bouwvoor en het bovenste grondwater in zandgronden*, Alterra, rapportnr 730.1, Wageningen.
- Wrage, N., Velthof, G. L., Oenema, O. & Laanbroek, H. J. 2004. Acetylene and oxygen as inhibitors of nitrous oxide production in *Nitrosomonas europaea* and *Nitrosospira briensis*: a cautionary tale. *FEMS Microbiology Ecology*, **47**, 13-18.

- 
- Zhang, Y.-C., Slomp, C. P., Broers, H. P., Passier, H. F. & Van Cappellen, P. 2009. Denitrification coupled to pyrite oxidation and changes in groundwater quality in a shallow sandy aquifer. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **73**, 6716-6726.
- Zwart, K. B. 2003. *Denitrificatie in de bouwvoor en de ondergrond; resultaten van metingen in 13 profielen tot 2 m diep*, Alterra rapportnr 724, Wageningen.

# Bijlage 1      Analysemethoden en bemonsteringsdiepten

**Tabel 14**      Bodemanalyses bij Eurofins Agro (alles gerapporteerd op basis van droge stof).

Nr	Parameter	Eenheid	Methode*	Geaccrediteerd
1	Totaal N	mg N/kg	Em	Q
2	Ammonium-N	mg NH <sub>4</sub> -N/kg	Em	Q
3	Nitraat-N	mg NO <sub>3</sub> -N/kg	Em	Q
4	Beschikbaar S	mg S/kg	PAE	
5	S voorraad	mg S/kg	Equivalent aan NEN 9966	Q
6	Beschikbaar P	mg P/kg	PAE	Q
7	P voorraad	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 gram	Equivalent aan NEN 5793	Q
8	Beschikbaar K	mg K/kg	PAE	Q
9	Beschikbaar Mg	mg Mg/kg	PAE	Q
10	Beschikbaar Na	mg Na/kg	PAE	Q
11	pH-KCl	-	Equivalent aan NEN ISO 10390	Q
12	Organische stof	%	Equivalent aan NEN 5754	Q
13	Kalk	%	Em	
14	Lutum	%	Equivalent aan NEN 5753	Q
15	Silt	%	Em	
16	zand	%	Em	

\* Em: eigen methode Eurofins. eigen methode Eurofins PAE: plant available elements (extractie met 0,01 M CaCl<sub>2</sub>).

**Tabel 15**      Bodemvochtanalyses bij CBLB WUR (alles gerapporteerd op basis van mg per liter bodemvocht).

Nr	Parameter	Eenheid	Methode*	Geaccrediteerd
1	pH	-	potentiometrisch	
2	EC	μS/cm	potentiometrisch	
3	Al	mg Al/l	ICP-AES	
4	Ca	mg Ca/l	ICP-AES	
5	Fe	mg Fe/l	ICP-AES	
6	K	mg K /l	ICP-AES	
7	Mg	mg Mg/l	ICP-AES	
8	Mn	mg Mn/l	ICP-AES	
9	Na	mg Na/l	ICP-AES	
10	P	mg P/l	ICP-AES	
11	S	mg S/l	ICP-AES	
12	IC	mg C/l	SFA-TOC	
13	TC	mg C/l	SFA-TOC	
14	N-NH <sub>4</sub>	mg N/l	SFA	
15	N-NO <sub>3</sub>	mg N/l	SFA	
16	Nts	mg N/l	SFA	
17	P-PO <sub>4</sub>	mg P/l	SFA	

SFA: segmented flow analysis Skalar.

**Tabel 16** Grondwateranalyses bij CBLB WUR (alles gerapporteerd op basis van mg per liter water).

Nr	Parameter	Eenheid	Methode*	Geaccrediteerd
1	pH	-	potentiometrisch	
2	EC	μS/cm	potentiometrisch	
3	IC	mg C/l	SFA-TOC	
4	TC	mg C/l	SFA-TOC	
5	N-NH <sub>4</sub>	mg N/l	SFA	
6	N-NO <sub>3</sub>	mg N/l	SFA	
7	Nts	mg N/l	SFA	
8	P-PO <sub>4</sub>	mg P/l	SFA	
9	Al	mg/l	ICP-AES	
10	Ca	mg/l	ICP-AES	
11	Fe	mg/l	ICP-AES	
12	K	mg/l	ICP-AES	
13	Mg	mg/l	ICP-AES	
14	Mn	mg/l	ICP-AES	
15	Na	mg/l	ICP-AES	
17	P	mg/l	ICP-AES	
18	S	mg/l	ICP-AES	

SFA: segmented flow analysis Skalar.

**Tabel 17** Bemonsteringsdiepten grondmonsters fase 1.

Nr	Code	1."BG"	2."GHG"	3."GHGGLG"	4."GLG"
		bovengrond	20 cm boven GHG tot GHG	van GHG tot halverwege GHG en GLG	halverwege GHG en GLG tot GLG
1	9	0-25	0-30	30-60	60-90
2	6	0-25	15-35	35-65	65-100
3	P10	0-25	30-50	50-80	80-120
4	F7	0-25	15-35	35-60	60-95
5	110	0-30	35-55	55-85	85-115
6	S31	0-25	25-45	45-75	75-100
7	36	0-25	50-70	70-110	110-135
8	42	0-20	40-60	60-95	95-130
9	18	0-40	20-40	40-70	70-110
10	20	0-30	10-30	30-75	75-120
11	48	0-30	20-40	40-75	75-110
12	H49	0-25	35-55	55-85	85-115
13	4 er	0-25	10-30	30-75	75-120
14	5 er	0-25	30-50	50-95	95-140
15	4 we	0-25	40-60	60-105	105-150
16	22 we	0-25	5-25	25-55	55-90
17	67 sc	0-45	60-80	80-120	120-150
18	11 sc	0-30	40-60	60-110	110-130
19	9 ko	0-25	15-35	35-80	80-130
20	12 ko	0-25	5-25	25-80	80-130

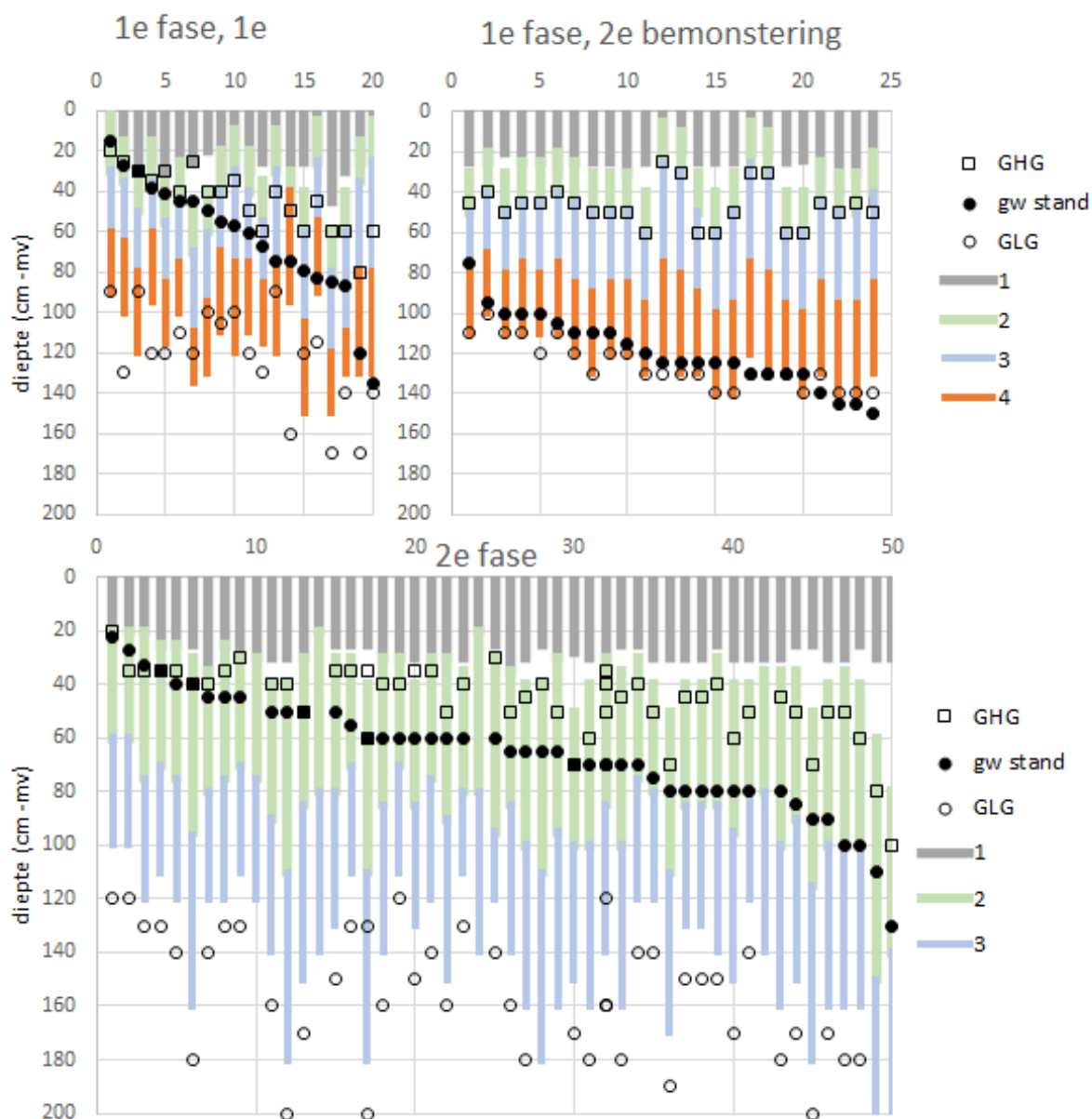
**Tabel 18** Bemonsteringsdiepten grondmonsters fase 1, herbemonsteringen in zomer.

Nr	Code	1."BG"	2."GHG"	3."GHGGLG"	4."GLG"
		bovengrond	20 cm boven GHG tot GHG	van GHG tot halverwege GHG en GLG	halverwege GHG en GLG tot GLG
14	4 er	0-25	5-25	25-75	75-120
		0-20	5-25	25-75	75-120
		0-20	10-30	30-80	80-130
		0-20	10-30	30-80	80-130
13	5 er	0-45	20-40	40-85	85-130
		0-40	30-50	50-95	95-140
		0-30	30-50	50-95	95-140
		0-35	25-45	45-85	85-130
3	P10	0-25	20-40	40-70	70-100
		0-30	20-40	40-75	75-110
		0-25	25-45	45-75	75-110
		0-25	25-45	45-80	80-110
12	H49	0-25	25-45	45-85	85-120
		0-25	40-60	60-95	95-130
		0-25	30-50	50-90	90-130
		0-25	30-50	50-90	90-130
6	S31	0-25	30-50	50-80	80-110
		0-20	30-50	50-80	80-110
		0-25	30-50	50-85	85-120
		0-30	30-50	50-85	85-120
4	F7	0-25	40-60	60-95	95-130
		0-25	40-60	60-100	100-140
		0-25	30-50	50-95	95-140
		0-24	40-60	60-100	100-140

**Tabel 19** Bemonsteringsdiepten grondmonsters fase 2.

Nr	Code	1."BG"	2."GHG"	3."GHGGLG"
		bovengrond	20 cm boven GHG tot GHG	van GHG tot halverwege GHG en GLG
1	L	0-20	20-75	75-120
2	emp11_4	0-20	20-60	60-100
3	Z	0-25	25-75	75-120
4	M	0-25	40-110	110-180
5	L	0-28	50-100	100-150
6	F	0-20	20-60	60-100
7	W	0-35	35-80	80-120
8	P	0-35	35-85	85-140
9	P	0-25	30-95	96-160
10	M	0-30	80-140	140-200
11	S	0-25	25-70	70-110
12	emp16_5	0-25	50-115	115-180
13	emp16_16	0-30	50-110	110-170
14	hmp17_4	0-30	40-100	100-160
15	emp16_4	0-25	25-75	75-120
16	emp17_5	0-30	30-85	85-140
17	emp16_11	0-30	40-100	100-160
18	emp17_11	0-30	40-90	90-140
19	hmp16_3	0-30	30-70	70-110
20	emp17_10	0-30	30-85	85-140
21	emp16_7	0-30	40-110	110-180
22	hmp15_1	0-25	30-95	95-160
23	emp17_23	0-30	40-110	110-180
24	emp16_15	0-30	30-70	70-110
25	hmp17_3	0-30	30-85	85-150
26	emp10_4	0-30	30-75	75-120
27	emp17_6	0-30	40-85	85-130
28	emp17_12	0-30	40-85	85-130
29	emp17_9	0-30	40-85	85-130
30	emp10_3	0-30	30-75	75-120
31	hmp10_2	0-25	30-70	70-110
32	emp16_8	0-30	35-80	80-110
33	emp16_9	0-25	30-85	85-140
34	emp16_12	0-30	60-150	150-240
35	emp17_20	0-30	40-95	95-150
36	hmp17_2	0-30	40-80	80-120
37	emp17_15	0-30	40-80	80-120
38	hmp15_2	0-25	35-100	100-160
39	emp17_13	0-25	35-90	90-150
40	emp17_8	0-25	30-75	75-120
41	emp17_24	0-30	30-90	90-150
42	emp16_14	0-20	20-80	80-140
43	emp10_7	0-20	20-80	80-140
44	emp10_5	0-30	35-80	80-140
45	emp16_10	0-25	30-80	80-130
46	emp17_14	0-25	30-95	95-120
47	emp17_18	0-30	35-100	100-160
48	emp17_17	0-30	35-100	100-160
49	emp17_19	0-30	40-100	100-160
50	emp17_22	0-25	40-100	100-160





**Figuur 14** Fase 1 en Fase 2: Cumulatieve verdeling van grondwaterstand (gw), inclusief schematische weergave van bemonsterde lagen (1 t/m 4) ten opzichte van de GHG, GLG. De nummering is gesorteerd op basis van de grondwaterstand. Bij de 1<sup>e</sup> bemonstering in fase 1 (feb/mrt) was de grondwaterstand nabij de GHG of er iets onder, terwijl bij de 2<sup>e</sup> bemonstering in fase 1 (juli/aug) de grondwaterstand nabij de GLG was.

## Bijlage 2 Data bodemanalyses

	Nr	Totaal N*	NH4-N	NO3-N	S-PAE	S	P-PAE	P-Al	K	Mg	Na	pH	OS	Kalk	Lutum	Silt	Zand
<b>1</b>	BG	1690	3	1.8	1.9	220	2.3	74	60	56	<6	5.6	3.6	<0.2	<1	8	88
	GHG	1170	2.8	1.2	1.1	170	1.6	61	58	43	<6	5.6	3	<0.2	<1	8	89
	GHGGLG	200	2.6	2.9	1.6	<50	0.2	6	18	14	<6	5.7	0.6	<0.2	<1	7	92
	GLG	200	2.9	4.7	3.2	<50	<0.3	5	23	25	<6	5.8	0.4	<0.2	<1	9	91
<b>2</b>	BG	1080	9.7	3.5	4.2	200	1.5	41	39	106	11	5.2	2.3	<0.2	2	8	88
	GHG	730	4.9	4	44.8	190	1.2	41	42	137	11	6	1.5	<0.2	3	8	88
	GHGGLG	270	5.9	<1.3	60.4	110	0.8	11	55	98	11	5.6	0.7	<0.2	2	6	91
	GLG	200	3.1	<1.3	47.5	100	0.9	8	40	67	8	6.8	0.6	<0.2	2	2	95
<b>3</b>	BG	1020	3	1.5	2	200	6.5	59	858	49	<6	4.8	2.8	<0.2	<1	10	87
	GHG	200	1.8	<1.3	1.3	<50	2.1	20	37	31	<6	5.3	0.5	<0.2	<1	11	89
	GHGGLG	200	1.6	2.1	1.6	<50	0.3	3	31	26	5	5.4	<0.5	<0.2	<1	8	92
	GLG	200	1.3	9.4	5	<50	<0.3	4	30	46	7	5.6	0.4	<0.2	1	7	92
<b>4</b>	BG	1520	3.9	1.5	1.9	210	0.3	14	127	182	7	5.5	3.1	<0.2	11	12	74
	GHG	820	3.4	1.6	1.6	140	<0.3	11	105	154	8	5.7	1.9	<0.2	7	10	81
	GHGGLG	200	3	<1.3	1.6	<50	<0.3	4	32	62	<6	6	<0.5	<0.2	2	4	94
	GLG	200	1.8	7.2	13.3	<50	<0.3	6	30	65	7	6.2	0.6	<0.2	1	4	94
<b>5</b>	BG	1710	9.4	6.6	3.6	320	27.5	117	174	194	14	5.1	4.2	<0.2	<1	7	89
	GHG	350	4.7	4.4	1.9	70	3.1	46	93	77	10	5.1	1.1	<0.2	<1	6	93
	GHGGLG	200	3.7	8.7	2.9	<50	0.4	8	55	44	11	5.3	0.6	<0.2	<1	5	94
	GLG	200	2.6	7.5	6.1	<50	<0.3	6	37	47	13	5.3	0.6	<0.2	<1	5	94
<b>6</b>	BG	1100	5.7	<1.3	2.7	190	2.4	65	13	85	<6	5.5	2.7	<0.2	2	7	88
	GHG	610	5.4	<1.3	3.5	130	3.2	39	15	58	<6	5.4	1.7	<0.2	<1	10	88
	GHGGLG	360	5.8	<1.3	5.4	150	<0.3	6	24	54	<6	5.2	1.1	<0.2	1	8	90
	GLG	450	6.1	<1.3	5.2	250	0.3	7	29	57	<6	5.4	1.1	<0.2	<1	8	91
<b>7</b>	BG	1830	12.4	4.3	2.5	250	1.1	58	188	113	22	5.3	4.9	<0.2	<1	11	84
	GHG	200	4.7	1.5	<1.1	<50	<0.3	6	42	19	7	4.7	1.1	<0.2	<1	6	93
	GHGGLG	200	6	4.4	2.2	<50	<0.3	7	30	22	8	4.7	0.9	<0.2	1	7	91
	GLG	200	3.5	11.9	7	<50	<0.3	6	23	21	14	4.8	0.5	<0.2	2	4	94
<b>8</b>	BG	1640	9.7	4.5	1.9	270	0.3	24	39	77	15	4.8	4.1	<0.2	2	10	84
	GHG	840	5.6	3.7	1	140	<0.3	4	15	69	18	4.6	3.1	<0.2	4	16	77
	GHGGLG	210	6.1	3.7	1.4	<50	<0.3	<3	10	31	10	4.6	1.1	<0.2	2	8	89
	GLG	210	2.7	2.4	3.9	<50	<0.3	3	16	48	13	4.6	1.1	<0.2	3	5	91

