



## Deelonderzoek naar de veenbasis, het restveenpakket en CO<sub>2</sub>-concentraties in compartiment 1 van de Mariapeel

Februari, 2025 definitief

Remco Versluijs  
Louise Franssen  
Eline Floor Houwen  
Esther van Hoof  
Rick Verrijt



## COLOFON

Titel: Deelonderzoek naar de veenbasis, het restveenpakket en CO<sub>2</sub>-concentraties in compartiment 1 van de Mariapeel

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer  
Auteurs: Remco Versluijs, Louise Franssen, Eline Floor Houwen, Esther van Hoof & Rick Verrijt (Staatsbosbeheer)  
Met medewerking van: Dr. André Jansen (Jansen De Hullu Landschapsecologie Circulair), Prof. Dr. Jan Sevink (VU Amsterdam), Sander Meulepas (Stichting Bargerveen)  
Foto's voorkant: Louise Franssen

**Stichting Bargerveen | Nijmegen | Februari 2025**

[www.stichtingbargerveen.nl](http://www.stichtingbargerveen.nl) | [www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen](https://www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen)



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>4</b>
1.1	Aanleiding.....	4
1.2	Gebiedsbeschrijving .....	5
<b>2</b>	<b>Methode .....</b>	<b>6</b>
2.1	Bodemonderzoek.....	6
2.2	Bemonsteren waterkwaliteit .....	7
<b>3</b>	<b>Veentypen en veenbases .....</b>	<b>9</b>
3.1	Inleiding.....	9
3.2	Aangetroffen veentypen, bodemtypen en veenbases .....	9
3.3	Dwarsdoorsneden.....	17
3.3.1	Dwarsdoorsnede 1: noord-zuid raai .....	17
3.3.2	Dwarsdoorsnede 2: west-oost over het zandplateau.....	21
3.3.3	Dwarsdoorsnede 3: west-oost over de Broemeerkuilen en Gat van Klerks.....	24
3.3.4	Dwarsdoorsnede 4: west-oost over het Bos van Klerks.....	27
3.3.5	Dwarsdoorsnede 5: west-oost over het Broemeerkanaal.....	30
3.4	Conclusie.....	32
<b>4</b>	<b>Toestroom CO<sub>2</sub>-rijk grondwater .....</b>	<b>34</b>
4.1	Inleiding.....	34
4.2	Resultaten veldmetingen.....	34
4.3	Conclusie.....	36
<b>5</b>	<b>Conclusie en discussie.....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>43</b>
	<b>Bijlage 1: Veldformulier .....</b>	<b>45</b>
	<b>Bijlage 2. Waterkwaliteit.....</b>	<b>46</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het Natura 2000-gebied Deurnsche Peel & Mariapeel werkt Staatsbosbeheer aan herstel van actief hoogveen (H7110). Hoewel diverse herstelmaatregelen zijn uitgevoerd, zoals het plaatsen van kwelschermen, verwijderen van Trosbosbes en kleinschalig aanleggen van dammetjes, heeft dit nog niet geleid tot de juiste abiotische condities in compartiment 1 van de Mariapeel. Arcadis, Stichting Bargerveen en Jansen-de Hullu Landschapsecologie en Circulair werken onder wetenschappelijke begeleiding van Prof. Em. Dr. Jan Sevink (Universiteit van Amsterdam), Dr. Jos Schouwenaars en Prof. Em. Dr. Hans Joosten (Greifswald Universiteit) aan een hydro-ecologisch onderzoek naar het functioneren van dit hoogveenrestant. Van veel systeemonderdelen, vooral bodemopbouw, waterhuishouding en waterkwaliteit, ontbreekt de nodige kennis. Het doel van dit onderzoek is om inzicht te vergaren in de processen en factoren die bepalend zijn voor het op gang brengen van de vorming van actief hoogveen in compartiment 1 van de Mariapeel. Daarvoor worden de missende informatie verzameld en via een LESA geïnterpreteerd en gesynthetiseerd om zo de sleutel(s) voor hoogveenherstel in dit deel van de Mariapeel helder te benoemen en te vertalen naar duurzame en systeemgerichte herstelmaatregelen.

In dit deelrapport worden de resultaten van de deelvragen 2 en 5 nader uitgewerkt (zie Jansen et al., 2024 voor de overige deelvragen). Deze deelvragen zijn gericht op het in beeld brengen van de veenopbouw en aard van de veenbasis en onderzoekt de bijdrage van toestromend CO<sub>2</sub>-rijk grondwater uit zandopduikingen. Daarbij wordt antwoord gegeven op de volgende deelvragen:

**1. In welke delen van de puttencomplexen zitten slecht doorlatende lagen in de ondergrond (leem/gyttja, gliede, kazige-b) en waar bevindt zich het intacte witveen?**

Om een goede herstelstrategie op te kunnen stellen, is kennis van de bodem- en veenopbouw en aard van de (slecht doorlatende) veenbasis essentieel (Sevink, 2019). De bodemopbouw geeft essentiële informatie over de hydrologische condities waaronder bodemvorming en later veenvorming heeft opgetreden, zoals wegzijging en trofiegraad. De opbouw van het veenprofiel geeft inzicht in de ontstaanswijze en hydrologische condities waaronder de veentypen zijn ontstaan. Samen met de mate van humificatie van het hoogveenpakket is het waterbergend vermogen van de hoogveenbodem te bepalen. Dit is belangrijk met het oog op de herstelstrategie, witveen vraagt namelijk een andere herstelstrategie dan zwartveen (zie o.a. Tomassen et al., 2003). Tot slot is kennis van de veenbasis noodzakelijk om te kunnen bepalen hoe groot de verticale waterverliezen zijn naar de minerale ondergrond.

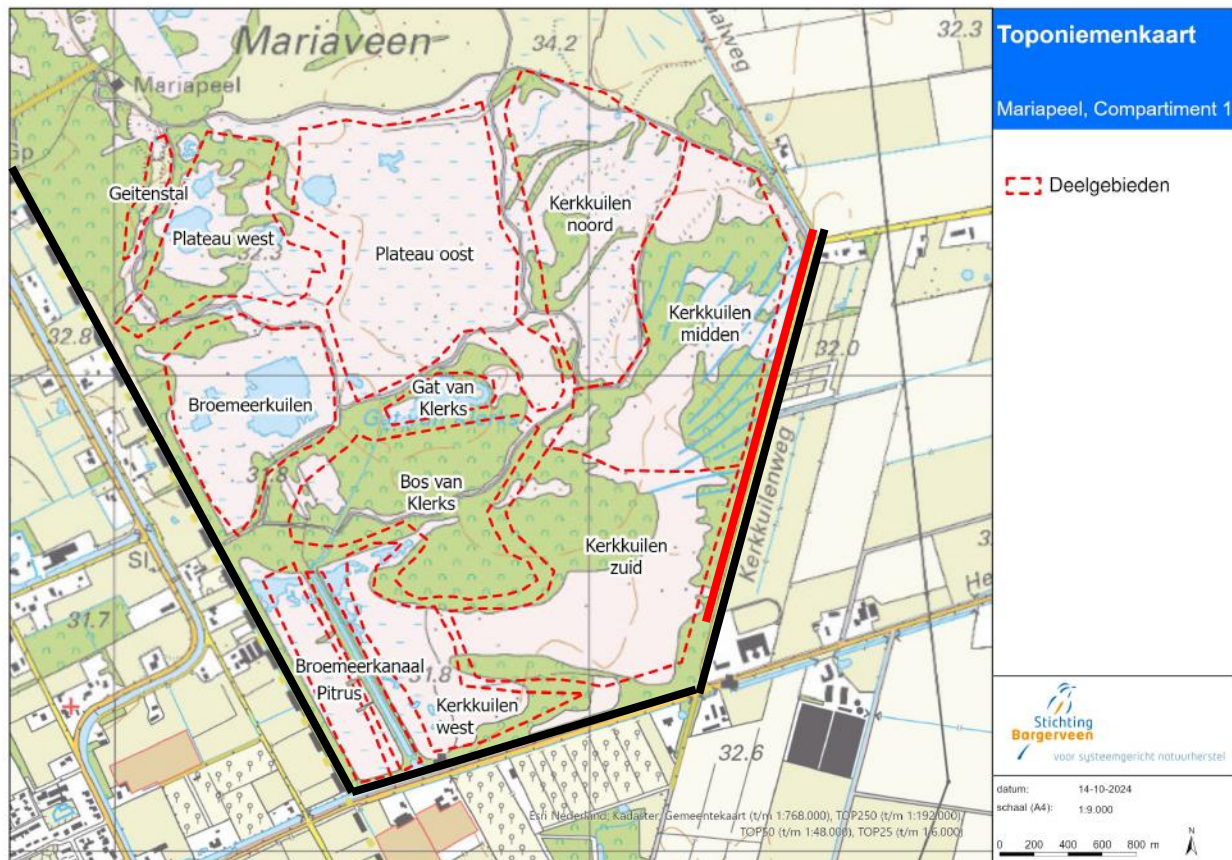
**2. Wat is de bijdrage van toestromend (CO<sub>2</sub> rijk) ondiep grondwater uit de zandopduikingen aan de hydrologie en abiotiek in de puttencomplexen? Zijn er maatregelen die het positieve effect hiervan op hoogveenherstel kunnen versterken?**