	Nr	Totaal N*	NH4-N	NO3-N	S-PAE	S	P-PAE	P-AI	K	Mg	Na	pH	OS	Kalk	Lutum	Silt	Zand
<b>9</b>	BG	1140	10.6	2.7	2.9	190	0.5	52	27	18	<6	4.4	2.6	<0.2	<1	6	91
	GHG	890	10.4	3.8	3.7	190	0.3	41	12	29	7	5	2	<0.2	<1	6	92
	GHGGLG	200	8	2.5	5.5	<50	<0.3	<3	13	21	5	5.2	0.5	<0.2	<1	7	93
	GLG	200	5.2	2.4	20.6	<50	<0.3	5	33	49	6	6.5	<0.5	<0.2	2	2	96
<b>10</b>	BG	1260	3.8	2.1	1.3	190	3.3	74	102	86	10	5.4	2.9	<0.2	2	6	89
	GHG	960	3.2	2	<1.1	160	3.2	82	63	72	13	5.5	2.3	<0.2	<1	8	90
	GHGGLG	330	3.6	1.8	<1.1	60	0.4	23	37	42	11	5.5	1.1	<0.2	2	6	91
	GLG	200	2.9	2.4	3.2	<50	<0.3	5	39	42	9	5.6	0.7	<0.2	<1	7	92
<b>11</b>	BG	1620	11.1	5.2	3.7	290	<0.3	17	34	90	8	5.2	3.6	<0.2	2	9	85
	GHG	970	4.3	3.6	3.4	130	<0.3	8	19	145	10	5.6	2.1	<0.2	5	11	82
	GHGGLG	200	2.4	4.5	6.1	<50	<0.3	4	18	56	<6	6.5	<0.5	<0.2	<1	5	95
	GLG	200	3.3	10	18	<50	<0.3	4	19	42	6	7.7	<0.5	1.3	<1	5	94
<b>12</b>	BG	2140	8.8	2.7	1.9	280	2.7	50	27	95	6	4.7	4.2	<0.2	1	10	85
	GHG	350	6.1	1.3	<1.1	60	0.3	8	16	88	5	5.1	1.1	<0.2	<1	13	86
	GHGGLG	200	4.7	1.4	<1.1	<50	<0.3	<3	14	54	<6	5.4	<0.5	<0.2	<1	6	94
	GLG	200	2.8	<1.3	<1.1	<50	<0.3	<3	20	40	7	6.2	<0.5	<0.2	2	4	94
<b>13</b>	BG	1860	2.2	1.4	4	230	1.3	49	26	120	12	5.2	4.9	<0.2	1	12	82
	GHG	270	5.5	1.2	3	80	<0.3	<3	15	36	8	5.2	1.8	<0.2	1	9	89
	GHGGLG	200	1.6	<1.3	6	<50	<0.3	3	16	21	6	5.2	0.8	<0.2	<1	8	91
	GLG	200	2.3	<1.3	12.6	<50	<0.3	<3	22	20	6	5.2	<0.5	<0.2	<1	8	92
<b>14</b>	BG	1210	4	<1.3	4.2	200	0.4	13	114	221	9	6.3	2.8	<0.2	6	9	82
	GHG	830	1.9	<1.3	3.6	130	0.4	12	78	173	7	6.7	2.1	<0.2	5	9	84
	GHGGLG	590	2.4	<1.3	4.4	110	0.6	21	54	120	10	7.1	1.3	<0.2	4	9	86
	GLG	200	3.2	<1.3	4.9	<50	0.3	6	43	59	7	7.6	0.4	<0.2	2	6	92
<b>15</b>	BG	2360	4.1	4.6	4	295	0.9	15	28	315	41	5.9	4.1	<0.2	21	26	49
	GHG	1000	1.4	2.8	6.1	115	<0.3	<3	21	252	82	5.5	1.9	<0.2	32	24	42
	GHGGLG	540	3.1	<1.3	9.9	60	<0.3	<3	16	191	56	5.6	1.2	<0.2	23	15	61
	GLG	200	2.9	1.5	4	<50	<0.3	6	19	62	17	5.8	0.5	<0.2	4	8	88
<b>16</b>	BG	1410	4.4	1.6	2.7	190	0.9	22	83	169	18	5.6	2.6	<0.2	18	15	64
	GHG	1370	8.5	1.5	2.2	185	0.8	24	69	162	23	5.9	2.6	<0.2	18	15	64
	GHGGLG	660	3.6	<1.3	2.6	100	<0.3	3	32	185	24	5.8	1.3	<0.2	21	17	61
	GLG	660	<1.3	<1.3	3.8	100	<0.3	<3	22	167	23	6.1	1.3	<0.2	22	16	61
<b>17</b>	BG	1450	3.6	<1.3	2.2	210	2	83	48	48	8	5.7	5.2	<0.2	1	11	83
	GHG	250	1.8	<1.3	2.7	60	0.3	6	9	10	<6	5	1.2	<0.2	2	3	94
	GHGGLG	200	2.4	<1.3	4.5	<50	<0.3	<3	<9	5	<6	4.9	0.6	<0.2	2	0	97
	GLG	200	1.5	2.7	6.6	<50	<0.3	<3	11	5	<6	4.9	0.6	<0.2	2	2	95

	Nr	Totaal N*	NH4-N	NO3-N	S-PAE	S	P-PAE	P-AI	K	Mg	Na	pH	OS	Kalk	Lutum	Silt	Zand
<b>18</b>	BG	1420	4.6	1.5	2.5	200	1.9	65	21	65	7	5.2	4.5	<0.2	3	12	81
	GHG	240	3.8	<1.3	1.6	<50	<0.3	5	10	16	<6	5	1.5	<0.2	2	7	90
	GHGGLG	200	2.3	<1.3	3.4	<50	<0.3	<3	14	12	<6	4.8	1	<0.2	2	5	92
	GLG	200	2.8	1.3	5	<50	<0.3	<3	17	10	<6	4.7	0.7	<0.2	2	5	92
<b>19</b>	BG	1860	6.6	3.1	2.7	325	0.6	41	70	125	13	5.4	4.4	<0.2	4	13	79
	GHG	1510	2.6	1.6	2.7	220	0.8	42	48	122	14	5.3	3.7	<0.2	4	13	79
	GHGGLG	200	5.2	1.2	6.5	<50	<0.3	6	36	159	15	6	0.6	<0.2	8	15	76
	GLG	200	2.6	<1.3	8.3	<50	<0.3	5	24	64	13	7.5	0.5	0.7	4	12	83
<b>20</b>	BG	1320	5.4	2.2	3	210	0.4	18	23	103	15	5.4	3.5	<0.2	5	14	78
	GHG	1410	3.9	2.4	2.1	220	0.3	17	31	106	18	5.4	3.4	<0.2	5	13	79
	GHGGLG	220	1.7	<1.3	3.1	<50	<0.3	<3	22	97	10	5.5	1.4	<0.2	4	10	85
	GLG	200	1.6	2.6	7.1	<50	<0.3	4	23	67	7	7.4	0.6	2.1	5	9	83

\*Zie Bijlage 1 voor parameters, eenheden en methoden.

### Fase 1 herbemonsteringen

	Nr	Totaal N*	NH4-N	NO3-N	S-PAE	S	P-PAE	P-AI	K	Mg	Na	pH	OS	Kalk	Lutum	Silt	Zand
<b>14</b>	BG	1030	7.6	9.6	13	275	0.6	12	77	85	24	7.4	2.6	1.3	5	7	84
	GHG	690	10.7	16	14	215	0.3	6	44	73	23	7.6	1.9	3.5	5	7	83
	GHGGLG	1330	9	8.6	16	345	0.4	25	38	91	14	7.4	3.3	0.5	6	10	80
	GLG	630	12.3	7.9	37	245	0.8	17	49	66	10	7.5	1.7	1.1	4	7	86
	BG	1730	14.8	11.2	20	445	1.2	16	134	194	33	7	4.4	0.2	5	7	84
	GHG	1340	11.4	17.4	18	315	0.6	12	107	173	27	7	17.5	0.2	5	0	78
	GHGGLG	1420	12.1	6.7	32	355	0.8	46	159	162	26	6.5	3.2	0.2	9	10	78
	GLG	920	10.2	8	187	1395	0.3	10	84	81	19	7.5	2.8	0.9	4	7	85
	BG	710	9.7	6.5	25	265	0.6	13	72	106	16	6.8	2	0.2	3	8	87
	GHG	670	11.5	6.7	24	225	0.6	11	65	119	20	6.2	1.9	0.2	3	8	87
	GHGGLG	510	7.6	7.1	19	245	0.3	12	49	90	12	7	1.3	0.2	3	8	88
	GLG	410	6.4	6.1	27	195	0.2	10	54	68	12	7.4	1.1	0.2	2	5	92
	BG	620	9.9	8.5	10	150	0.8	12	87	89	15	6.3	1.6	0.2	3	7	88
	GHG	1160	10.1	7.3	20	270	1.8	23	95	144	24	5.7	2.7	0.2	3	7	87
	GHGGLG	550	7.3	3.4	15	150	0.9	27	64	92	10	5.7	1.4	0.2	3	8	88
	GLG	200	5.9	3.1	10	50	0.6	9	44	46	7	6.4	0.5	0.2	1	7	93
<b>13</b>	BG	1790	6.8	14.6	27	330	1.8	74	82	129	46	5.4	5	0.2	2	12	81
	GHG	1570	4.6	6	36	310	1.2	76	17	101	29	5.2	4.7	0.2	2	10	83
	GHGGLG	370	5.4	3.1	6	50	0.3	7	17	55	9	5.1	1.5	0.2	3	9	87
	GLG	200	4.8	3.1	5	50	0.3	3	23	39	6	5.5	0.4	0.2	1	4	95
	BG	1860	7.8	16.5	22	265	1.9	75	54	116	34	5.2	5.2	0.2	3	13	79
	GHG	1290	5.3	7.7	31	210	0.8	56	10	101	24	5.3	4.5	0.2	4	15	77

	Nr	Totaal N*	NH4-N	NO3-N	S-PAE	S	P-PAE	P-AI	K	Mg	Na	pH	OS	Kalk	Lutum	Silt	Zand
	GHGGLG	330	3.7	3.4	10	50	0.3	8	21	70	10	5.3	1.7	0.2	4	9	85
	GLG	200	4.8	3.2	7	50	0.3	4	30	43	6	5.4	0.5	0.2	1	8	91
	BG	2080	7.2	12.2	30	375	1.5	61	25	126	32	5.4	5.8	0.2	3	14	77
	GHG	1150	4.3	6.2	8	160	0.4	29	12	100	17	5.4	4.7	0.2	4	14	77
	GHGGLG	200	5.2	3.1	7	50	0.3	4	25	50	6	5.2	0.8	0.2	2	8	89
	GLG	200	4.2	4.2	8	50	0.3	3	23	30	6	5.2	0.5	0.2	1	4	95
	BG	1760	6	20.1	35	300	0.9	61	37	135	36	5.5	4.8	0.2	2	12	81
	GHG	840	5.6	8.4	16	130	0.3	29	13	111	16	5.5	3.5	0.2	1	8	88
	GHGGLG	220	4.7	3.1	6	50	0.3	4	13	55	8	5.4	1.4	0.2	2	5	92
	GLG	200	2.7	3.1	7	50	0.3	4	29	53	6	5.5	0.5	0.2	1	6	93
<b>3</b>	BG	1180	12.4	10.7	8	180	5.9	52	65	55	7	4.9	2.9	0.2	1	9	87
	GHG	200	12.6	7.8	6	50	1.7	15	54	27	7	5.4	0.6	0.2	1	8	91
	GHGGLG	200	19	12	6	50	0.7	7	49	27	9	5.6	0.6	0.2	1	7	91
	GLG	200	5.1	8.7	5	50	0.6	5	27	31	8	5.6	0.5	0.2	1	7	92
	BG	1240	10.8	10.5	5	190	5.2	53	60	51	6	5.1	3.2	0.2	1	10	86
	GHG	210	10.1	13.5	4	50	0.3	10	35	17	6	5.1	0.6	0.2	1	6	92
	GHGGLG	200	7.6	8.6	3	50	0.3	5	28	14	5	5.1	0.5	0.2	1	3	96
	GLG	200	5.6	4.5	4	50	0.3	5	28	12	6	5.1	0.5	0.2	1	2	97
	BG	1050	9	9	5	160	3.7	48	62	37	6	5	2.3	0.2	2	9	87
	GHG	280	12.2	11.5	4	50	0.3	8	52	38	7	5.3	0.7	0.2	1	3	95
	GHGGLG	250	9.1	8.8	5	50	0.3	6	31	26	8	5.4	0.7	0.2	1	7	91
	GLG	220	8.2	9.6	4	50	0.3	6	28	23	8	5.4	0.7	0.2	2	5	92
	BG	1150	9.2	12.4	4	180	3.8	47	73	40	6	5.1	3	0.2	1	10	86
	GHG	280	7.9	11.8	4	50	0.9	9	35	31	8	5.4	0.8	0.2	1	8	90
	GHGGLG	260	8.5	8.3	4	50	0.2	5	37	30	9	5.3	0.8	0.2	1	6	92
	GLG	350	8	7.2	5	60	0.3	5	30	35	10	5.3	1.1	0.2	1	6	92
<b>12</b>	BG	1180	8.1	8.4	5	210	2.2	48	46	57	9	4.8	3.3	0.2	1	10	86
	GHG	390	6.5	4.8	3	50	0.3	8	27	52	6	5.2	0.9	0.2	2	8	89
	GHGGLG	200	9	3.1	3	50	0.3	3	25	40	6	5.6	0.5	0.2	2	4	94
	GLG	200	4.9	3.1	4	50	0.3	4	26	18	16	6.5	0.4	0.2	1	6	93
	BG	1340	10	7.1	5	230	2.1	46	38	84	8	5	3.2	0.2	2	9	86
	GHG	300	9	3.7	3	50	0.4	10	25	41	6	5.3	3.3	0.2	1	0	72
	GHGGLG	200	12.5	3.1	3	50	0.3	4	29	36	6	6.6	0.5	0.2	1	8	92
	GLG	200	7.2	3.1	4	50	0.3	4	29	34	6	5.8	0.5	0.2	1	6	94
	BG	1370	13.3	13.8	6	240	4.9	44	55	63	7	4.6	3.5	0.2	1	9	88
	GHG	310	11.3	6.1	3	60	3.4	28	19	28	6	4.8	0.8	0.2	1	5	94
	GHGGLG	280	17.8	4.3	4	50	0.9	8	22	38	6	6	0.7	0.2	1	4	95
	GLG	200	12.7	3.7	4	50	0.2	4	25	36	6	5	0.5	0.2	1	6	94
	BG	1240	8.6	14.7	5	210	4.1	61	72	61	9	4.7	2.9	0.2	1	8	88

	Nr	Totaal N*	NH4-N	NO3-N	S-PAE	S	P-PAE	P-AI	K	Mg	Na	pH	OS	Kalk	Lutum	Silt	Zand
6	GHG	290	13	3.4	3	70	3.5	34	27	35	5	5.1	0.9	0.2	1	4	94
	GHGGLG	200	13.8	3.7	4	50	0.8	10	29	30	6	5.5	0.6	0.2	1	4	95
	GLG	200	7.1	3.1	4	50	0.3	4	36	29	9	5.8	0.5	0.2	1	2	98
	BG	1470	5.9	8.1	6	315	5.5	98	47	144	13	5.7	3.8	0.2	1	8	87
	GHG	200	3.3	5.3	4	50	0.5	9	9	17	9	5.6	0.4	0.2	2	7	91
	GHGGLG	200	2.4	3.1	3	50	0.3	3	15	43	6	5.8	0.5	0.2	2	6	92
	GLG	200	3.2	3.1	3	50	0.3	3	16	30	6	5.7	0.5	0.2	1	4	96
	BG	1300	3.9	3.1	4	235	4.2	110	12	74	10	5	3.4	0.2	1	8	89
	GHG	200	3.4	5.3	3	50	0.3	6	10	14	8	5.2	1	0.2	1	4	95
	GHGGLG	200	2.5	9.1	3	50	0.3	3	8	18	8	5.4	0.7	0.2	1	5	93
	GLG	200	2.3	3.1	2	50	0.3	3	9	9	7	5.4	0.5	0.2	1	4	96
	BG	1590	5.7	9.2	5	345	4.8	90	65	110	9	5.1	4.1	0.2	1	7	89
	GHG	360	6.4	12.4	4	90	0.2	11	23	31	9	5.2	1.9	0.2	2	4	92
	GHGGLG	200	4.2	11.3	3	60	0.3	3	12	22	9	5.1	1.1	0.2	1	3	95
	GLG	200	3.7	3.1	2	50	0.3	3	9	11	5	5.1	0.6	0.2	1	4	95
	BG	1510	3.9	5.5	4	285	4.5	96	38	77	9	4.9	3.6	0.2	1	8	88
4	GHG	400	4.9	6.8	3	80	0.3	7	18	42	11	5.3	2.2	0.2	2	1	95
	GHGGLG	200	6.5	3.3	2	50	0.3	3	9	15	10	5.2	0.9	0.2	1	1	98
	GLG	200	4.4	3.2	2	50	0.3	3	9	10	7	5.5	0.4	0.2	1	0	100
	BG	1430	4.7	3.4	5	145	0.3	20	72	144	9	5.7	3.3	0.2	8	6	83
	GHG	820	4.9	3.1	6	95	0.3	18	40	105	7	5.8	1.8	0.2	5	5	88
	GHGGLG	460	4.5	3.1	14	80	0.3	16	41	65	6	6	1.3	0.2	2	8	89
	GLG	250	4.2	3.1	20	60	0.3	6	31	38	6	7.8	0.9	1.3	1	8	90
	BG	1110	4.4	7.8	3	130	0.3	21	41	95	7	5.7	2.6	0.2	4	10	83
	GHG	650	3.7	3.2	2	60	0.4	14	37	72	7	5.7	1.6	0.2	3	8	87
	GHGGLG	200	2.9	4.4	1	50	0.3	3	18	28	6	6.2	0.5	0.2	1	4	96
	GLG	200	2.7	5.8	2	50	0.3	4	25	32	5	7.8	0.5	1.7	1		92
	BG	1160	3.9	3.1	2	120	0.5	21	82	71	7	5.3	2.8	0.2	3		84
	GHG	370	4.2	5.9	1	50	0.3	5	34	69	8	5.7	0.8	0.2	3		88
	GHGGLG	200			1	50	0.3	3	23	45	6	5.9	0.5	0.2	1		94
	GLG	200			2	50	0.3	5	21	34	6	6.2	0.5	0.2	1		94
	BG	1860			3	185	0.3	27	91	126	8	5.4	4.1	0.2	8		76
	GHG	440			1	50	0.3	7	32	77	6	5.8	0.9	0.2	3		88
	GHGGLG	200			1	50	0.3	5	28	44	6	6.1	0.4	0.2	1		93
	GLG	200			4	50	0.3	5	23	32	5	7.7	0.4	0.5	1		92