Veenmossen zijn voor hun groei afhankelijk van hoge koolstofdioxideconcentraties in het bodemvocht. Alleen wanneer deze constant voldoende hoog is, zal een snelle veenmosontwikkeling op gang kunnen komen en kan zich een functionele acrotelm ontwikkelen. In lokale zandruggen kan de grondwaterstand in de winter aanzienlijk opbollen, waardoor CO<sub>2</sub>-rijk grondwater naar de veenrand kan stromen en aldaar bijdraagt aan

koolstofdioxiderijke condities. In dit onderzoek wordt gekeken of op basis van het bodemonderzoek sprake is van toestroom van lokaal grondwater en worden metingen uitgevoerd naar de koolstofdioxideconcentraties in zowel het lokale grondwater als in het veenpakket. We proberen daarbij een beter inzicht te krijgen in de herkomst van de koolstofdioxide en of er herstelmaatregelen te nemen zijn die kunnen bijdragen aan het versterken van de invloed van lokaal grondwater.

## 1.2 Gebiedsbeschrijving

De Mariapeel is een hoogveenrestant in de provincie Limburg tussen de dorpen Griendtsveen en Helenaveen. Het hoogveengebied maakt deel uit van het grotere Natura 2000-gebied Deurnsche Peel en Mariapeel. Het noordelijke deel bestaat voornamelijk uit hogere dekzandruggen, waaronder Plateau-Oost. Feitelijk wordt de gehele noordgrens van het projectgebied gevormd door een lage dekzandrug. Een uitloper ervan loopt helemaal door naar het zuiden, en wordt gevormd door het Gat van Klerks en het Bos van Klerks (zie hoofdrapport). Aan weerszijden van deze hogere dekzandrug liggen laagten die met veen zijn opgevuld. Aan de westkant wordt het veengebied gevormd door het Plateau-West, Broemeerkuilen en het gebied rondom het Broemeerkanaal en Kerkkuilen-West. Aan de oostkant vormen Kerkkuilen-Noord, Kerkkuilen-Midden en Kerkkuilen-Zuid de belangrijkste gebieden met veenbodem en uitgestrekte puttencomplexen.



**Figuur 1-1** Topografische kaart van compartiment 1 van de Mariapeel met gebruikte toponiemen. De zwarte lijnen laten zien waar de belangrijkste randkades liggen en in rood is het kwelscherm weergegeven.

## 2 Methode

### 2.1 Bodemonderzoek

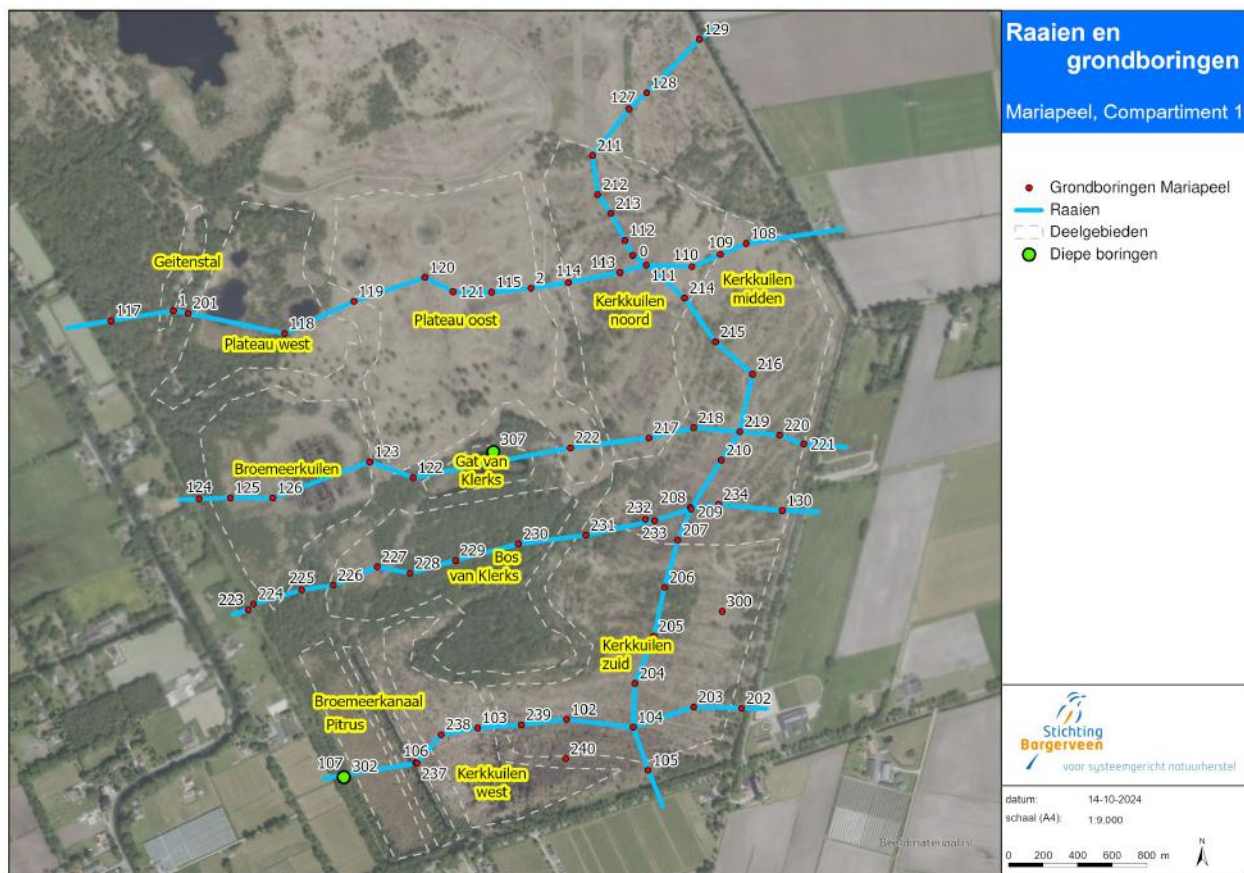
Het bodemonderzoek is uitgevoerd tussen 5 en 13 maart 2024. De boringen in het veen zijn gezet met een gutsboor en in de minerale bodems met een Edelmanboor. Er is doorgeboord totdat de slecht doorlatende veenbasis was bereikt of totdat de bodem zo waterverzadigd was dat dieper boren niet meer mogelijk was. Er zijn vijf raaien geboord, waarbij om circa iedere 50 tot 100 meter een boring is gezet (Figuur 2-1). De positie van de raaien is gebaseerd op de hoogtekaart, bodemkaart, veendiktekaart en gebiedskennis van de beheerder / senior boswachter ecologie, waarbij is geprobeerd zoveel mogelijk de lokale variatie mee te nemen van dekzandruggen, laagten, open gebieden en bosgebieden. De raaien zijn overwegend west-oost georiënteerd. Omdat de dikste en meeste aaneengesloten veenpakketten aan de oostkant liggen, is hier een extra noord-zuid raai gemaakt. Doordat in alle boorgaten een waterstand wordt gemeten, kunnen we tevens een beeld vormen van het waterstandsverloop.

Per boring is genoteerd/gemeten:

- Grondsoort en kenmerken zoals bodemhorizont, kleur, korrelgrootte, roestverschijnselen (op basis van Ten Cate et al., 1995);
- Vochtigheid van de bodemhorizonten;
- Bij veen: botanisch veentype (Meier-Uhlherr et al., 2015), kleur, humificatiegraad (naar Von Post, 1924) en eventueel herkenbare macroresten (Meier-Uhlherr et al., 2015);
- Aard van de veenbasis (Sevink et al., 2014) en informatie over de mate van doorlatendheid (compactie).

Na het uitvoeren van alle grondboringen is de maaiveldhoogte van de boorgaten ingemeten t.o.v. NAP en is de grondwaterstand in de boorgaten ten opzichte van maaiveld bepaald. Doordat de boorgaten minimaal een dag de tijd hebben gehad om na te lopen, geven ze een goed beeld van het waterstandsverloop in het terrein. Deze grondwaterstand is vervolgens omgerekend naar NAP. De maaiveldhoogten en waterstanden van het oppervlaktewater zijn ingemeten met een South Galaxy G3 Rover Set.

De grondboringen zijn verwerkt tot dwarsdoorsneden waarin de bodemkundige opbouw van de Mariapeel inzichtelijk wordt. Hierin worden de veentypen, de veenbasis, de opbouw van de minerale ondergrond en grondwaterstand weergegeven. Aanvullend op de bodemraaien, zijn enkele aanvullende "diepe" boringen uitgevoerd. Op enkele locaties, zoals onder het "Gat van Klerks" en rond het "Broemeerkanaal" was een onvoldoende helder beeld van de bodemopbouw en aanwezigheid van een slecht doorlatende lagen. Bovendien was niet duidelijk of het Broemeerkanaal door de veenbasis was gegraven en dus of daar potentiële lekken kunnen optreden. De aanvullende diepe boringen zijn uitgevoerd door Avallo Advies met behulp van een Zuigerboor. Daarmee is de bodemopbouw tot 5 meter diepte beschreven.