## Bijlage 3 Data bodemvochtanalyses

	Nr	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	IC	DOC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4
<b>1</b>	BG	7.20	132	0.7	8.4	0.4	16.8	1.7	0.1	5.1	0.5	3.0	6.5	52.0	0.1	2	5.7	0.07
	GHG	6.77	164	1.8	12.6	1.1	15.6	2.0	0.2	6.3	0.4	3.8	1.5	82.0	0.1	9	13.5	0.06
	GHGGLG	7.02	340	2.3	23.2	0.9	7.0	4.3	0.1	15.8	0.1	6.4	3.3	47.1	0.1	14	17.2	0.00
	GLG	6.73	447	11.2	37.7	7.6	10.6	10.4	0.1	18.0	0.3	10.6	3.0	43.5	0.1	23	26.3	0.01
<b>2</b>	BG	6.00	470	1.4	41.7	7.3	10.8	12.8	0.3	18.6	1.6	23.8	1.8	65.7	1.1	29	35.8	0.26
	GHG	5.55	1260	0.2	161.6	0.2	16.8	47.0	0.0	29.6	0.3	187.8	0.9	52.8	1.0	26	31.7	0.00
	GHGGLG	5.81	928	0.9	107.4	0.6	28.2	32.7	0.0	27.3	0.2	147.6	0.0	26.4	0.0	9	13.6	0.00
	GLG	7.80	1220	0.1	184.0	0.1	29.1	40.4	0.3	24.1	0.1	186.0	28.2	59.4	1.0	1	6.1	0.00
<b>3</b>	BG	5.50	265	0.8	15.5	1.1	34.5	4.1	0.1	8.0	3.6	5.6	0.0	60.0	0.0	20	25.2	2.94
	GHG	5.95	170	10.1	11.0	14.7	7.5	2.8	0.4	13.5	1.2	6.8	0.0	73.5	0.3	8	15.0	0.39
	GHGGLG	6.00	214	252.9	39.0	181.5	43.2	21.6	6.5	13.5	6.3	9.6	2.0	270.0	0.3	13	29.1	0.47
	GLG	6.45	901	0.2	85.1	0.2	17.1	23.1	0.1	28.9	0.0	28.2	0.9	35.1	0.1	65	66.2	0.00
<b>4</b>	BG	6.08	249	3.5	19.0	8.0	10.0	4.6	0.1	14.0	0.8	9.0						
	GHG	6.20	143	1.8	19.0	4.2	11.0	4.6	0.0	13.0	0.5	11.6						
	GHGGLG	6.46	219	57.8	24.0	62.8	14.6	10.0	0.4	10.4	1.1	16.8	1.5	51.3	0.8	7	12.7	0.02
	GLG	6.64	563	1.7	120.6	1.4	24.6	30.0	0.0	30.6	0.1	89.6	1.2	20.1	0.1	25	27.3	0.01
<b>5</b>	BG	5.70	970	2.1	49.8	1.4	90.3	31.2	0.3	30.9	11.6	23.0	3.0	188.0	6.5	75	97.8	9.48
	GHG	5.49	873	13.1	31.5	2.7	108.0	25.0	0.4	40.0	5.1	22.4	1.0	246.0	0.2	56	73.8	2.72
	GHGGLG	5.82	842	12.3	33.0	3.4	78.2	25.2	0.6	47.0	1.1	23.6	0.6	189.9	1.4	59	72.0	0.22
	GLG	6.00	774	1.2	43.2	0.4	36.9	29.2	0.1	40.8	0.3	30.3	0.6	78.6	0.1	42	46.3	0.00
<b>6</b>	BG	6.21	235	1.5	24.6	3.1	0.9	7.5	0.1	3.9	1.5	10.0	0.3	53.4	0.1	17	22.0	0.47
	GHG	6.22	321	1.6	35.1	2.5	3.3	8.6	0.5	3.9	0.6	28.6	1.0	37.5	0.8	13	18.3	0.10
	GHGGLG	5.55	440	0.4	40.2	0.3	9.6	12.1	1.4	4.5	0.1	57.6	0.0	25.5	3.0	1	7.8	0.00
	GLG	7.04	296	0.8	17.4	6.0	9.0	6.4	0.7	4.8	0.2	12.6	9.6	66.9	2.7	0.2	8.0	0.01
<b>7</b>	BG	5.78	465	1.9	14.0	0.6	58.0	4.5	0.2	24.0	1.0	7.3	0.0	72.5	0.5	37	42.0	0.44
	GHG	5.53	270	4.6	9.9	0.2	25.5	3.5	0.0	21.6	0.1	9.6	0.0	110.0	0.2	13	20.4	0.00
	GHGGLG	5.47	322	2.3	14.1	0.2	18.3	6.7	0.0	24.0	0.1	14.0	0.0	65.7	0.3	18	22.9	0.00
	GLG	5.12	771	1.5	53.0	0.2	28.2	28.8	0.2	45.8	0.0	31.6	0.3	34.2	0.4	54	56.5	0.00
<b>8</b>	BG	5.86	453	0.9	31.2	0.4	15.1	13.5	0.1	25.2	0.3	6.4	0.3	50.4	1.6	47	52.0	0.01
	GHG	5.82	238	9.8	13.0	3.1	3.6	5.2	0.6	23.8	0.5	8.1	0.6	122.1	0.7	15	22.9	0.02
	GHGGLG	5.52	322	1.9	19.1	0.3	2.6	8.3	0.1	24.5	0.1	10.5	0.0	39.0	0.1	19	22.0	0.00
	GLG	6.79	439	2.2	30.0	0.7	5.6	12.4	0.2	26.9	0.2	19.9	2.4	44.7	0.3	14	17.5	0.01
<b>9</b>	BG	5.81	282	1.7	20.4	1.8	10.5	6.2	0.2	12.3	0.6	5.1	0.3	58.2	0.3	23	29.9	0.03
	GHG	5.25	256	1.7	23.4	3.6	1.8	5.2	0.2	9.3	0.5	11.3	0.3	51.0	0.0	16	21.8	0.04
	GHGGLG	5.73	356	1.2	40.0	0.7	3.2	11.5	0.1	13.0	0.1	40.2	0.6	25.2	0.0	12	14.6	0.00
	GLG	6.04	488	0.3	60.4	0.1	15.8	21.4	0.1	12.2	0.1	75.4	0.9	25.2	0.5	10	14.2	0.00
<b>10</b>	BG	6.26	349	3.7	22.5	7.7	24.9	6.6	0.7	15.6	3.3	5.7	1.2	75.6	0.8	29	36.8	1.01
	GHG	5.79	327	3.5	21.0	9.5	15.5	6.3	0.5	22.0	4.1	7.2	0.0	74.0	0.4	28	35.5	1.37
	GHGGLG	6.00	257	6.6	14.4	11.3	13.2	3.7	0.9	21.8	1.1	13.0	0.9	88.5	0.1	14	21.6	0.13
	GLG	6.50	375	7.4	26.8	9.1	20.6	7.0	0.7	19.0	0.4	20.0	0.9	52.8	0.6	16	20.7	0.03
<b>11</b>	BG	5.50	464	0.7	39.3	2.3	12.9	10.1	0.1	13.5	0.4	6.8	0.5	43.5	2.1	43	49.5	0.00
	GHG	5.34	400	0.5	42.6	2.6	2.7	10.4	0.1	11.7	0.1	15.3	0.5	47.0	0.3	32	37.5	0.00
	GHGGLG	7.05	631	0.1	77.7	0.3	2.1	18.5	0.0	12.6	0.0	46.5	3.5	35.0	0.2	30	33.5	0.00
	GLG	7.77	1110	0.2	171.6	0.2	5.1	28.7	0.0	11.7	0.1	78.6	35.4	65.7	0.1	39	41.7	0.00
<b>12</b>	BG	5.41	369	0.8	32.6	0.8	4.6	15.9	0.1	11.4	1.0	8.7	0.3	66.6	1.5	39	47.2	0.45
	GHG	5.62	241	3.8	19.5	8.0	2.1	8.3	0.6	10.2	0.5	7.3	0.6	65.7	0.2	13	20.4	0.02
	GHGGLG	5.30	242	3.0	17.0	2.3	4.5	7.6	0.1	13.0	0.2	9.7	0.5	59.5	0.2	10	17.4	0.01
	GLG	6.67	262	4.6	22.5	4.2	6.6	7.8	0.2	15.6	0.2	11.5	3.0	50.7	0.3	9	12.8	0.01
<b>13</b>	BG	6.22	160	7.5	12.0	6.8	6.3	3.8	0.5	13.2	1.7	6.7	2.4	132.0	2.5	6	18.0	0.28
	GHG	6.04	121	351.0	39.9	375.0	4.2	7.2	5.4	13.2	5.6	13.3	4.5	957.0	0.7	2	26.0	0.06
	GHGGLG	6.00	208	238.0	35.0	618.0	7.8	10.0	3.0	13.0	10.2	25.2	0.9	585.0	0.3	1	14.3	0.09
	GLG	5.94	440	0.4	39.8	0.5	10.6	13.1	0.1	16.2	0.0	52.4	0.3	29.4	0.1	3	6.2	0.00
<b>14</b>	BG	7.15	217	59.5	26.5	128.0	30.6	12.6	0.5	8.8	2.5	5.5	17.4	142.8	1.8	2	12.7	0.40
	GHG	7.85	255	5.5	20.0	18.3	18.0	6.8	0.1	11.5	0.8	5.0	18.5	73.0	0.3	6	12.0	0.13
	GHGGLG	7.65	341	5.3	38.7	8.0	10.8	8.6	0.1	14.1	0.3	8.2	26.1	71.4	0.0	7	12.0	0.02
	GLG	7.94	492	0.2	71.5	0.4	20.2	12.5	0.0	15.0	0.1	13.0	51.3	74.4	0.0	4	7.3	0.00



	Nr	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	IC	DOC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4
<b>15</b>	BG	6.36	310															
	GHG																	
	GHGGLG	6.42	247	1.4	13.0	2.7	4.5	2.8	0.0	28.0	0.3	18.9	0.5	43.0	0.3	9.9	17.0	0.00
	GLG	5.42	290	4.0	15.9	3.2	2.7	3.7	0.0	28.2	0.3	21.0	0.4	19.4	0.4	15.5	22.5	0.00
<b>16</b>	BG																	
	GHG																	
	GHGGLG																	
	GLG																	
<b>17</b>	BG	6.50	344	1.1	33.3	0.5	8.4	3.9	0.1	18.3	0.6	5.8	1.2	64.5	0.4	14	19.5	0.18
	GHG	6.24	167	6.4	13.8	0.8	3.0	1.9	0.1	13.2	0.3	9.2	1.5	112.0	0.8	5	16.5	0.01
	GHGGLG	5.65	245	1.7	26.7	0.3	3.9	3.7	0.3	6.9	0.2	14.0	0.3	38.4	0.1	10	13.4	0.00
	GLG	5.24	356	1.0	37.6	0.2	11.0	5.9	0.3	5.6	0.0	17.7	0.3	23.1	0.3	16	18.6	0.00
<b>18</b>	BG	5.83	553	0.5	49.6	0.1	7.8	11.2	0.1	18.0	0.4	5.8	0.0	46.2	1.5	45	49.7	0.03
	GHG	6.06	147	6.7	15.2	0.8	2.0	2.5	0.1	8.2	0.3	5.3	0.6	89.7	0.2	5	11.6	0.01
	GHGGLG	5.67	145	1.9	12.9	0.2	2.9	2.7	0.0	7.0	0.1	6.5	0.0	52.5	0.1	7	10.7	0.00
	GLG	5.42	223	6.5	17.2	1.0	9.2	4.1	0.1	10.2	0.2	13.2	0.9	64.5	0.7	9	15.0	0.00
<b>19</b>	BG	6.17	399	0.8	25.8	1.4	18.0	10.2	0.1	17.7	0.5	3.9	0.3	39.6	0.4	38	41.8	0.05
	GHG	5.26	219	7.6	15.5	16.7	6.7	5.4	1.3	14.7	2.1	5.3	1.0	82.0	0.9	18	25.4	0.17
	GHGGLG	6.67	273	8.6	20.0	17.9	5.2	6.7	0.1	17.4	0.2	19.7	1.5	35.7	0.2	7	12.8	0.01
	GLG	7.79	674	0.4	99.4	0.5	3.4	14.8	0.0	22.6	0.1	27.2	48.6	71.4	0.2	7	9.9	0.00
<b>20</b>	BG	7.05	192	3.0	18.5	10.7	5.0	5.6	0.4	15.1	0.7	6.6	3.0	55.8	0.6	19	25.0	0.02
	GHG	7.24	255	5.2	13.8	20.3	5.4	4.0	0.8	19.5	1.2	5.0	1.5	75.3	0.4	17	24.6	0.05
	GHGGLG	6.93	209	12.6	14.0	23.9	5.0	6.3	0.4	13.5	0.6	11.9	5.0	45.5	0.1	3	9.0	0.01
	GLG	7.97	621	0.5	95.6	1.0	3.6	16.0	0.0	13.6	0.1	17.4	54.6	78.3	0.1	7	9.7	0.00

#### Fase 1 herbemonstering

#### Fase 2

	Nr	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	IC	DOC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4
<b>1</b>	BG	6.18	283	4.2	14	3.3	32	5.2	0.535	6.5	2.15	4.65	1	65	0.28	21.7	27.3	0.82
	GHG	7.41	224	0.5	22.2	0.4	10.6	3.8	0.1	7.8	0.1	10.8	5.0	43.0	0.5	6.9	11.5	0.01
	GHG-GL	6.74	295	0.2	28.6	0.1	10.5	4.8	0.0	8.7	0.0	14.7	1.0	29.0	0.3	16.2	19.5	0.01
<b>2</b>	BG	6.94	145	2.4	12.4	10.5	12.2	3.0	0.4	4.6	0.6	5.0	2.0	76.0	0.4	4.1	10.0	0.08
	GHG	5.98	137	3.7	8.0	29.9	9.5	2.3	0.1	9.5	0.7	9.9	1.0	58.0	0.2	2.7	9.0	0.52
	GHG-GL	6.27	361	0.5	29.6	0.6	7.2	9.1	0.0	18.4	0.1	17.7	0.5	28.0	0.6	18.4	24.5	1.08
<b>3</b>	BG	5.77	198	0.7	5.8	0.8	11.2	1.5	0.1	2.0	0.5	1.3	13.0	74.0	0.2	1.1	6.8	0.80
	GHG	7.98	733	6.4	45.5	8.2	55.5	18.8	0.1	31.0	0.5	22.7	15.5	53.0	0.1	23.4	26.5	0.05
	GHG-GL	7.6	723	0.2	19.8	0.2	17.2	7.5	0.0	13.2	0.2	11.5	7.0	44.5	0.3	30.5	35.5	1.18
<b>4</b>	BG	5.29	242	3.3	17.0	4.8	24.8	3.4	0.3	5.0	2.4	5.0	0.5	68.5	0.3	18.2	24.5	1.57
	GHG	6.61	336	4.5	10.0	2.9	10.4	2.5	0.3	3.6	0.2	3.6	0.5	28.0	0.2	23.1	25.9	0.02
	GHG-GL	6.28	524	5.5	17.8	3.1	12.8	4.9	0.1	4.6	0.2	4.0	1.0	25.0	0.1	37.4	41.6	0.03
<b>5</b>	BG	6.39	435	0.8	10.6	0.7	14.4	3.2	0.1	7.4	1.0	2.7	1.0	67.0	0.3	35.8	42.6	1.82
	GHG	6.01	99.8	2.1	8.0	0.8	4.0	2.0	0.1	5.5	0.4	5.6	0.5	39.0	0.1	3.2	5.7	0.02
	GHG-GL	6.38	255	0.9	21.0	1.4	8.0	6.6	0.0	7.5	0.4	11.9	1.0	30.0	0.2	17.4	21.2	0.02
<b>6</b>	BG	6.77	198	4.3	8.0	4.6	5.4	2.0	1.1	2.0	1.0	1.9	4.5	114.0	0.0	3.9	11.8	0.56
	GHG	7.01	222	0.3	17.0	0.4	15.3	4.5	0.1	5.2	0.0	18.2	2.0	22.0	0.4	4.2	6.6	0.00
	GHG-GL	6.31	284	0.1	8.4	0.1	8.6	2.3	0.0	1.8	0.1	5.8	0.5	17.0	0.1	13.4	16.8	0.28
<b>7</b>	BG	6.08	140	4.0	6.4	7.8	2.2	1.5	0.4	2.8	1.1	5.9	1.5	206.0	0.7	0.3	18.4	0.72
	GHG	6.65	378	0.3	43.5	0.4	7.5	12.0	0.0	5.0	0.4	44.7	1.0	21.5	0.1	7.0	9.6	0.02
	GHG-GL	6.29	395	1.5	17.6	3.8	2.0	4.3	0.0	3.4	0.2	19.4	0.5	21.5	0.1	5.4	7.6	0.01
<b>8</b>	BG	5.75	218	0.6	21.5	0.8	8.5	3.5	0.1	2.5	1.1	3.3	0.5	27.0	0.3	19.1	20.9	0.54
	GHG	6.29	114	2.4	11.0	3.0	5.5	1.9	0.2	4.0	0.8	4.1	1.0	42.0	0.4	2.2	6.0	0.05
	GHG-GL	5.48	288	1.6	28.0	0.6	5.0	3.8	0.0	14.0	0.5	8.4	0.5	37.5	0.3	19.0	23.3	0.03
<b>9</b>	BG	7.92	241	3.6	23.5	1.6	36.5	3.5	0.5	3.5	2.5	3.6	18.0	91.5	0.8	1.2	6.9	1.25
	GHG	7.7	368.0	2.5	42.0	1.0	17.0	6.1	0.0	12.0	0.5	10.1	7.0	72.0	0.3	17.1	21.9	0.02
	GHG-GL	6.8	566.0	2.6	61.0	1.0	22.5	7.4	0.0	10.5	0.3	16.2	1.5	44.5	0.2	37.5	44.5	0.02
<b>10</b>	BG	6.81	412	2.8	31.5	3.6	30.5	6.4	0.3	13.0	2.0	6.5	3.0	61.0	0.7	22.1	28.0	0.41
	GHG	5.15	210	0.2	16.0	0.1	12.0	3.2	0.2	6.5	0.3	10.1	0.5	19.5	0.1	5.2	7.0	0.03
	GHG-GL	5.33	442	3.8	40.2	1.6	17.2	8.4	0.1	14.4	0.2	20.6	0.5	18.5	0.5	18.1	21.2	0.02
<b>11</b>	BG	7.67	363	1.4	38.0	8.1	13.5	8.4	0.2	9.0	1.2	16.3	10.0	77.0	0.9	10.9	17.6	0.19
	GHG	8.38	536	0.2	61.0	0.3	8.5	17.0	0.0	15.0	0.4	18.2	36.5	70.0	0.2	3.7	7.1	0.05