**Figuur 2-1** Ligging van de raaien en bijbehorende boringen die zijn gezet maart 2024.

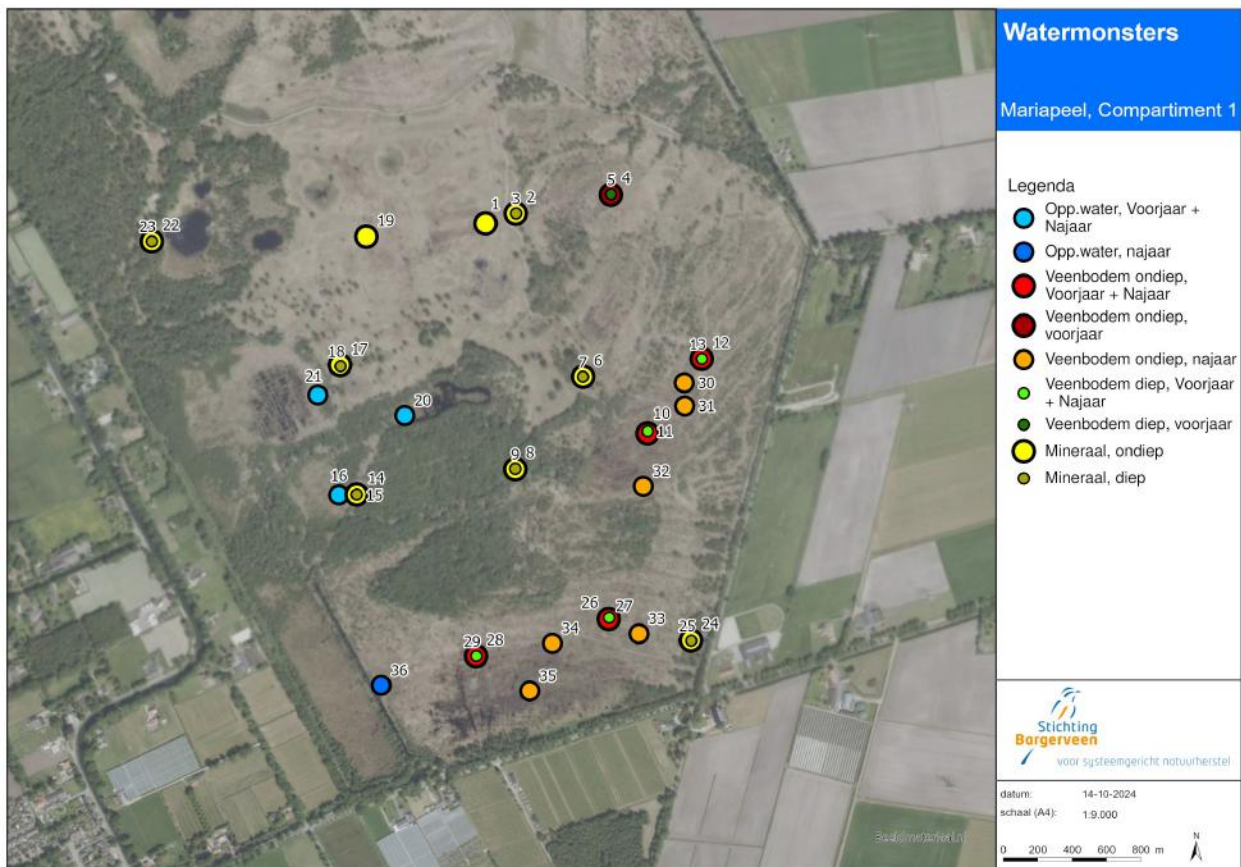
## 2.2 Bemonsteren waterkwaliteit

De waterkwaliteit is bemonsterd met behulp van poreuze cups. Deze kunnen heel specifiek op een bepaalde diepte worden gebracht en bemonsteren het grondwater over een afstand van 5 cm (lengte van de poreuze cup). Er is gekozen voor een bemonstering in zowel het voorjaar (op 19 maart 2024), in de natte periode van het jaar, en de zomer (3 september 2024), de droge, warme periode. Dit onderscheid is gemaakt omdat lokale grondwatersystemen vooral in de winter en voorjaar actief zijn en dus voornamelijk in deze periode een bijdrage kunnen leveren aan de toevoer van koolstofdioxide. In de zomer vallen lokale grondwaterstromen stil en zal de koolstofdioxide meer vanuit aerobe en anaerobe afbraak moeten plaatsvinden. Anaerobe veenafbraak is bovendien een temperatuurafhankelijk proces, wat mogelijk vooral in de zomer het belangrijkste proces is dat zorgt voor de productie van voldoende koolstofdioxide.

Er zijn poreuze cups geplaatst op de zandopduikingen, aan de rand ervan op de overgang naar het veen en in het veen. Daarbij zijn zowel watermonsters verzameld uit de toplaag van de bodem (10 cm-mv) en op grotere diepte in de minerale ondergrond en in het veen (40-100 cm-mv). Vooraf was het idee om ook poreuze cups te plaatsen onder de veenbasis, om te bepalen of daar mogelijk basenrijker grondwater aanwezig zou zijn. Dat was gezien de aard van de veenbasis (compacte leem) en dikte van het veenpakket vaak niet mogelijk en zal hier ook geen rol spelen bij de

productie van koolstofdioxide. Daarom is besloten specifiek watermonsters te nemen op de overgang van mineraal naar veen en op verschillende diepten in veenputten.

De watermonsters zijn op het bodem laboratorium van de Radboud Universiteit geanalyseerd. Binnen twee dagen na het verzamelen zijn de Total Inorganic Carbon (TIC), pH en alkaliniteit bepaald. De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO<sub>3</sub>), ammonium (NH<sub>4</sub>) en fosfaat (PO<sub>4</sub>) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na) en kalium (K) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.



**Figuur 2-2** Overzicht van de locaties waarop watermonsters zijn verzameld en de nummering ervan.

# 3 Veentypen en veenbases

## 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemonderzoek gepresenteerd. Eerst wordt een overzicht gegeven van de aangetroffen veentypen, bodemtypen en veenbases, daarna worden de dwarsdoorsneden gepresenteerd en kort toegelicht. In de conclusie worden de belangrijkste bevindingen op een rijtje gezet.

## 3.2 Aangetroffen veentypen, bodemtypen en veenbases

### Sterk veraard veen

De toplaag van het veenpakket bestaat veelal uit sterk veraard veen. Dit is veen waarin geen of nauwelijks nog herkenbare plantendelen te zien zijn. Het gaat veelal om veenbodems met een humificatiegraad van H9-10. Daarnaast is sterk veraard veen op sommige plekken ook op grotere diepte aangetroffen, waar het duidt op een hogere omzetting / afbraak in de periode waarin het veen is gevormd.



**Figuur 3-1** Sterk veraard veen in boring 120 met op 17 cm een dunne laag herkenbare resten van Eenarig wollegras. Onder in het veen (20-36 cm) is gliede aanwezig. Foto: Louise Franssen.

### Onveraard veenmosveen

Op sommige plekken heeft zich recent weer een dunne laag veenmosveen gevormd, het "recente veenmosveen". Het gaat hierbij vaak om dunne veenpakketten van enkele centimeters tot hooguit een decimeter. Het veen is nagenoeg onveraard (H1-2) en vaak licht van kleur. Op sommige plekken zijn echter veel dikkere veenlagen met vrijwel onveraard veenmosveen aangetroffen (H2-3). Het veen is grof van structuur en heeft een bruine tot soms lichtgeel kleur. Aan de onderkant gaat deze laag abrupt over in het oude veenmosveen of bevindt zich de veenbasis. In sommige profielen lijkt het er zelfs op dat het een gestoorde veenlaag is. We hebben hier verder geen onderzoek naar gedaan, maar het lijkt te gaan om oude veenputten, die zijn opgevuld met nagenoeg onveraard veenmosveen. Dat het hier gaat om opgevulde veenputten is helder, omdat boringen in de directe omgeving een geheel ander beeld geven van de veenopbouw, vaak bestaande uit jong en oud veenmosveen.

### Jong en oud veenmosveen

Binnen het veenmosveen wordt onderscheid gemaakt tussen het jonge veenmosveen (ofwel witveen) en het oude veenmosveen (ofwel zwartveen). Dit onderscheid is ontstaan doordat veenafzettingen uit het Boreaal en het Subboreaal meestal sterker vergaan zijn (donkerder, meer geoxideerd), doordat ze gevormd zijn in een warm en droog klimaat. Veenafzettingen uit het Atlanticum en het Subatlanticum daarentegen zijn weinig vergaan (licht gekleurd) en zijn ontstaan in een veel koeler en natter klimaat (Blytt, 1876; Sernander, 1908). Deze indeling van het Holoceen in twee klimaatperioden is wat simpel en inmiddels achterhaald, er zijn namelijk veel meer klimaatveranderingen geweest. Wel is duidelijk dat er omstreeks 850 voor Chr. een belangrijke klimaatverandering is opgetreden, die ook duidelijk te herkennen is in hoogveenafzettingen in NW-Europese hoogvenen. Figuur 3-2 toont een hoogveenprofiel in Drenthe waarin een abrupte overgang in de veenvormende mos soorten te zien is van het donkere, zogenaamde 'oude veenmosveen' naar het 'jonge veenmosveen'. Onderzoek aan macroresten laat zien dat ook de soortensamenstelling van het veen verschilde, vooral van de veenmossen waaruit het veen is opgebouwd.