	Nr	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	IC	DOC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4
	GHG-GL	8.45	958	0.2	122.5	0.2	18.0	34.4	0.0	17.5	0.3	42.2	59.5	87.5	0.1	19.2	22.1	0.01
12	BG	6.18	260	1.7	25.5	0.8	6.0	4.7	0.1	9.5	1.6	7.4	1.0	78.0	0.8	16.5	23.4	1.45
	GHG	5.6	314	1.7	31.5	0.3	7.0	8.4	0.0	8.0	0.4	30.4	0.5	43.0	0.2	6.7	10.7	0.02
	GHG-GL	5.67	376	2.2	39.3	0.3	6.5	12.0	0.0	9.6	0.1	41.4	0.5	47.0	0.4	8.2	12.6	0.02
13	BG	6.22	226	2.8	23.0	1.6	3.5	4.8	0.1	9.0	1.7	5.0	1.0	75.0	0.4	18.7	24.8	0.79
	GHG	6.79	145	1.8	7.6	0.6	1.0	1.6	0.0	2.2	0.2	2.6	2.0	82.5	0.3	4.0	9.2	0.28
	GHG-GL	6.46	525	0.9	64.1	0.3	5.7	17.5	0.0	9.5	0.1	58.7	1.0	37.5	0.5	15.3	19.4	0.02
14	BG	6.14	170	4.5	17.4	4.0	6.6	2.7	0.4	6.0	3.1	7.7	1.0	95.0	0.4	7.9	14.4	1.90
	GHG	6.46	120	12.5	12.8	15.2	13.8	1.8	0.1	5.2	0.4	5.4	1.5	96.0	0.4	1.3	7.1	0.02
	GHG-GL	7.11	139	6.5	7.0	7.2	4.0	1.1	0.0	2.6	0.3	3.2	4.0	87.0	0.1	1.2	7.0	0.30
15	BG	7.25	252	2.3	26.0	8.8	4.0	6.4	0.1	10.5	1.4	8.2	3.5	51.5	0.4	13.6	18.4	0.14
	GHG	7.2	150.0	0.5	15.5	1.2	1.5	3.8	0.0	4.0	0.4	12.4	2.5	23.5	0.1	1.3	3.4	0.02
	GHG-GL	8.43	548	0.8	87.5	0.6	5.5	19.0	0.0	7.0	0.9	17.2	51.0	78.0	0.3	2.4	5.5	0.02
16	BG	7.02	337	2.3	25.0	1.8	26.5	8.0	0.1	8.5	1.3	7.7	2.0	91.5	0.9	24.9	32.4	0.47
	GHG	6.81	471	3.0	37.4	2.1	19.0	14.2	0.1	18.4	0.2	16.9	1.5	59.0	0.3	32.8	39.6	0.02
	GHG-GL	6.64	602	0.4	21.4	0.2	4.2	8.2	0.0	7.2	0.1	10.9	1.0	54.0	0.4	35.0	46.5	1.13
17	BG	6.51	296	0.4	34.8	1.6	3.0	7.0	0.4	3.4	0.1	12.4	2.0	97.5	0.2	23.7	32.0	1.16
	GHG	7.47	343	0.7	33.6	1.4	7.8	8.2	0.1	11.2	0.1	14.2	5.0	45.5	0.5	14.3	18.6	0.54
	GHG-GL	6.84	294	28.0	13.8	17.8	11.2	6.2	0.1	3.6	0.4	8.0	2.5	74.5	0.0	10.2	15.4	0.37
18	BG	6.37	302	2.0	11.4	3.5	1.8	3.7	0.1	3.8	0.5	3.1	1.5	91.5	0.1	24.0	30.1	0.05
	GHG	7.66	238	0.6	22.5	0.7	4.0	6.6	0.1	9.5	0.4	20.6	1.0	47.0	0.3	5.7	9.5	0.04
	GHG-GL	6.73	146	1.0	12.3	0.7	3.3	3.4	0.1	9.2	0.0	12.5	1.5	41.0	0.2	1.5	5.4	0.01
19	BG	6.4	266	0.6	10.8	1.7	0.6	3.5	0.1	2.2	0.7	2.0	1.5	52.0	0.0	23.4	29.2	0.75
	GHG	7.16	180	0.1	7.8	0.6	0.8	2.2	0.0	2.0	0.2	4.7	2.5	36.5	0.2	6.0	9.4	0.28
	GHG-GL	8.27	578	6.9	16.8	16.9	3.4	3.4	0.2	5.2	0.3	18.8	49.0	80.5	0.2	0.4	3.6	0.25
20	BG	5.77	182	2.0	17.0	1.6	4.8	2.9	0.8	5.8	0.9	7.4	0.5	64.0	0.5	1.8	3.0	0.30
	GHG	6.59	370	1.6	7.8	2.1	10.8	2.2	0.3	3.6	0.6	2.0	0.5	34.5	0.3	3.2	7.0	1.10
	GHG-GL	6.5	445	9.4	18.0	7.7	8.0	6.1	0.1	3.8	0.2	16.0	1.5	26.5	0.1	16.9	20.2	0.27
21	BG	6.67	294	1.2	9.8	3.9	5.4	2.6	0.2	5.0	0.6	3.3	2.0	73.0	0.4	17.6	23.2	0.43
	GHG	7.97	422	2.2	18.8	2.2	4.6	3.6	0.1	7.6	0.2	8.2	24.0	63.0	0.2	1.7	5.6	0.22
	GHG-GL	8.31	772	0.1	38.6	0.1	8.8	6.9	0.2	10.2	0.1	16.6	46.5	77.5	1.1	0.3	4.8	0.25
22	BG	5.93	285	7.0	22.4	3.8	25.6	6.1	0.3	11.4	1.6	7.8	1.0	126.0	0.5	20.3	27.5	0.19
	GHG	4.52	2840	1.5	92.8	0.0	26.8	39.6	0.1	44.8	0.1	32.4	0.5	32.5	0.7	173.2	179.4	0.22
	GHG-GL	4.23	1420	4.9	108.5	0.2	76.5	41.1	0.2	81.0	0.3	24.3	0.5	32.0	0.6	89.1	92.9	0.01
23	BG	6.2	436.0	26.2	26.0	15.3	84.5	3.6	1.3	26.0	6.3	16.1	2.5	570.0	1.3	21.7	49.7	0.83
	GHG	4.8	540	3.5	28.5	0.6	13.0	13.0	0.1	37.0	0.4	19.2	0.5	68.5	0.2	24.9	29.5	0.02
	GHG-GL	4.64	535	2.4	29.5	0.5	15.0	14.9	0.2	29.5	0.4	21.6	0.5	45.5	0.2	21.1	25.0	0.02
24	BG	6.63	205	3.6	8.0	4.1	6.4	1.7	0.3	2.2	1.1	2.4	2.5	93.0	0.0	11.8	18.2	0.82
	GHG	6.16	403	1.1	39.4	0.9	9.2	12.2	0.2	10.2	0.2	33.8	1.0	47.0	0.4	8.8	12.8	0.02
	GHG-GL	5.96	514	0.7	43.4	0.4	25.6	12.5	1.1	14.2	0.2	64.0	0.5	16.5	2.2	5.1	9.1	0.02
25	BG	7.29	312	2.6	10.2	2.1	14.0	2.6	0.2	1.8	1.0	2.1	9.0	99.5	0.0	18.6	24.4	0.81
	GHG	6.1	158.0	3.3	4.6	1.2	3.0	1.1	0.2	5.2	0.3	2.5	1.0	101.0	0.3	7.8	13.5	1.29
	GHG-GL	6.74	351	1.5	23.0	0.4	7.5	6.3	0.2	26.5	0.4	10.2	2.0	51.0	0.3	21.4	25.3	0.02
26	BG	7.43	236	0.5	9.8	3.2	4.6	2.3	0.2	3.6	0.4	3.9	11.0	86.0	0.8	0.3	1.6	0.33
	GHG	7.35	119	0.8	9.0	1.8	9.0	2.3	0.0	5.5	0.3	3.9	4.0	41.5	0.2	1.8	5.4	0.69
	GHG-GL	8.32	647	0.4	93.2	0.3	7.0	14.6	0.0	15.2	0.1	15.8	33.5	58.5	0.4	24.2	28.3	0.02
27	BG	5.81	268	0.8	10.0	0.4	7.5	2.4	0.1	6.0	2.0	3.0	1.0	57.0	0.4	20.9	25.8	0.57
	GHG	5.63	117	0.7	5.5	0.1	0.0	1.8	0.0	2.5	0.1	2.6	1.0	65.5	0.2	2.0	5.6	0.04
	GHG-GL	5.90	145	2.4	14.0	0.3	1.0	4.7	0.0	4.5	0.1	8.8	1.0	50.5	0.1	2.0	5.3	0.04
28	BG		266	0.8	17.5	0.2	23.0	5.7	0.1	7.5	2.5	3.3	1.0	53.5	0.3	25.0	29.1	1.50
	GHG	6.26	98.9	2.4	5.0	0.5	1.0	1.0	0.0	3.5	0.1	1.7	1.0	76.5	0.3	1.9	6.4	0.03
	GHG-GL		153	4.3	15.4	1.1	5.6	2.9	0.0	13.0	0.1	8.4	2.5	86.0	0.4	1.5	6.9	0.03
29	BG	6.51	180	1.0	8.0	1.2	5.0	2.4	0.1	2.5	0.5	3.5	1.5	89.5	0.8	9.3	16.6	0.30
	GHG		233	0.7	15.0	0.6	5.8	5.6	0.0	17.0	0.0	11.6	1.0	44.5	0.3	10.0	13.5	0.16
	GHG-GL	5.65	277	2.0	18.9	1.6	7.2	8.1	0.1	15.6	0.1	12.2	0.5	41.0	0.2	13.9	17.8	0.03
30	BG	6.32	128	0.6	5.5	2.4	4.0	1.1	0.1	1.0	0.4	1.5	1.0	43.5	0.2	8.5	11.8	0.40
	GHG	7.5	120	0.5	4.0	0.6	2.0	1.0	0.0	5.0	0.0	1.8	5.0	38.5	0.3	2.8	6.4	0.09
	GHG-GL	8.33	432	0.3	49.8	0.2	6.0	11.1	0.0	18.9	0.0	6.1	36.0	56.5	0.2	9.4	11.2	0.02
31	BG	7.8	169.0	0.3	18.3	0.7	9.3	3.2	0.0	4.5	0.5	4.0	6.5	38.5	0.4	7.3	10.6	0.37
	GHG	7.24	442	0.2	17.5	0.2	7.0	4.6	0.0	10.5	0.1	7.7	3.0	24.5	0.4	21.1	24.7	0.03
	GHG-GL		594	0.1	67.0	0.1	20.6	13.2	0.0	18.6	0.0	14.5	25.5	37.0	0.1	21.7	22.8	0.01
32	BG	7	469	1.5	17.0	2.1	18.0	6.6	0.1	4.5	0.9	4.0	3.5	88.0	1.5	40.4	49.7	0.96
	GHG	7.7	471	1.0	18.0	1.2	10.5	7.4	0.0	8.0	0.1	7.7	7.5	61.5	0.3	23.1	28.3	0.05

	Nr	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	IC	DOC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4
	GHG-GL	8.00	464	0.6	38.1	0.4	14.4	15.1	0.0	18.3	0.1	12.6	11.5	55.5	0.2	23.3	27.3	0.01
<b>33</b>	BG		422	2.1	25.8	4.4	18.6	6.3	1.3	33.4	1.3	13.6	0.5	130.0	1.4	32.7	43.8	0.58
	GHG	5.4	210.0	1.4	7.5	0.1	2.0	2.6	0.3	5.0	0.1	5.3	1.0	59.5	0.5	6.2	10.5	0.03
	GHG-GL	5.92	438	0.6	33.0	0.1	8.5	15.3	0.5	17.0	0.3	22.1	1.5	31.0	0.1	17.1	19.4	0.31
<b>34</b>	BG	6.12	381	3.9	24.5	1.4	13.5	8.8	0.2	21.0	0.9	8.2	1.0	80.5	1.4	28.2	36.4	0.27
	GHG	5.5	372.0	1.6	23.7	0.7	4.5	11.8	0.1	26.7	0.1	24.4	0.5	57.5	0.6	14.6	19.0	0.05
	GHG-GL	5.57	397	4.0	25.0	1.2	11.5	11.4	0.1	22.5	0.7	25.2	1.0	47.5	0.4	8.8	13.6	0.22
<b>35</b>	BG	6.13	270	0.9	19.5	0.5	21.9	4.5	0.1	10.5	0.9	4.8	0.5	55.0	0.6	23.4	27.2	0.58
	GHG	5.22	227	0.7	7.5	0.1	6.0	1.3	0.1	7.5	0.1	8.7	0.5	74.0	0.4	3.2	8.8	0.09
	GHG-GL	5.43	390	1.8	15.5	0.2	27.5	3.1	0.1	29.5	0.2	30.0	1.0	50.0	1.6	2.0	6.8	0.11
<b>36</b>	BG	6.01	343	1.5	28.5	0.4	13.0	5.0	0.1	15.0	0.3	7.3	1.0	54.5	0.8	21.7	26.7	0.18
	GHG	6.3	222	2.0	11.5	0.3	5.0	1.3	0.0	6.5	0.1	6.3	1.0	99.5	0.6	6.1	12.2	0.09
	GHG-GL		429	0.9	45.8	0.2	20.0	5.0	0.1	24.0	0.0	39.8	2.0	53.5	0.3	11.1	14.0	0.08
<b>37</b>	BG	5.62	297	0.8	17.7	0.3	25.8	3.8	0.1	14.1	0.5	5.3	0.5	48.5	0.3	22.8	26.4	0.40
	GHG	5.27	243	0.6	5.5	0.1	11.5	0.8	0.0	7.0	0.1	7.5	0.5	44.0	0.2	8.3	11.2	0.14
	GHG-GL	5.4	232	0.8	5.0	0.2	11.5	0.8	0.0	7.0	0.1	6.0	0.5	45.5	0.3	9.0	13.1	0.02
<b>38</b>	BG	5.59	528	1.5	25.8	0.7	25.8	14.9	0.1	36.9	0.6	11.7	0.5	85.0	0.5	40.8	48.8	0.27
	GHG		529	5.0	19.4	0.3	47.4	6.8	0.3	41.4	0.2	18.7	1.0	104.5	0.6	22.2	29.4	0.09
	GHG-GL	4.63	851	1.9	39.3	0.1	63.3	17.9	0.1	45.6	0.0	22.1	0.0	33.0	0.4	42.1	43.7	0.01
<b>39</b>	BG	5.85	348	0.8	22.8	0.3	21.6	4.3	0.2	16.8	0.6	4.4	0.5	49.0	0.5	30.0	34.2	0.42
	GHG	5.33	255	1.5	28.2	0.2	6.3	2.7	0.0	10.5	0.0	22.1	0.5	41.5	0.2	6.9	10.1	0.01
	GHG-GL	5.44	226	2.0	11.0	0.7	5.0	1.2	0.0	3.0	0.1	8.1	0.5	41.5	0.1	5.1	7.6	0.02
<b>40</b>	BG		115	2.1	8.0	1.5	7.0	1.8	0.5	8.0	1.1	5.2	1.0	85.5	0.7	3.9	12.4	0.30
	GHG		132	6.8	6.0	7.4	11.0	1.6	1.0	13.0	1.5	7.0	1.5	58.5	0.7	3.3	9.9	0.17
	GHG-GL		151.0	0.7	10.4	0.4	5.6	3.1	0.0	12.2	0.0	7.8	3.5	49.5	0.4	4.7	9.6	0.08
<b>41</b>	BG		149.0	1.9	12.0	1.0	5.5	3.6	0.2	7.0	1.0	4.2	1.0	60.0	0.5	9.8	15.3	0.43
	GHG		96.9	5.0	12.6	0.8	1.6	1.6	0.1	6.8	0.1	3.1	1.0	80.0	0.4	1.9	8.2	0.09
	GHG-GL		176	3.8	17.2	0.7	7.8	3.7	0.0	7.6	0.1	6.6	1.0	61.5	0.4	8.4	12.7	0.01
<b>42</b>	BG	6.23	357	0.7	15.0	0.7	3.0	7.4	0.0	3.5	0.7	3.4	1.0	62.0	0.4	33.9	39.7	0.72
	GHG		186	3.3	18.0	0.7	4.5	4.9	0.0	15.0	0.5	8.7	4.0	80.5	0.3	4.9	11.4	0.15
	GHG-GL		344	2.9	33.0	1.3	13.0	9.7	0.0	16.0	0.5	16.6	5.0	73.0	0.5	14.3	19.8	0.07
<b>43</b>	BG		121	2.7	13.0	12.6	7.5	2.5	0.5	4.0	1.9	7.1	2.5	129.0	1.1	3.5	18.0	0.50
	GHG		149	2.1	8.5	5.8	14.0	2.3	0.1	9.5	0.4	6.2	1.0	52.5	0.5	6.1	12.3	0.01
	GHG-GL	8.08	630	0.2	76.8	0.2	5.7	19.4	0.0	17.7	0.0	15.5	30.0	63.0	0.2	33.5	35.7	0.01
<b>44</b>	BG		184	3.8	19.0	3.0	15.0	2.8	0.2	4.4	0.9	3.6	2.0	79.0	0.6	12.1	18.1	0.23
	GHG		247	5.7	16.6	2.7	26.0	3.2	0.2	14.2	0.2	11.0	1.5	85.5	0.6	8.1	14.1	0.17
	GHG-GL		646	9.9	43.0	6.0	69.0	11.2	0.1	24.0	0.5	25.6	2.0	57.5	0.5	36.6	45.0	0.15
<b>45</b>	BG		208	1.6	20.5	7.1	5.0	5.2	0.2	8.5	1.3	6.3	2.0	65.0	0.5	11.1	18.0	0.39
	GHG		133.0	0.4	14.4	0.9	2.2	3.2	0.0	6.2	0.1	7.3	4.5	35.0	0.4	2.5	5.4	0.18
	GHG-GL		498	0.4	75.6	0.3	29.6	16.4	0.2	8.8	0.0	18.6	51.0	79.0	0.5	3.2	7.2	0.16
<b>46</b>	BG	6.67	209	3.8	9.0	7.3	4.0	2.6	0.1	3.5	0.9	3.7	1.5	74.0	0.6	11.2	17.6	0.85
	GHG	6.29	307	0.8	26.0	0.7	6.5	6.6	0.0	13.0	0.1	0.1	1.0	38.0	0.4	13.1	17.0	0.70
	GHG-GL	8.01	543	0.2	31.5	0.2	7.5	7.5	0.0	4.5	0.0	8.9	22.0	48.0	0.3	21.8	24.5	0.02
<b>47</b>	BG		269	1.1	19.0	0.6	16.5	8.8	0.1	7.0	0.9	3.5	1.0	71.0	0.4	21.2	27.2	0.30
	GHG	5.98	361	0.3	14.5	0.3	5.0	5.3	0.0	5.0	0.1	7.9	1.0	37.5	0.4	22.1	25.1	0.02
	GHG-GL	7.29	399	0.2	17.5	0.1	5.5	6.0	0.0	4.0	0.0	7.0	3.5	35.0	0.5	24.8	28.6	0.04
<b>48</b>	BG	5.85	251	0.9	9.0	0.8	5.0	3.9	0.1	3.5	0.4	1.9	1.0	64.0	0.5	21.6	26.7	0.21
	GHG	5.86	418	4.3	14.5	2.3	12.0	5.7	0.0	7.0	0.1	7.0	0.5	44.5	0.4	28.0	32.3	0.02
	GHG-GL		242	1.6	17.5	0.6	13.0	7.1	0.0	12.5	0.4	8.8	2.0	50.0	0.5	15.8	19.0	0.30
<b>49</b>	BG		307	0.7	23.0	0.7	8.0	9.3	0.3	11.8	1.9	9.4	0.5	67.0	1.2	23.6	30.2	1.62
	GHG		344	0.6	34.8	0.1	12.4	10.9	0.4	10.8	0.0	19.3	0.5	24.0	0.5	25.6	28.8	0.17
	GHG-GL		404	0.7	38.0	0.2	2.5	13.9	0.1	11.1	0.0	18.5	0.5	19.0	0.3	31.8	40.1	0.01
<b>50</b>	BG		324	1.2	39.4	0.6	14.2	6.1	0.2	11.4	2.4	20.8	1.0	93.5	1.4	15.1	24.6	1.75
	GHG		388	1.1	38.2	0.1	14.0	8.8	0.1	13.0	0.0	14.3	0.5	65.5	0.3	26.1	30.3	0.16
	GHG-GL	5.89	514	2.2	23.0	0.6	10.5	6.1	0.0	7.5	0.1	9.9	1.0	46.5	0.4	33.1	37.5	0.03

Voor een aantal analyses was te weinig bodemvocht (lege velden).

De meeste monsters zijn verdund (factor 1, 2, 3, 5 of 10) om voldoende monster te hebben voor analyse op ICP en SFA.

## Bijlage 4 Data grondwateranalyses

### Fase 1

Nr	Code	IC*	TC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S
1	9	5.8	22.5	0.08	33.3	35.3	0.003	6.7	594	0.2	52.1	0.1	9.2	18.8	0.044	21.3	0.01	13.9
2	6	28.8	46.8	0.43	0.05	2.3	0.005	7.6	1361	0	228	0.84	19.6	32.6	0.729	9.8	0.03	122
3	10	7.7	23.8	0.07	74.9	76.1	0.006	6.27	922	0.16	103	0.07	12.9	31.7	0.092	22.6	0.04	22
4	7	21.1	29.2	0	38.2	38	0.005	8.1	1042	0.01	125	0.02	8.5	27.9	0.018	17.2	0.02	63.2
5	110	14	44.5	0.05	15.3	19.1	0.034	6.33	375	1.31	23	0.28	18.6	15.4	0.043	17.3	0.05	14
6	31	46.8	88.7	6.04	0.01	9.8	0.468	6.28	504	0.15	47.3	23.2	15.3	16.4	1.29	3	0.59	17.7
7	36	7.8	52.5	0.06	15.7	20.4	0.019	5.97	455	3.44	20.2	0.28	16.5	10.2	0.059	28.2	0.06	16.8
8	42	13.1	32	0.04	12.5	14.5	0.004	6.56	414	0.93	26.9	0.19	6.9	12.1	0.18	25.5	0.03	18
9	18	8.9	19.2	0.04	8.76	9.5	0.002	7.25	705	0.11	72.7	0.07	24.8	23.9	0.301	4	0.01	75.1
10	20	12.9	34.2	0.04	12.6	15.1	0.043	6.92	376	0.01	205	0.01	4.6	33.7	0.376	10.1	0.02	76.4
11	48	21.2	34.5	-0.01	49.2	49.9	0.001			0.69	27.4	0.68	23.5	6.77	0.061	17.5	0.07	16.8
12	49	12.5	34.5	0.05	7.63	9.9	0.009	6.86	328	0.26	26.2	0.48	7.1	9.69	0.068	20.8	0.03	8.76
13	4 er	4.5	25.4	0.04	13.3	14.1	0	5.67	473	0.39	43.8	0.26	11.8	15	0.014	12.2	0.01	36.1
14	5 er	65.7	76.1	0.04	11.1	12	0	7.27	753	0	113	0.01	22.8	16.2	0.107	16.2	0.01	19.3
15	4 we	20.5	24.2	0.05	17	17.3	0.035	7.64	407	0.01	34.9	0.01	1.7	6.49	0.005	24.8	0.05	16.7
16	22 we	24.5	33.9	0.09	0.01	0.8	0.006	8.46	446	0.03	39.8	0.29	4	6.23	0.072	12	0.03	15.9
17	67 sc	7.3	19.5	0.06	9.53	10.1	0.004	5.22	242	1.13	17.6	0.15	13.1	4.75	0.051	4.7	0.01	11
18	11 sc	2.9	29.6	0.06	8.86	10.6	0.006	5.51	193	1.83	16.4	0.17	4.8	3.84	0.022	5.7	0.03	11
19	9 ko	27.1	41.8	0.1	10.2	11.9	0.004	7.43	595	0.02	84.9	0.05	4.2	15.4	0.016	15.4	0.02	18.5
20	12 ko	40	47.8	0.04	1.32	1.9	0.002	7.79	605	0	107	0	0.5	10.3	0.006	9.8	0.01	22.3
aantoonbaarheidsgrens																		
		0.3	0.3	0.09	0.03	0.15	0.03			0.03	1.2	0.09	0.4	0.15	0.01	0.3	0.1	0.2

\* Zie Bijlage 1 voor parameters, eenheden en methoden.

## Fase 1, herhaalde bemonsteringen

Nr	Code	IC*	TC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S
14	E4-1	14	40	4.6	0	5.8	0.019	6	428	-0.1	200	37	10.1	21.7	2.0	15	0.1	69
14	E4-2	72	87.6	0.5	0	2.3	0.001	6.78	950	0.0	135	2	25.6	32.4	0.8	17	0.0	74
14	E4-3	61	69.8	1.0	0	1.9	0	7.16	601	0.0	77	4	26	16	0.5	13	0.0	19
14	E4-4	51	61.4	0.0	13	14.4	0.001	6.8	600	0.0	70	0	37.3	13.6	0.2	13	0.0	17
13	E5-1	13	33.3	0.0	3	4.5	0.005	5.88	550	0.3	48	0	17.6	19	0.0	9	0.0	55
13	E5-2	15	47.3	0.0	2	4.5	0.005	6	254	0.5	23	0	11.2	8.8	0.0	8	0.0	21
13	E5-3	15	35.6	0.0	43	45	0.002	5.73	709	0.3	66	0	20.2	26.4	0.0	14	0.0	25
13	E5-4	25	63.7	0.1	5	7.2	0.008	6.21	415	0.3	39	1	13.9	18	0.0	13	0.0	27
3	P10-1	15	47.1	0.1	43	46.7	0.031	6.42	642	0.2	60	0	14.8	21.5	0.1	22	0.1	22
3	P10-2	11	33.4	0.1	46	49	0.014	6.21	736	0.2	68	0	12.8	20	0.1	22	0.0	23
3	P10-3	12	37.9	0.0	39	41.9	0.018	6	585	0.3	52	0	10.5	13.6	0.0	26	0.0	16
3	P10-4	15	37.5	0.1	37	39.6	0.023	6.26	710	0.1	71	0	18.6	20.7	0.0	19	0.0	30
12	H49-1	50	76.8	0.4	0	1.6	0.084	7.16	608	0.1	61	2	14.4	5.69	0.5	53	0.1	9
12	H49-2	15	50.3	0.0	6	8.9	0.012	6.54	290	0.2	28	0	9.1	7.51	0.2	14	0.0	10
12	H49-3	15	51.1	0.0	21	23.8	0.026	6.14	394	0.5	25	0	18.8	16.2	0.1	12	0.1	12
12	H49-4	19	57.9	0.1	9	12.3	0.056	6.52	351	0.3	29	0	16.8	9.7	0.0	17	0.1	11
6	S31-1	38	64.7	0.2	0.01	2.3	0.016	6.22	257	0.3	24	3	7.1	7.27	0.2	13	0.0	11
6	S31-2	13	46.1	0.0	6.99	10.2	0.02	6.22	303	2.2	17	0	2.1	4.04	0.0	15	0.1	4
6	S31-3	8	55.3	0.0	9.36	12.4	0.014	5.97	198	1.7	26	0	2.3	4.31	0.0	10	0.0	8
6	S31-4	13	73.8	0.0	9.57	13.1	0.037	6.17	205	2.5	18	0	1.9	4.1	0.0	20	0.1	5
4	F7-1	77	89.5	0.5	15	16.4	0.005	7.14	1080	0.0	180	0	24.2	20.2	0.4	17	0.0	54
4	F7-2	57	67.4	0.0	18	18.4	0.003	7.38	872	0.0	146	0	6.2	15.2	0.1	17	0.0	36
4	F7-3	43	49.6	0.0	26	25.7	0.003	7.56	737	0.0	115	0	9.2	12.1	0.1	12	0.0	17
4	F7-4	80	89.9	0.0	9	9.9	0.002	7.22	870	0.0	153	0	9.1	16.3	0.7	12	0.0	28

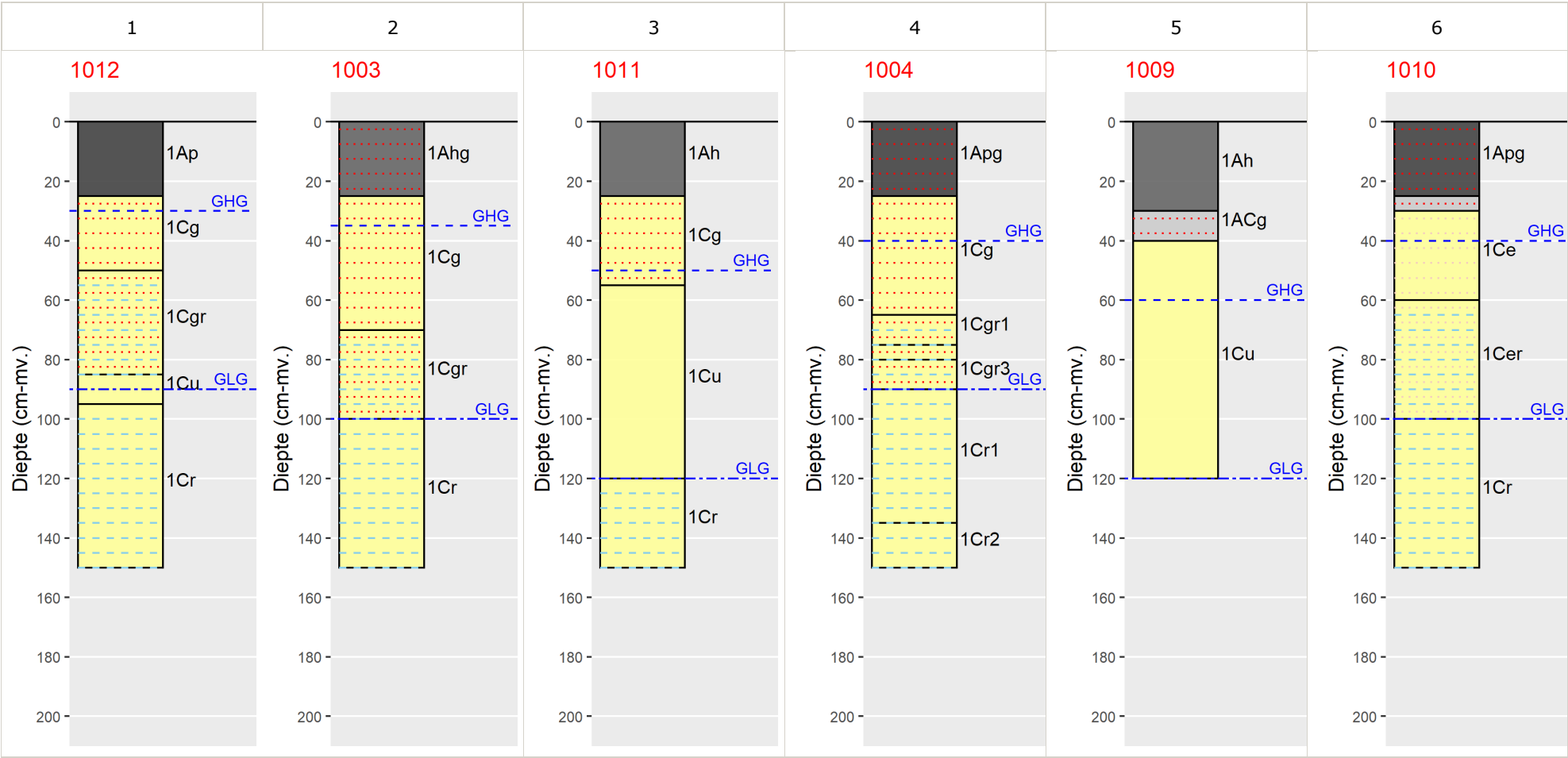
Fase 2

Nr	Code	IC*	TC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S
1		3	34.5	0.0	3.31	5.7	0.019		-	4.2	14	6	4.7	2.73	0.0	4	0.2	8
2		6	17.5	0.0	36.7	36.6	0.005	6.19	577	0.1	51	0	8.2	16	0.3	20	0.0	14
3		5	28.3	0.1	39.3	40.5	0.039			0.0	75	0	41.2	31.2	0.2	39	0.1	25
4		6	18.8	0.0	25.6	27.4	0.006	6.29	407	0.1	34	0	22.8	8.43	0.0	8	0.0	9
5		2	14.8	0.0	42	42.2	0.004	6.22	520	0.3	45	0	9.9	16.7	0.0	11	0.0	5
6		8	22.7	0.0	0.81	1.8	0.011	6.13	88.2	0.6	7	0	8.4	2.31	0.2	1	0.0	4
7		14	25.7	0.0	3.11	4	0.003	6.32	373	0.1	38	0	10.4	13.8	0.1	3	0.0	43
8		6	37.8	0.0	27.1	30.5	0.009	5.95	413	0.6	42	0	4.4	7.35	0.0	17	0.0	13
9		4	46.3	0.0	21.7	23.4	0.006	6.58	470	0.7	62	0	20.3	7.01	0.0	9	0.0	11
10		3	11.3	0.0	22	22.2	0.004	4.97	487	0.8	48	0	13.4	9.83	0.1	13	0.0	20
11		25	40.2	0.0	8.84	9.6	0.004	7.04	827	0.0	104	0	13.9	30.8	0.5	22	0.0	23
12		2	63	0.1	4.62	7.5	0.011	5.55	405	3.1	42	0	5.8	15.1	0.0	8	0.0	49
13		7	44.8	0.0	10.7	12.6	0.004	6.36	436	0.7	54	0	5.4	16.3	0.0	7	0.0	45
14		2	52.5	0.1	6.74	9.6	0.009	6.49	241	1.1	29	1	12.9	3.57	0.0	8	0.0	14
15		10	19.5	0.0	21.9	22	0.004	7.28	772	0.0	121	0	7.7	23.1	0.2	8	0.0	17
16		2	47.3	0.0	40	42.2	0.005	6.35	579	0.4	56	0	9.2	22.7	0.0	15	0.0	22
17		14	38.8	0.0	9.48	11.1	0.004	6.4	400	0.1	43	0	10.2	11.7	0.1	10	0.0	26
18		14	38.1	0.2	0.51	2.3	0.026	6.32	242	0.1	25	6	3.4	6.77	0.5	7	0.1	19
19		5	25	0.1	0.02	1.4	0.015	7.2	390	0.0	48	1	4.1	8.06	1.4	5	0.0	7
20		7	19.6	0.0	9.32	10.1	0.006	7.14	495	0.0	64	0	9	13.6	0.0	7	0.0	51
21		22	55.8	2.1	0	4.1	0.053	6.89	880	-0.1	116	37	13.5	20.9	3.4	26	0.3	64
22		2	49	0.1	20	22.2	0.013	6.78	577	3.4	34	1	4.9	16.1	0.1	36	0.0	15
23		11	42	0.0	24.6	26	0.011	4.98	585	2.1	34	1	12	20.9	0.2	29	0.0	28
24		7	17.1	0.8	0.01	1.4	0.089	6.4	386	0.0	31	19	15.1	6.05	0.5	17	0.1	17
25		12	37.1	0.1	23.3	24.5	0.008	5.98	403	0.7	33	0	6.9	9.54	0.2	21	0.0	8
26		4	17.3	0.1	20.7	21.4	0.008	7.13	591	0.0	69	0	15.1	15.2	0.1	12	0.0	14
27		7	33.1	0.0	6.4	7.8	0.007	6.47	188	1.2	20	0	1.2	7.44	0.0	5	0.0	8
28		5	64.8	0.0	3.14	6.3	0.014	6.59	242	2.9	27	0	3.3	5.77	0.0	13	0.1	9
29		11	28.1	0.0	22	24.2	0.004	5.64	400	0.5	26	0	16.2	14.6	0.2	13	0.0	15
30		15	24.9	0.0	8.61	8.4	0.009	7.17	330	0.1	40	0	4.7	7.11	0.0	15	0.0	5
31		16	22.7	0.0	16.2	17.2	0.003	7.84	545	0.0	67	0	15.8	10.1	0.0	17	0.0	8
32		11	47.7	0.0	30	32.3	0.004	7.33	651	0.0	66	0	16.9	24.8	0.0	22	0.0	15
33		14	30.3	0.1	10.3	11.5	0.006	6.56	493	0.3	49	2	11.9	9.92	0.3	25	0.0	24
34		4	42.7	0.0	8.5	10.2	0.009	5.88	390	1.3	26	0	8.7	13.1	0.0	24	0.0	26
35		6	42.6	0.0	1.51	3.3	0.007	5.82	343	1.4	15	0	24.1	3.05	0.0	32	0.0	26

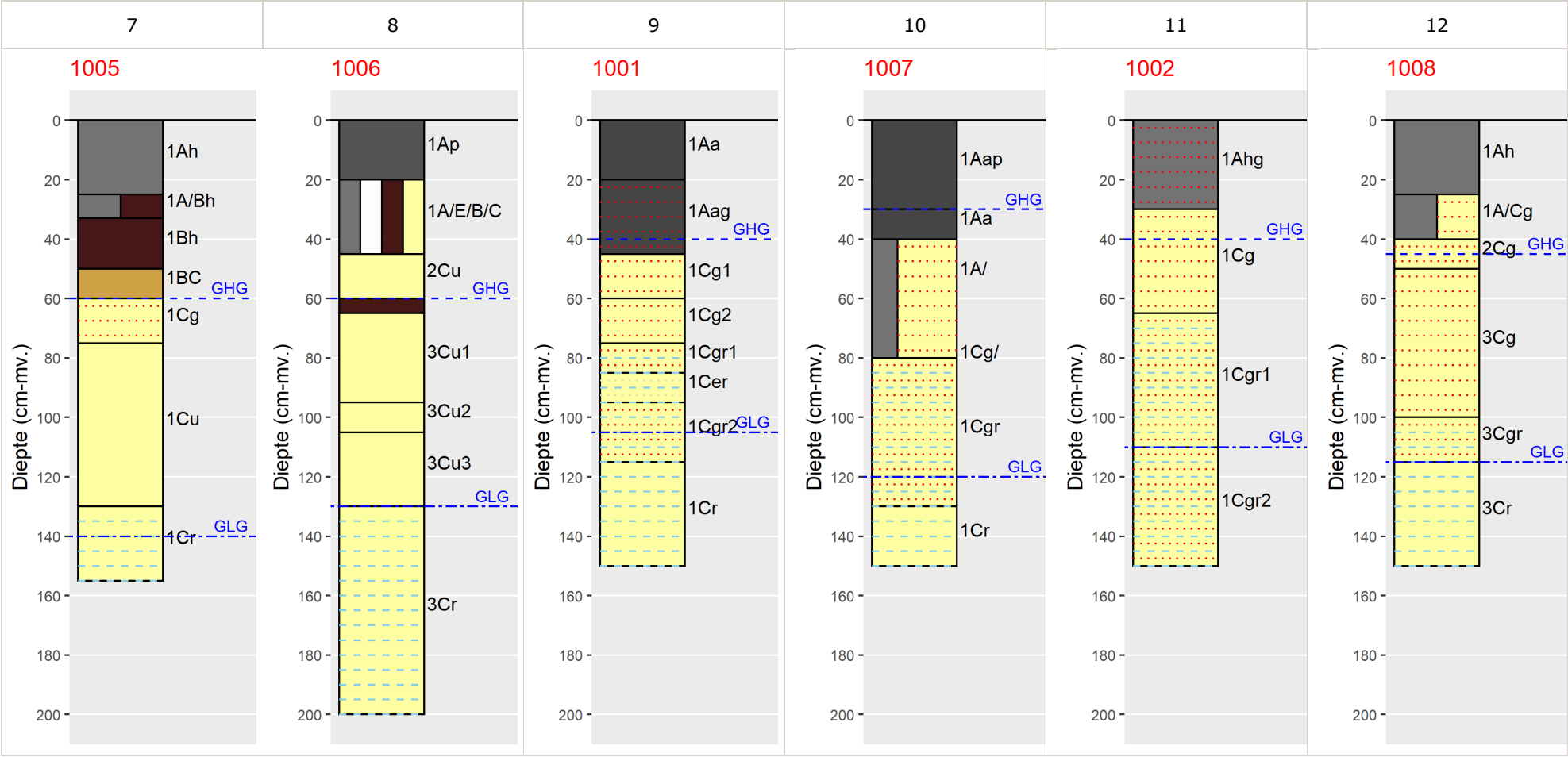
Nr	Code	IC*	TC	N-NH4	N-NO3	Nts	P-PO4	pH	EC	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S
36		3	52.4	0.0	9.64	12.3	0.011	6.8	442	1.5	56	0	15.2	5.63	0.0	22	0.1	38
37		6	38.8	0.0	11.3	13.6	0.015	6.17	283	2.0	19	0	24.7	2.59	0.0	15	0.1	12
38		7	32	0.0	48.2	50.3	0.008	4.97	884	2.5	49	0	60.2	22.8	0.1	45	0.0	23
39		4	38.4	0.0	4.24	6.1	0.007	5.8	205	2.0	21	0	10.7	1.98	0.0	8	0.0	14
40		9	39.9	0.0	4.03	6.2	0.003	6.71	180	0.7	16	1	5.3	5.3	0.0	11	0.0	8
41		4	43.2	0.0	13.6	16.1	0.01	6.33	225	1.4	24	0	8.7	6.28	0.0	5	0.0	7
42		6	62.1	0.0	11.5	14.8	0.006	6.95	398	0.6	45	0	12.1	12.5	0.0	17	0.0	16
43		8	24.2	0.0	40.5	42.5	0.005	6.59	550	0.2	58	0	4.3	15.7	0.0	19	0.0	18
44		6	40.2	0.0	61.8	64	0.003	6.33	970	0.7	76	0	78.3	20.9	0.0	26	0.0	32
45		21	31.1	0.0	2.83	3.5	0.007	6.67	409	0.0	58	0	5.8	11.1	0.0	5	0.0	17
46		29	39.6	0.0	21.5	20.8	0.003	7.05	766	0.0	114	0	12.5	15.8	0.4	11	0.0	16
47		14	42.9	0.0	16.2	16.8	0.008	6.56	319	0.4	30	0	9.7	9.88	0.0	7	0.0	10
48		7	49.6	0.0	14.5	15.7	0.008	6.28	299	0.6	25	0	14.5	9.25	0.0	11	0.0	8
49		8	17.6	0.0	29.1	26.2	0.001	4.93	394	0.8	34	0	1.4	14	0.1	8	0.0	18
50		7	46.6	0.0	22.6	22.8	0.008	5.78	489	1.1	44	0	20.4	10.4	0.0	17	0.0	23