**Figuur 3-2** Monstername door D. van Smeerdijk (links) en W.A. Casparie van een hoogveenprofiel in het Bargerveen (Drenthe). De overgang van Subboreaal naar Subatlanticum is aangegeven met een pijl.



**Figuur 3-3** Jong veenmosveen.

Beide veentypen zijn in het veld te herkennen aan een duidelijk verschil in mate van veraarding, het jonge veenmosveen is lichtbruin tot bruin gekleurd en heeft een humificatiegraad van H3-5 (Figuur 3-3), het oude veenmosveen is vaak donkerbruin tot zwart gekleurd en heeft een relatief hoge humificatiegraad (H5-8). In het oude veenmosveen komt vaak relatief veel Eenarig wollegras voor en bevat vaak stronken van dennen en resten van struikheide. De overgang tussen beide veenmosveentypen is vaak goed aangeduid met een dunne laag Eenarig wollegras, ook wel de grenshorizont van Weber genoemd (Figuur 3-4).



**Figuur 3-4** Overgang van jong veenmosveen, via een loklaag met wollegras (tussen rode lijnen) naar het oude veenmosveen. De foto is genomen in de Demonstratiebaan. Foto: Remco Versluijs

In sommige boringen was het onduidelijk om welke van de beide veenmosveentypen het ging. Zo kan het voorkomen dat de opeenvolging niet duidelijk is of het veenmosveen te sterk is veraad om er met zekerheid jong of oud veenmosveen van te maken. In deze gevallen is de laag als "Veenmosveen onbekend" opgeschreven en ook zo in de dwarsdoorsneden opgenomen.

### Scheuchzeriaveen

Veenbloembies, of *Scheuchzeria palustris* in het Latijns, is een plantensoort uit de Scheuchzeriafamilie. Het is een soort van voedselarme, zure tot zwak zure veengronden en groeit vaak op plekken met enige laterale toestroom van grondwater. In hoogvenen is Veenbloembies vaak in hoge abundantie aan te treffen in slenken in de laggzone, waar zowel vanuit het hoogveen als vanuit de minerale omgeving grondwater toestroomt. In de voedselarme hoogveenkern is Veenbloembies vaak minder algemeen. Scheuchzeriaveen is relatief eenvoudig te herkennen aan het algemeen voorkomen van de glimmende, donkerbruine wortels en uitlopers van de plant (Figuur 3-5). Het lijkt qua uiterlijk sterk op riet, maar is aanzienlijk smaller.



**Figuur 3-5** Scheuchzeriaveen bij boring 111.

### Riet(zegge)veen

Dit veentype kan aan de basis van hoogvenen worden aangetroffen. Riet is daarin eenvoudig te herkennen aan de brede, bruine wortels en uitlopers (Figuur 3-6). Van zeggen zijn vooral de wortels nog goed te herkennen als smalle vaatbundels. Samen met stukken riet is deze veenlaag tot het Riet(zegge)veen benoemd. Het riet(zegge)veen duidt op meso- tot overwegend eutrofe condities tijdens de veenvorming. Door de hogere basenverzadiging en voedselbeschikbaarheid heeft dit geleid tot een veentype met een relatief hoge humificatiegraad (H6-7).



**Figuur 3-6** Een restant van Riet in boring 210.

### **Gliede:**

Gliede bestaat uit min of meer disperse, versmeerbare organische stof en is min of meer structuurloos (Sevink et al., 2014). Het is pikzwart (schoensmeerachtig) en wordt vaak aangetroffen op de overgang van veen naar minerale ondergrond (Figuur 3-7). Het kan zich zowel in het veen als in de bovenste laag van de minerale bodem bevinden. Gliede zorgt ervoor dat de poriën tussen het zand en veen volledig verstopt raakt, waardoor de doorlatendheid van de veenbasis aanzienlijk omlaag gaat en waterverliezen naar de zandondergrond afnemen.