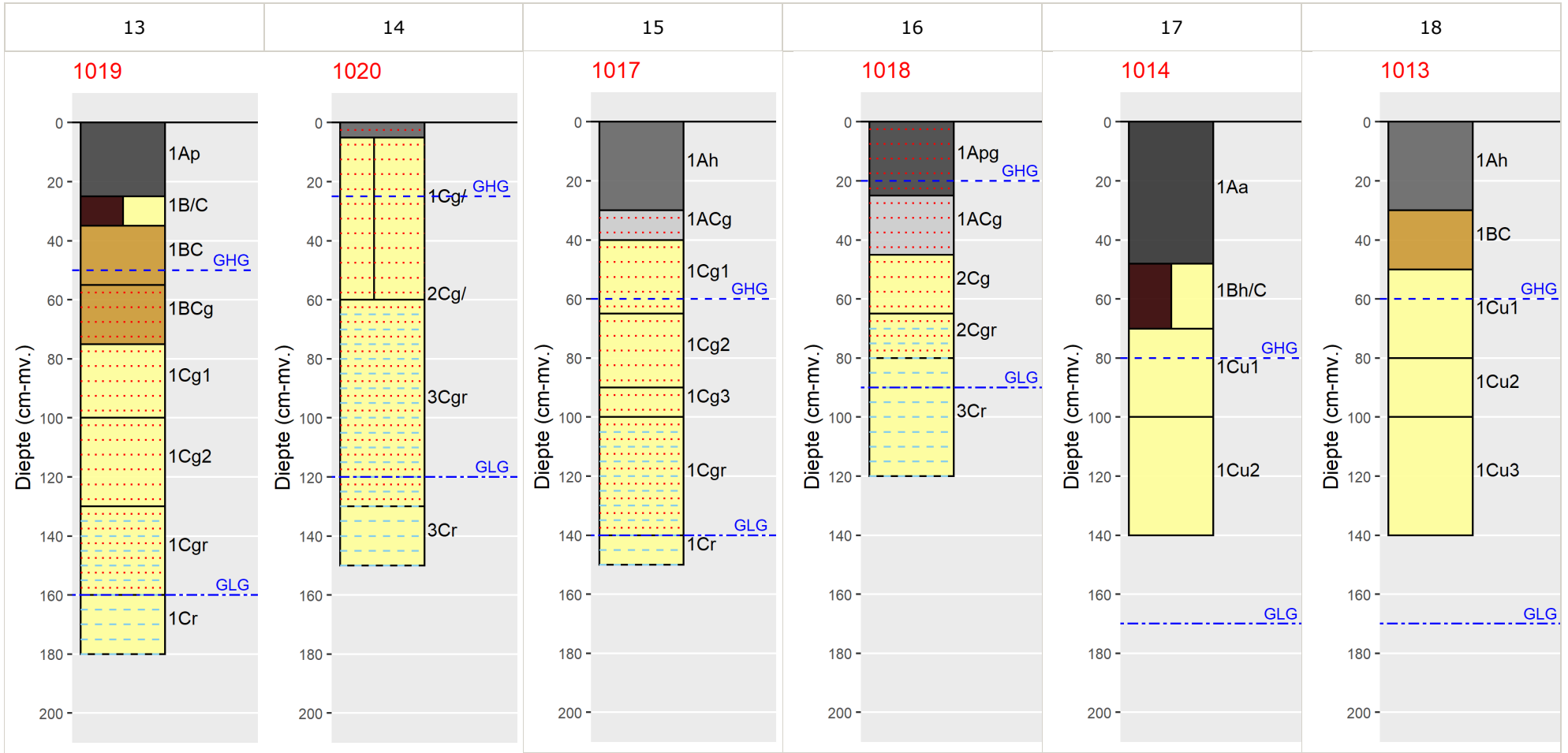
# Bijlage 5    Profielschematisatie

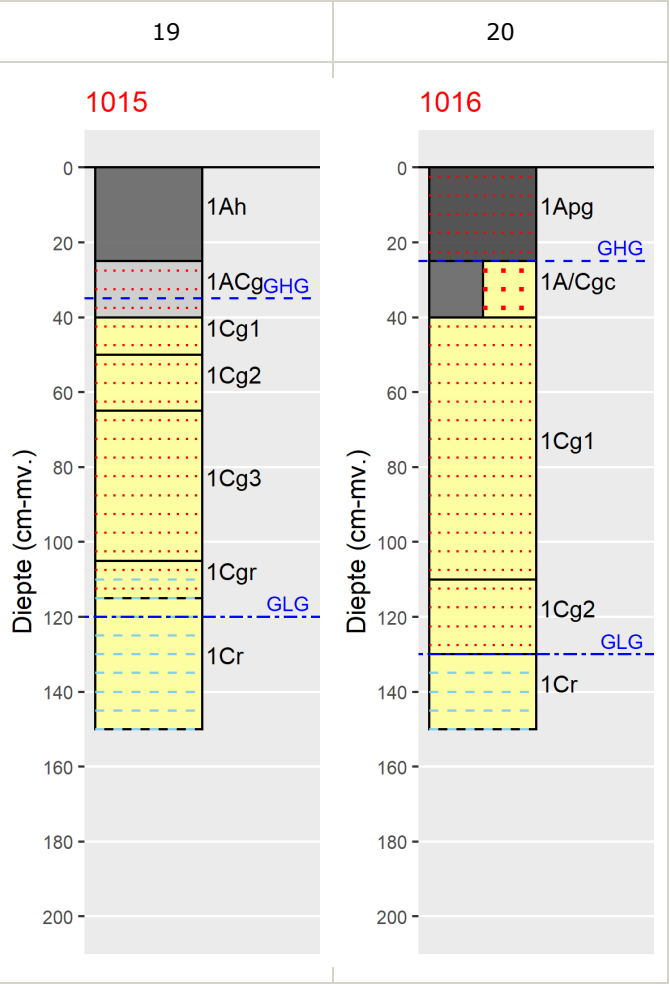
Fase 1: Locatie 1 t/m 20 uit Tabel 1.



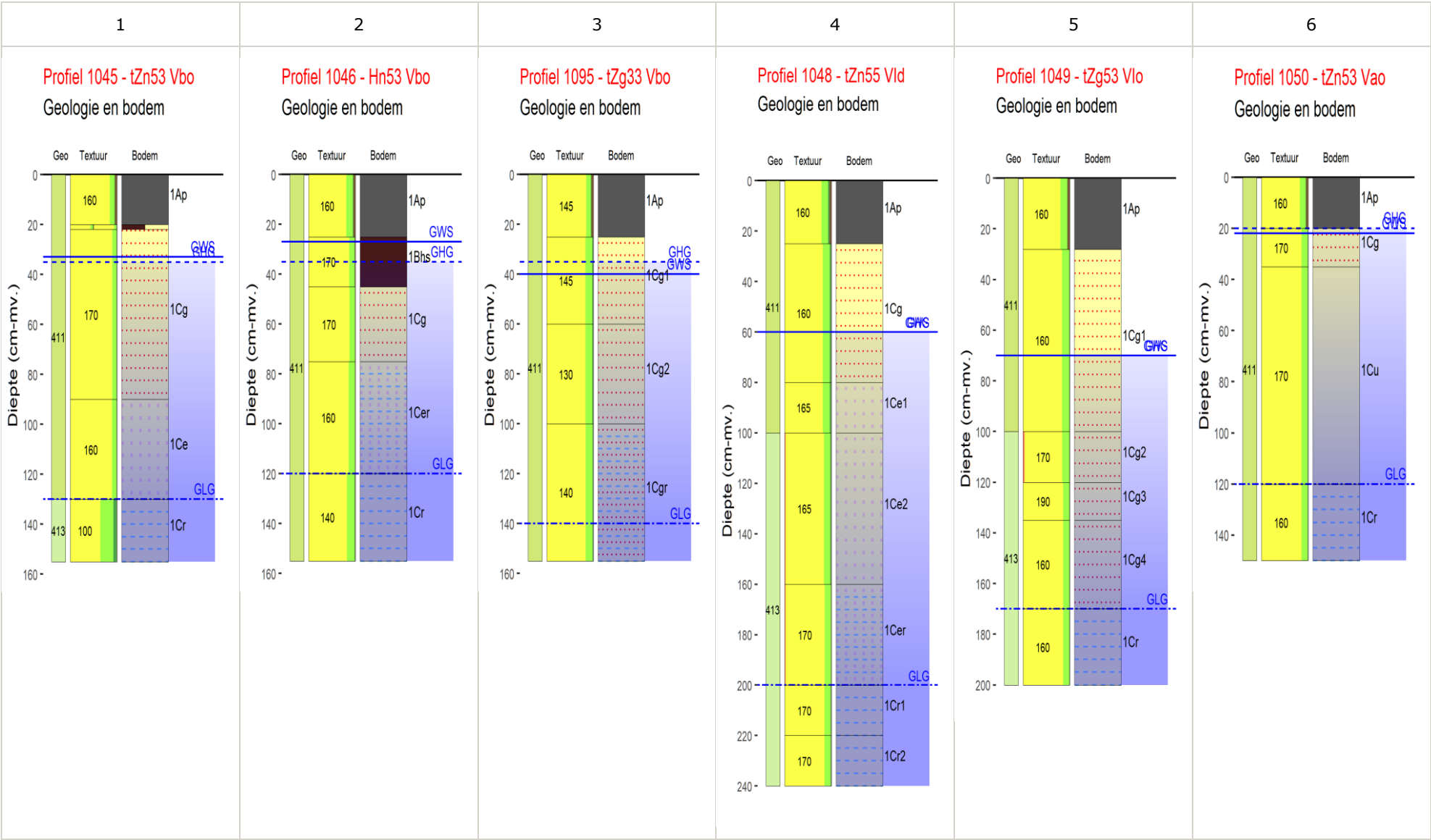


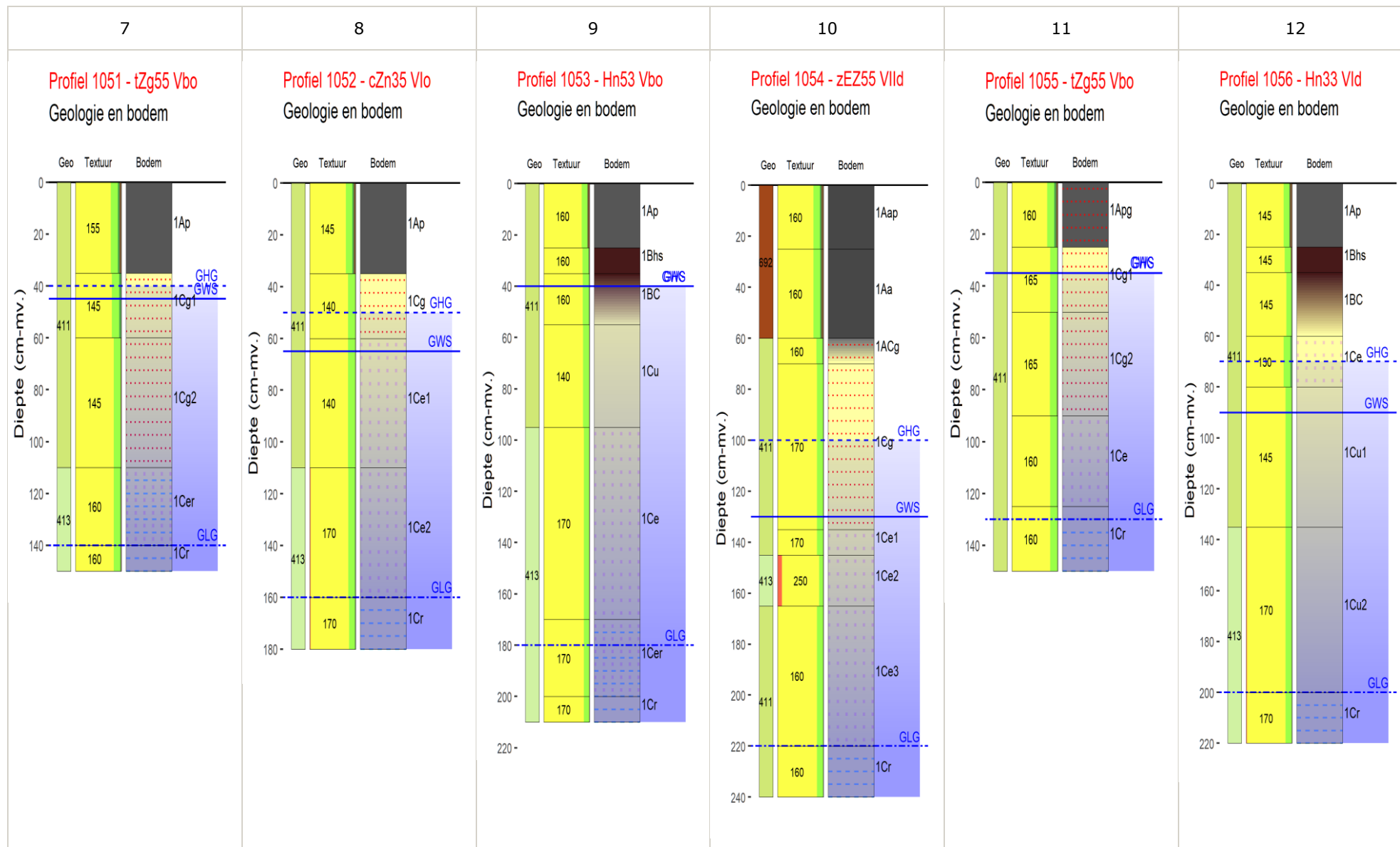


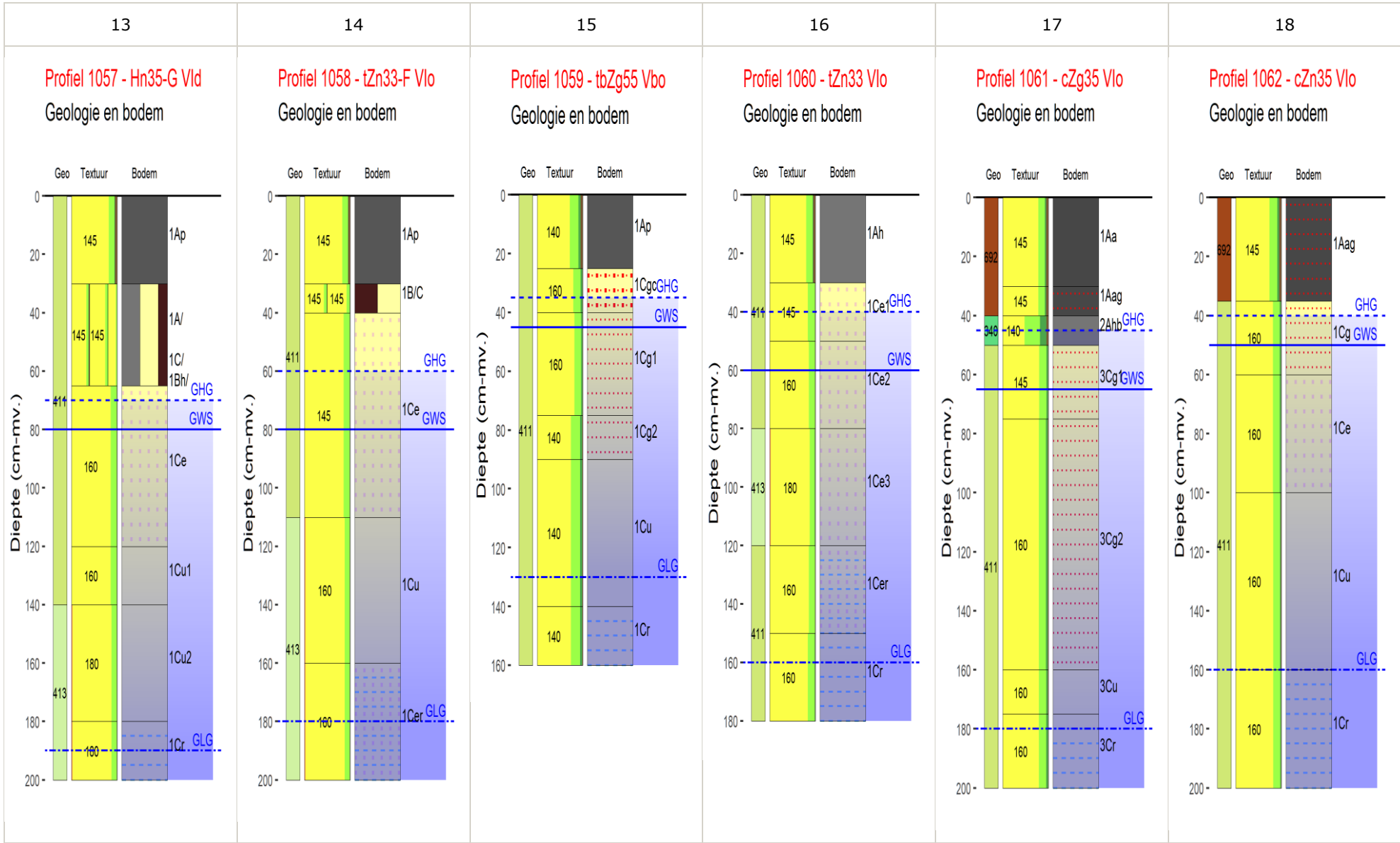


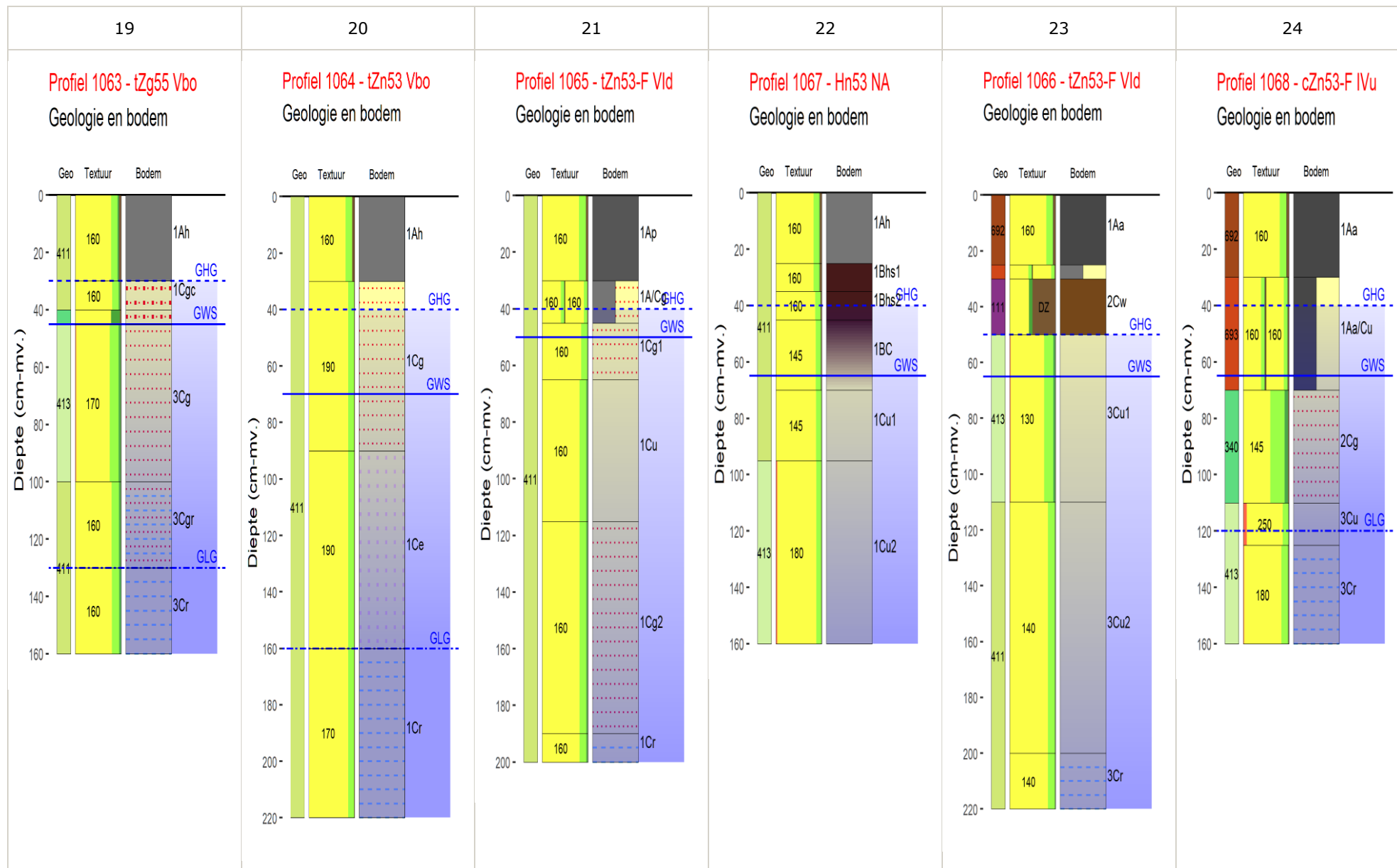


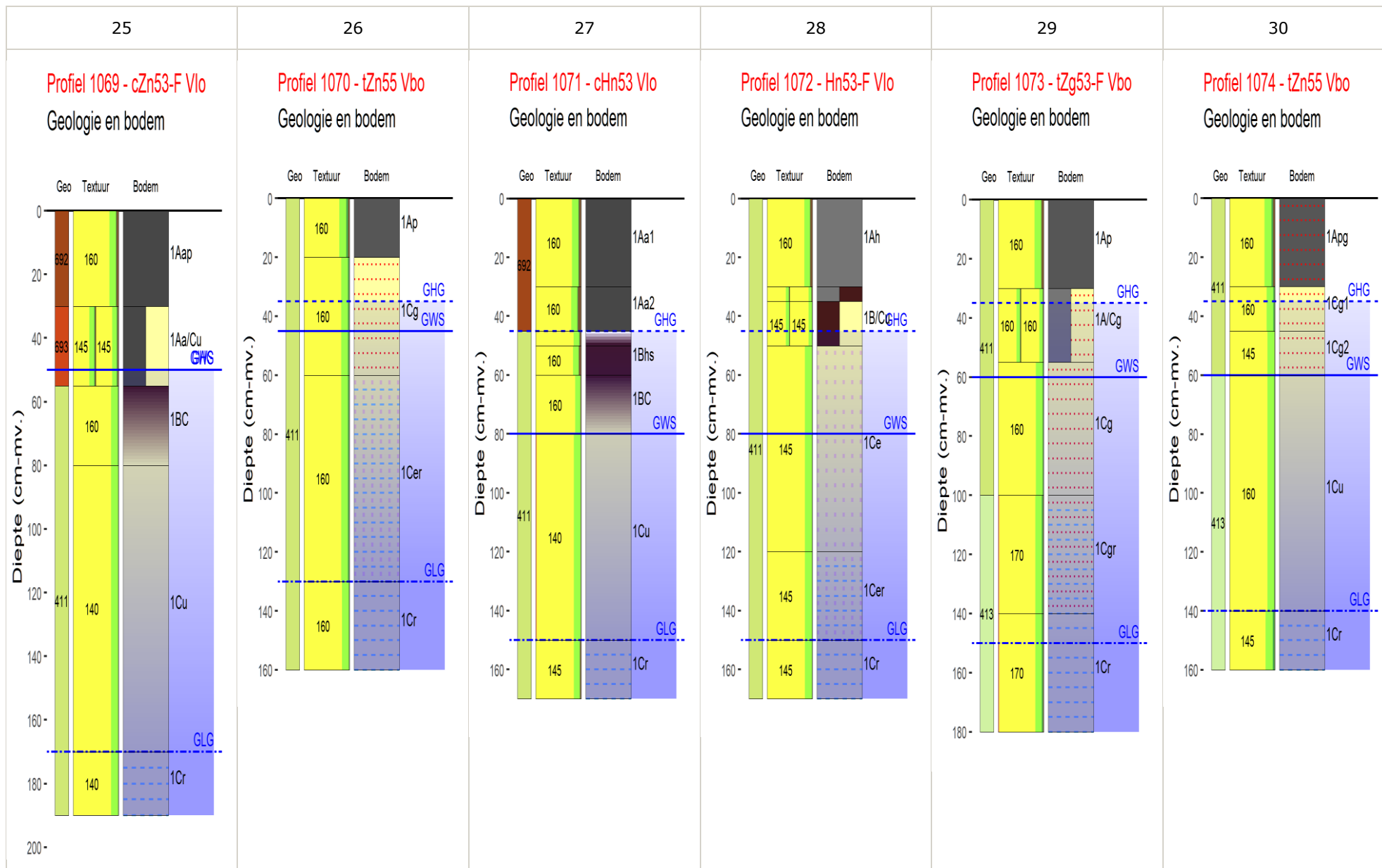
Fase 2: Locatie 1 t/m 50 uit Tabel 2.







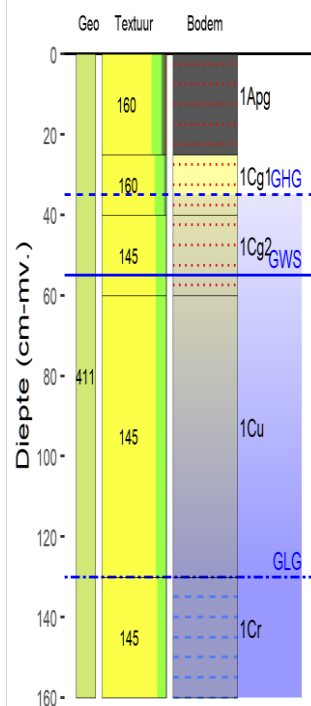






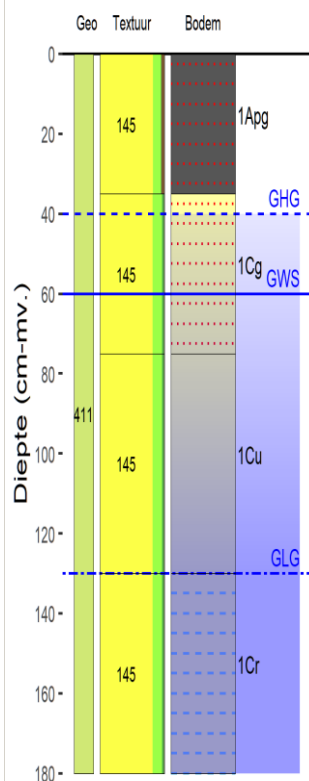
31

**Profiel 1075 - tZn55 Vbo**  
Geologie en bodem



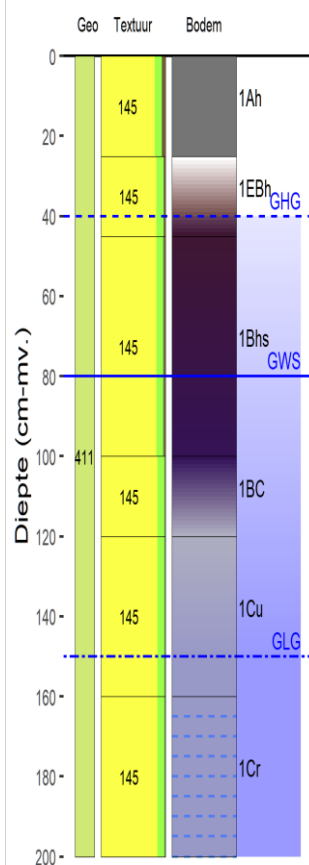
32

**Profiel 1076 - cZn33 Vlo**  
Geologie en bodem



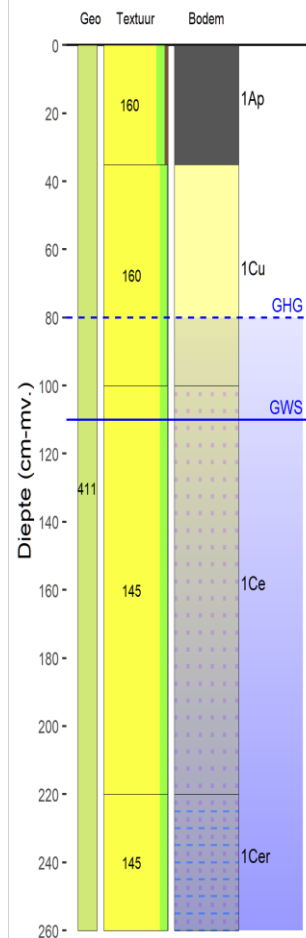
33

**Profiel 1077 - Hn33 Vbo**  
Geologie en bodem



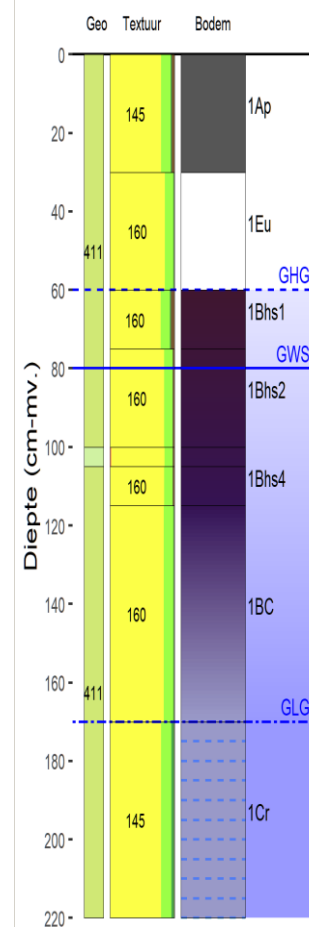
34

**Profiel 1078 - cZn53 Vld**  
Geologie en bodem



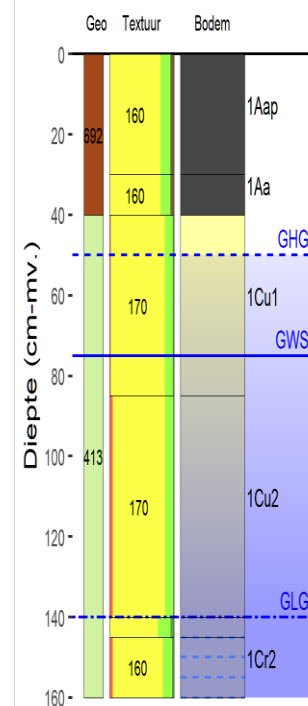
35

**Profiel 1079 - Hn53 Vlo**  
Geologie en bodem



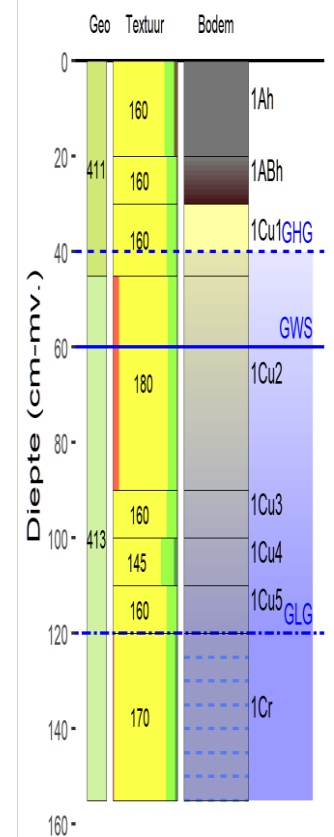
36

**Profiel 1080 - cZn53 Vlo**  
Geologie en bodem



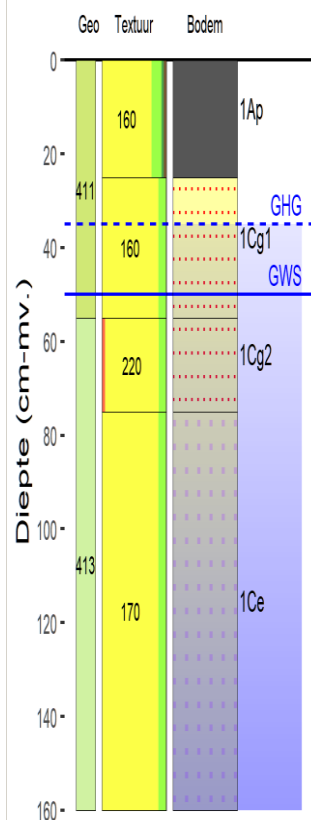
## Profiel 1086 - tZn53 IVu

Geologie en bodem



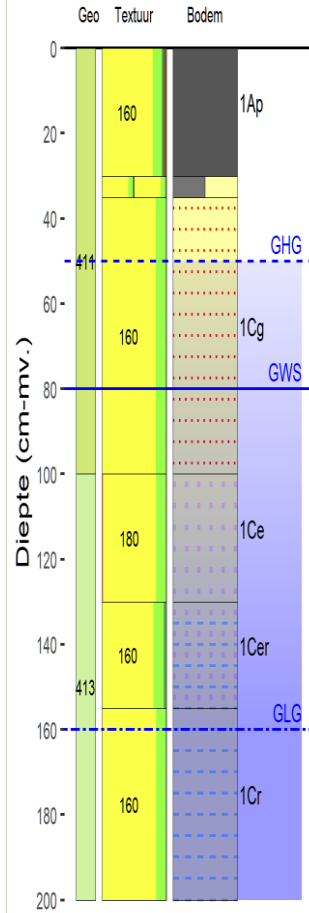
43

Profiel 1087 - tZn53 Vbo  
Geologie en bodem



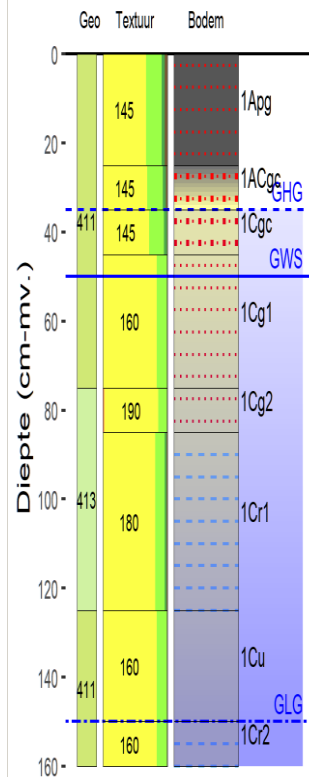
44

Profiel 1088 - tZn53 Vlo  
Geologie en bodem



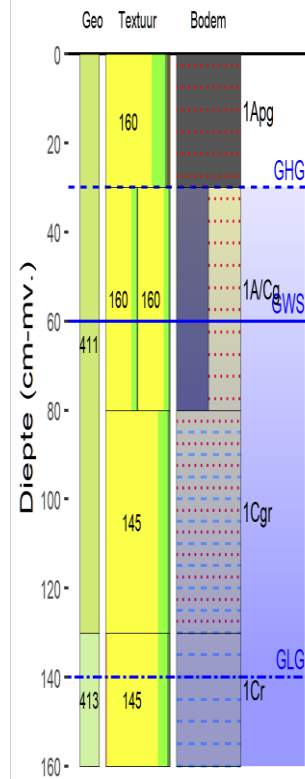
45

Profiel 1089 - tbZg35 Vbo  
Geologie en bodem



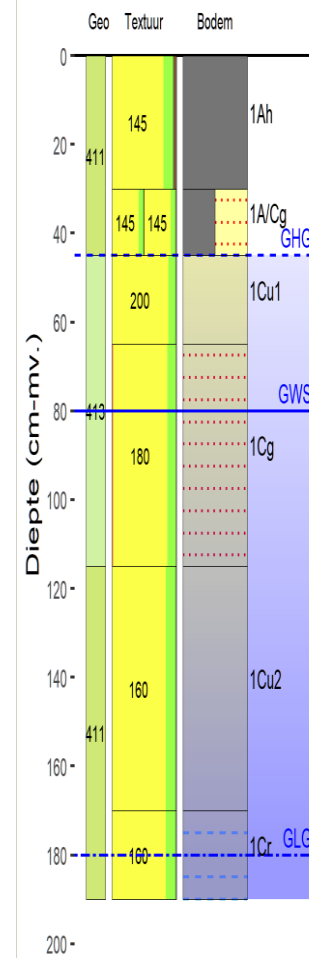
46

Profiel 1090 - tbZg55-F Vbo  
Geologie en bodem



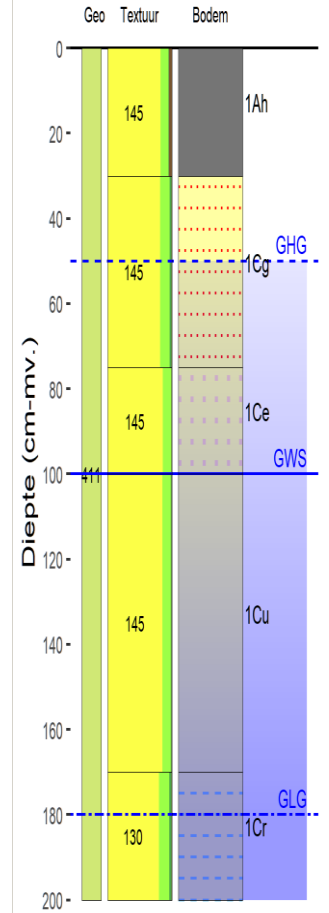
47

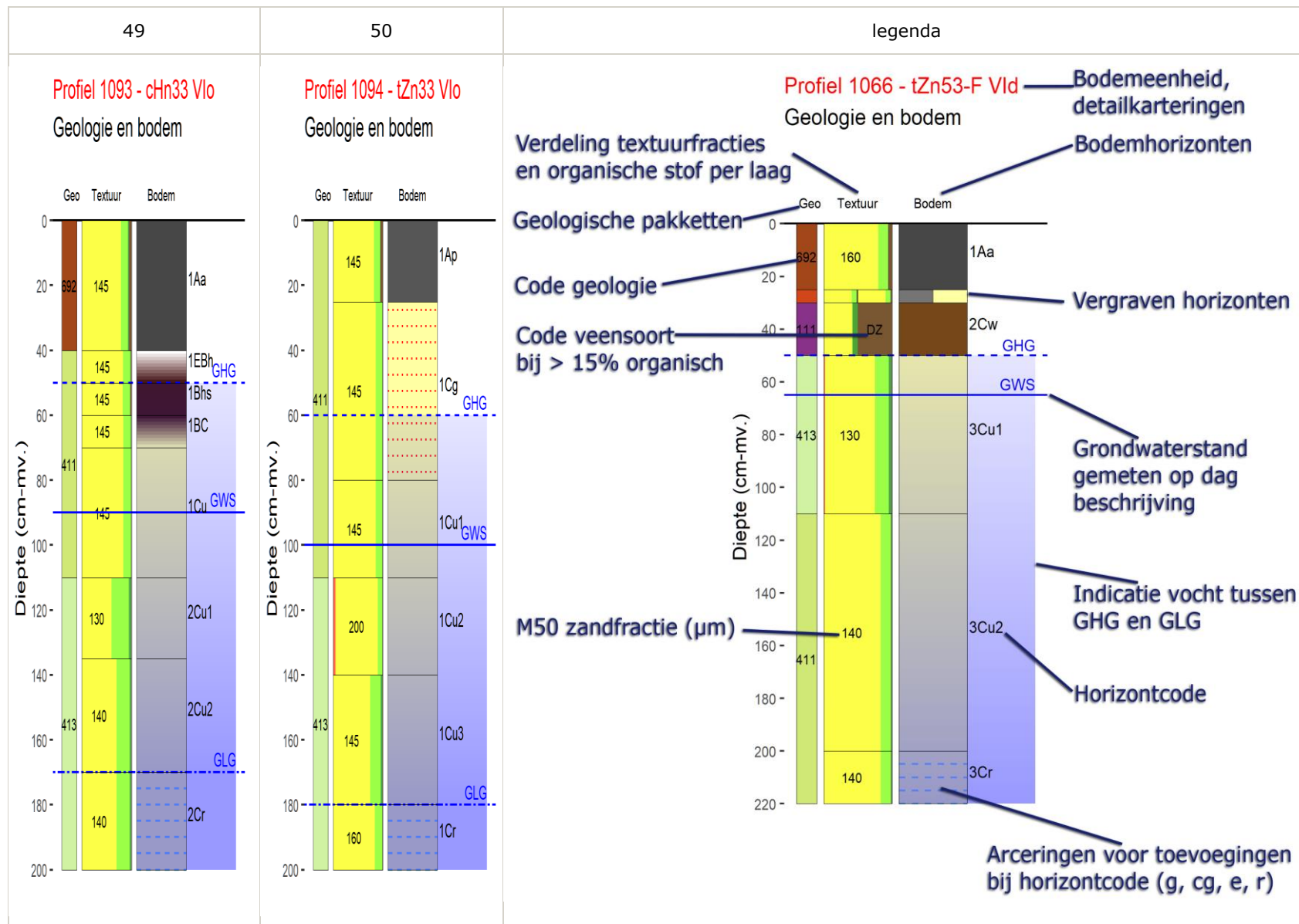
Profiel 1091 - tZn33-F Vlo  
Geologie en bodem



48

Profiel 1092 - tZn33 Vlo  
Geologie en bodem





## Bijlage 6 Potentiële denitrificatiesnelheid

Fase 1 (geen analyse van bovengrond).

	Nr	moist	N <sub>2</sub> O emission (ug N/kg ds)		
		% ds	day 3	day 4	day 5
1	GHG	20.6	223	561	920
	GHGGLG	16.6	15	17	21
	GLG	17.9	13	10	8
2	GHG	14.2	81	118	164
	GHGGLG	15.1	28	34	36
	GLG	15.9	10	13	27
3	GHG	13.9	35	38	43
	GHGGLG	15.9	14	9	1
	GLG	15.4	12	9	6
4	GHG	19.2	704	859	813
	GHGGLG	14.7	160	266	343
	GLG	19.6	73	204	377
5	GHG	8.8	192	324	435
	GHGGLG	13.0	66	90	108
	GLG	15.1	19	19	19
6	GHG	15.8	525	917	1340
	GHGGLG	16.4	37	95	226
	GLG	17.6	19	25	48
7	GHG	11.6	20	19	19
	GHGGLG	14.2	20	18	16
	GLG				
8	GHG				
	GHGGLG	17.2	15	13	11
	GLG	17.1	9	6	6
9	GHG	17.0	455	1035	1597
	GHGGLG	14.3	18	22	32
	GLG	15.6	14	11	9
10	GHG	15.5	278	363	372
	GHGGLG	15.4	22	19	18
	GLG				
11	GHG	16.2	65	179	267
	GHGGLG	16.3	12	26	58
	GLG	17.5	9	5	4
12	GHG	12.7	19	15	13
	GHGGLG	14.0	87	135	168
	GLG	14.9	17	13	10
13	GHG	12.1	36	57	99
	GHGGLG				
	GLG	14.9	13	11	9
14	GHG	16.7	357	752	1141
	GHGGLG	18.8	174	292	402
	GLG	15.8	19	21	28
15	GHG	18.8	14	12	9
	GHGGLG	15.4	14	11	8
	GLG	14.5	20	20	19
16	GHG	19.1	32	4945	6289
	GHGGLG	18.2	149	263	338
	GLG	20.6	233	372	414
17	GHG				
	GHGGLG	7.7	14	11	8
	GLG	14.9	12	10	9

	Nr		moist	N <sub>2</sub> O emission (ug N/kg ds)		
			% ds	day 3	day 4	day 5
18		GHG	11.3	23	20	17
		GHGGLG	14.1	15	14	12
		GLG	15.7	18	16	15
19		GHG	18.5	559	1304	2062
		GHGGLG	18.2	17	25	39
		GLG	16.2	12	9	8
20		GHG	20.4	726	1675	2689
		GHGGLG	20.3	19	25	38
		GLG	23.2	4	3	3

Fase 1, herhaalde bemonstering. I=bv, II GHG, III GHG-GLG, en IV GLG.

	Nr		moist	WEOC	N <sub>2</sub> O emission (ug N/kg ds)		
			% ds	mg C/kg ds	day 3	day 4	day 5
14	E4-1 I		15.9	144	187	98	36
	E4-1 II		11.9	91	105	39	28
	E4-1 III		18.8	95	64	42	27
	E4-1 IV		17.0	57	22	25	22
	E4-2 I		16.9	126	112	21	32
	E4-2 II		15.5	74	2442	1361	776
	E4-2 III		18.0	289	72	38	27
	E4-2 IV		26.9	99	926	929	845
	E4-3 I		10.0	128	295	156	106
	E4-3 II		11.6	117	878	1161	1372
	E4-3 III		12.9	161	23	13	21
	E4-3 IV		14.9	57	38	59	63
	E4-4 I		8.6	133	26	10	6
	E4-4 II		11.6	98	718	311	135
	E4-4 III		12.9	123	36	16	9
	E4-4 IV		14.5	65	11	4	3
13	E5-1 I		16.6	56	105	49	30
	E5-1 II		15.2	69	454	328	211
	E5-1 III		14.0	280	58	56	31
	E5-1 IV		11.5	64	23	13	9
	E5-2 I		16.7	60	55	26	15
	E5-2 II		16.7	110	11	3	1
	E5-2 III		13.9	208	18	8	5
	E5-2 IV		14.4	102	38	32	27
	E5-3 I		17.3	58	90	39	23
	E5-3 II		17.5	181	13	4	2
	E5-3 III		13.3	172	21	25	25
	E5-3 IV		14.3	62	10	3	2
	E5-4 I		15.7	69	1158	957	736
	E5-4 II		13.5	179	32	19	15
	E5-4 III		14.4	237	11	5	3
	E5-4 IV		14.0	125	9	3	2
3	P10-1 I		10.9	50	2049	1946	2153
	P10-1 II		11.2	101	28	29	35
	P10-1 III		14.4	103	15	7	5
	P10-1 IV		17.0	67	13	6	3
	P10-2 I		12.1	61	2263	1951	1585
	P10-2 II		8.7	58	33	29	30
	P10-2 III		9.1	53	11	5	3
	P10-2 IV		14.3	50	11	4	2
	P10-3 I		13.0	58	2257	1781	1534

Nr	moist	WEOC	N <sub>2</sub> O emission (ug N/kg ds)			
			day 3	day 4	day 5	
	% ds	mg C/kg ds				
	P10-3 II	10.7	174	241	126	91
	P10-3 III	14.5	145	23	28	37
	P10-3 IV	15.3	36	14	9	6
	P10-4 I	12.8	53	1960	1920	1807
	P10-4 II	10.0	122	35	37	43
	P10-4 III	13.2	181	14	6	4
	P10-4 IV	19.0	118	19	10	7
12	H49-1 I	6.6	62	1603	1290	1217
	H49-1 II	8.4	153	33	45	61
	H49-1 III	11.4	60	8	4	3
	H49-1 IV	16.0	36	9	4	3
	H49-2 I	6.4	56	1920	1986	2351
	H49-2 II	7.8	125	30	36	49
	H49-2 III	11.0	56	9	5	3
	H49-2 IV	16.6	41	13	9	6
	H49-3 I	5.7	53	1508	1248	1141
	H49-3 II	5.2	61	62	0	216
	H49-3 III	9.6	136	12	36	33
	H49-3 IV	14.2	66	23	10	6
	H49-4 I	6.9	43	1445	1326	1220
	H49-4 II	6.7	111	37	38	42
	H49-4 III	10.3	80	15	8	6
	H49-4 IV	14.2	66	11	5	3
6	S31-1 I	16.5	56	1294	1486	1881
	S31-1 II	11.9	28	31	32	2
	S31-1 III	12.9	60	16	11	11
	S31-1 IV	12.4	38	10	4	4
	S31-2 I	11.3	68	68	20	12
	S31-2 II	10.0	181	19	13	13
	S31-2 III	10.9	93	12	6	5
	S31-2 IV	13.4	34	10	4	3
	S31-3 I	13.5	60	338	336	323
	S31-3 II	10.4	211	16	10	10
	S31-3 III	12.0	132	9	4	4
	S31-3 IV	15.5	72	10	4	3
	S31-4 I	8.7	55	195	506	867
	S31-4 II	10.7	500	14	11	14
	S31-4 III	10.7	193	12	6	5
	S31-4 IV	14.1	56	11	5	4
4	F7-1 I	10.0	99	48	13	8
	F7-1 II	10.0	106	30	9	8
	F7-1 III	15.6	71	47	35	32
	F7-1 IV	18.3	20	18	22	43
	F7-2 I	11.3	50	255	164	85
	F7-2 II	10.9	60	58	25	21
	F7-2 III	5.6	19	13	5	3
	F7-2 IV	13.8	16	13	6	4
	F7-3 I	6.4	59	262	763	905
	F7-3 II	8.4	77	41	49	57
	F7-3 III	12.6	21	18	13	12
	F7-3 IV	15.3	27	13	7	5
	F7-4 I	8.9	83	47	699	1082
	F7-4 II	8.1	71	93	133	153
	F7-4 III	14.4	21	15	10	8
	F7-4 IV	17.2	17	13	6	4

Fase 2

	moist	N <sub>2</sub> O emission (ug N/kg ds)		
	% ds	day 3	day 4	day 5
1 BG	16.1	1293	2134	817
2 BG	23.6	2136	2012	1756
3 BG	22.9	1232	1251	1245
4 BG	14.5	1242	999	830
5 BG	14.1	359	218	158
6 BG	19.8	1369	1555	1746
7 BG	23.6	895	975	1065
8 BG	18.2	1068	1168	1570
9 BG	20.3	1440	1501	1397
10 BG	14.9	1654	1372	1232
11 BG	20.7	4697	3591	2753
12 BG	19.4	1963	1447	1256
13 BG	13.7	323	179	128
14 BG	14.3	1361	994	648
15 BG	20.9	1890	1689	1490
16 BG	22.8	3568	2663	2698
17 BG	21.1	865	601	377
18 BG	24.4	421	352	314
19 BG	21.4	1058	1069	1048
20 BG	18.9	1691	1554	1450
21 BG	20.7	2308	1558	1194
22 BG	20.1	1553	1420	1293
23 BG	21.1	3039	1973	1372
24 BG	22.3	1692	1663	1498
25 BG	22.0	2923	2414	2429
26 BG	20.9	2345	2115	1922
27 BG	20.7	2814	2622	2356
28 BG	16.9	2655	2007	1719
29 BG	21.6	2445	2416	2268
30 BG	15.5	1953	1609	1360
31 BG	17.6	1084	1215	1157
32 BG	22.7	2789	1558	1024
33 BG	18.5	2636	2074	1774
34 BG	15.9	2355	1773	1459
35 BG	16.5	2627	1959	1642
36 BG	15.9	1804	1431	1224
37 BG	16.2	1706	1467	1300
38 BG	23.5	4439	3251	2418
39 BG	13.9	1343	919	830
40 BG	20.9	3016	2677	2663
41 BG	19.0	2432	1926	1664
42 BG	22.2	6517	4293	3082
43 BG	19.7	1735	1662	1631
44 BG	17.3	1833	1408	1023
45 BG	20.2	3107	2096	1813
46 BG	18.2	2000	1859	1623
47 BG	18.4	3684	3002	2426
48 BG	18.5	2199	1860	1341
49 BG	18.1	2656	2213	2361
50 BG	14.9	2120	1801	1622
1 GHG	15.8	9	3	2
2 GHG	15.7	9	4	3
3 GHG	18.2	17	17	24
4 GHG	16.6	19	8	15
5 GHG	13.7	11	5	3
6 GHG	17.5	12	4	2
7 GHG	20.7	14	8	5
8 GHG	14.9	12	4	3
9 GHG	13.6	12	6	5



	moist	N <sub>2</sub> O emission (ug N/kg ds)		
	% ds	day 3	day 4	day 5
10 GHG	14.8	8	3	2
11 GHG	16.5	9	4	3
12 GHG	14.4	9	3	2
13 GHG	17.0	14	8	6
14 GHG	13.3	11	4	2
15 GHG	16.7	16	9	6
16 GHG	14.1	28	27	30
17 GHG	19.6	32	29	37
18 GHG	18.4	15	15	22
19 GHG	23.7	16	11	11
20 GHG	14.8	11	5	4
21 GHG	17.6	19	16	19
22 GHG	14.3	8	2	2
23 GHG	24.9	22	13	14
24 GHG	20.0	126	77	99
25 GHG	19.9	19	19	43
26 GHG	15.8	41	38	44
27 GHG	19.1	14	8	7
28 GHG	12.9	12	5	3
29 GHG	15.7	12	5	4
30 GHG	17.4	12	5	3
31 GHG	14.9	12	8	9
32 GHG	16.5	12	5	3
33 GHG	15.5	32	32	34
34 GHG	13.6	11	4	3
35 GHG	15.0	14	6	4
36 GHG	16.7	25	19	16
37 GHG	13.5	13	5	3
38 GHG	16.6	10	4	2
39 GHG	15.4	19	12	9
40 GHG	15.9	37	39	46
41 GHG	17.5	13	7	10
42 GHG	20.0	24	23	26
43 GHG	17.6	19	13	11
44 GHG	16.4	13	5	3
45 GHG	17.0	13	12	19
46 GHG	18.5	23	15	21
47 GHG	15.1	12	5	3
48 GHG	15.4	54	45	36
49 GHG	17.3	10	3	2
50 GHG	12.7	9	3	1
1 GHG-GLG	15.6	12	4	3
2 GHG-GLG	15.0	13	4	3
3 GHG-GLG	19.5	13	6	5
4 GHG-GLG	20.0	13	7	7
5 GHG-GLG	13.1	9	4	2
6 GHG-GLG	15.9	13	5	3
7 GHG-GLG	16.8	9	3	2
8 GHG-GLG	14.2	12	4	2
9 GHG-GLG	14.6	23	20	25
10 GHG-GLG	15.5	12	5	3
11 GHG-GLG	17.2	16	7	4
12 GHG-GLG	14.0	10	3	2
13 GHG-GLG	13.8	11	4	3
14 GHG-GLG	15.8	11	6	4
15 GHG-GLG	20.0	12	4	2
16 GHG-GLG	14.6	17	13	15
17 GHG-GLG	26.2	15	9	11
18 GHG-GLG	18.9	14	6	5
19 GHG-GLG	19.6	65	82	91
20 GHG-GLG	19.0	11	4	3

	moist	N <sub>2</sub> O emission (ug N/kg ds)		
	% ds	day 3	day 4	day 5
21 GHG-GLG	18.7	21	15	14
22 GHG-GLG	15.6	9	3	2
23 GHG-GLG	17.6	51	56	58
24 GHG-GLG	17.5	10	3	1
25 GHG-GLG	19.0	9	4	2
26 GHG-GLG	20.0	14	10	8
27 GHG-GLG	18.4	27	23	23
28 GHG-GLG	15.4	11	5	3
29 GHG-GLG	17.7	14	7	5
30 GHG-GLG	18.7	34	32	32
31 GHG-GLG	18.1	34	30	35
32 GHG-GLG	30.7	18	9	13
33 GHG-GLG	17.9	34	34	41
34 GHG-GLG	18.3	13	6	4
35 GHG-GLG	16.5	10	5	4
36 GHG-GLG	15.9	13	7	7
37 GHG-GLG	13.7	9	4	2
38 GHG-GLG	16.4	13	6	4
39 GHG-GLG	16.1	13	6	4
40 GHG-GLG	21.0	14	6	4
41 GHG-GLG	15.3	10	4	2
42 GHG-GLG	15.0	13	6	4
43 GHG-GLG	16.6	13	6	4
44 GHG-GLG	18.9	13	6	4
45 GHG-GLG	19.9	11	6	5
46 GHG-GLG	25.7	49	62	79
47 GHG-GLG	19.7	10	5	3
48 GHG-GLG	17.7	9	3	2
49 GHG-GLG	18.8	11	4	3
50 GHG-GLG	14.7	28	25	25

## Bijlage 7 Gewashistorie

**Tabel 20** Historie (g=gras, m=mais, mk=korrelmais, a=aardappel, t=tarwe, ge=gerst, tr=triticale)  
locaties bemonsterd in fase 1.

Locatie	2009	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	2020
1	m	m	a	m	m	a	m	m	a	m	m	
2	m	m	m	g	g	g	g	g	g	g	g	
3	mk	t	g	g	g	g	m	m	m	g	g	
4	m	ge	a	m	m	ge	a	m	m	m	a	
5	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
6	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
7	g	m	g	g	g	g	g	g	g	m	g	
8	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
9	m	m	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
10	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	g	
11	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
12	g	g	g	g	m	g	g	g	g	g	g	
13	g	g	g	g	g	g	g	g	m	m	g	
14	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
15	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
16	m	m	t	t	tr	m	m	m	g	g	g	
17	m	m	m	m	mk	m	m	m	g	g	g	
18	m	m	m	m	m	g	g	g	g	g	g	
19	g	g	g	g	g	g	m	m		g	g	
20	g	m	m	m	tr	g	g	g	g	g	g	

**Tabel 21** Historie (g=gras, m=mais, mk=korrelmais, ccm=corncobmix, a=aardappel, so=sorghum, t=tarwe, ge=zomer of wintergerst, biett=voederbiet, krui=kruiden) locaties bemonsterd in fase 2.

Locatie	2011	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	m	m	m	g	g	g	g	g	g	g	g
2	g	g	g	m	m	m	m	m	m	m	m
3	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	g
4	m	a	m	m	m	m	m	m	m	m	ccm
5	g	g	g	g	g	m	m	m	m	m	m
6	m	a	ge	m	m	m	m	m	m	a	m
7	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	m
8	g	g	g	g	m	m	m	g	g	m	so
9	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
10	m	m	ge	ge	m	t	m	ge	a	ge	ge
11	g	g	m	mk	a	g	g	g	m	a	g
12	m	m	m	m	m	g	g	g	g	g	g
13	m	m	m	m	m	g	g	g	g	g	g
14	g	g	g	g	g	m	m	m	m	g	g
15	g	g	g	g	a	g	g	g	g	g	g
16	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
17	g	g	g	a	g	g	g	g	g	g	g
18	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
19	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
20	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	m
21	g	g	g	g	g	g	g	g	g	krui	g
22	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
23	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
24	g	g	g	g	g	g	g	g	g	biet	g
25	g	g	g	g	g	g	g	g	g	biet	g
26	g	g	g	m	m	m	m	m	m	m	m
27	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
28					g	g	g	g	g	g	g
29	g	g	g	g	g	g	g	g	m	m	g
30	m	m	a	m	m	m	a	m	m	m	a
31	m	m	a	m	m	m	a	m	m	m	a
32	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
33	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
34	g	g	g	g	g	g	g	m	g	g	g
35	m	m	m	m	m	m	m	m	g	g	g
36	m	m	m	m	m	m	m	m	g	g	g
37	m	m	m	m	m	m	m	m	g	g	g
38	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
39	m	m	m	m	m	m	m	m	g	g	g
40	g	g	m	m	m	m	m	m	g	g	
40	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
41	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
42	g	g	g	m	m	m	m	m	m	m	m
43	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
44	g	g	a	g	a	g	a	g	g	g	g
45	g	g	g	g	a	g	g	g	g	g	g
46	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
47	g	g	g	a	g	g	g	g	g	g	g
48	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
49	g	g	g	g	g	m	m	m	m	g	g
50	m	m	m	g	g	g	g	g	g	g	

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3180  
ISSN 1566-7197




---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3180  
ISSN 1566-7197

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