**Figuur 3-7** Voorbeeld van een pikzwarte gliedelaag, die hier is ongespoeld op een stagnerende podzol B-horizont.

De genese van gliede is in het veld niet vast te stellen, er zijn in feite twee opvattingen over het ontstaan ervan. Het kan gaan om een oorspronkelijke bovengrond van bijvoorbeeld een heidepodzol of een door pitrus gedomineerde veenbodembodem, die na bedekking door een veenpakket verder is gehumificeerd tot een structuurloze gitzwarte gliedelaag. Van Heuveln (1962) toonde echter aan dat gliedelagen vaak ook een forse component ingespoelde amorfe humus kunnen bevatten, dat vanuit het bovenliggende veenpakket is ingespoeld. Gliede ontstaat dan gedurende drogere fases in al bestaande, groeiende hoogvenen. De groei van dat hoogveen stopt tijdelijk en er vindt mineralisatie plaats in het bovenste veenpakket, waardoor disperse humus ontstaat die vervolgens inspoelt en neerslaat op plekken met verschillen in poriëngrootte of pH, soms in het veenpakket, maar vaak op de overgang naar de minerale ondergrond. Daarmee zette Van Heuveln het begrip 'podzolering in veen' op de kaart. De feitelijke genese van in hoogveen voorkomende gliede is echter voor de huidige vraagstelling niet van belang.

### **Verkitte podzolen in dekzand**

Buiten het hoogveenrestant zijn leemarme, matig fijne tot matig grove dekzanden aangetroffen. In zandbodems die onder invloed staan van overwegend infiltratie, ontwikkelt zich een podzol. Deze bestaat uit een grijze uitlogingshorizont, gevolgd door een zwarte en roodbruine inspoelingshorizont (Bh & Bhs). Onder droge condities zijn deze bodems goed doorlatend voor water. We treffen dit type profiel alleen aan op de hogere terreindelen, die nooit onderdeel van het hoogveen zijn geweest. Ze zijn te herkennen aan hun typische kleuropeenvolging, met een zwarte en daaronder roodbruine inspoelingshorizont. De oranje kleur is typisch voor een groot aandeel ijzer. Vaak is het zand onder de podzol ook nog enigszins gelig, duidend op ijzerhuidjes rond de zandkorrels (Figuur 3-8, links). In natte bodems zijn de ijzerhuidjes onder gereduceerde condities verdwenen en uitgespoeld, waardoor het zand onder de podzol bleek is.



**Figuur 3-8** Links een droge podzol met een kenmerkende grijze loodzandlaag, zwarte Bh en oranjebruine Bhs horizont en ijzerhuidjes onder de podzol. Rechts een natte veldpodzol met een koffiebruine Bh-horizont en bleek zand direct onder de podzol. Foto: Remco Versluijs.

Op enkele locaties is tijdens het veldonderzoek een verkitte podzol aangetroffen. Dit is een veel voorkomende veenbasis onder Nederlandse hoogvenen (Sevink et al., 2014; 2019). Ze ontstaan wanneer de regionale grondwaterstand stijgt, en de eerder gevormde (droge) podzol geleidelijk vernat, dit wordt vermorsing genoemd. Onder wisselnatte condities wordt meer disperse humus gevormd, wat in de inspoelingshorizont spoelt waardoor deze geleidelijk steeds verder verkit raakt met disperse humus. Bovendien neemt de bioturbatie in vochtige tot natte bodems steeds verder af, waardoor de podzol niet meer door bodemdierpjes doorgraven wordt. Dit zorgt ervoor dat de inspoelingshorizont geleidelijk steeds slechter doorlatend wordt en op den duur geheel verkit raakt. In het veld zijn ze goed te herkennen aan de donkerbruine tot koffiebruine kleur en bij het boren geven ze een grotere weerstand (Figuur 3-8, rechts).

### **Sterk lemig fijn zand, AC-profielen en Veldpodzolen**

Naast de leemarme dekzanden, zijn tijdens het bodemonderzoek in de Mariapeel ook sterk lemige, matig fijne tot zeer fijne dekzanden aangetroffen. Het gaat hier veelal om lemige oude dekzanden (Van der Hammen, 1951; Crommelin, 1965), die zijn afgezet tijdens het Oudste Dryas. Daaroverheen zijn op sommige plekken dunne lagen jong dekzand aangetroffen, die hooguit zwak lemig zijn en veelal een iets grovere korrelgrootte hebben.

Het bijzondere is dat de sterk lemige dekzanden vaak heel gelaagd zijn afgezet. Ze bestaan uit dunne leemlagen met daartussen dunne zandlagen (Figuur 3-9). We weten dat dit soort sterk lemige bodems, zeker wanneer deze gelaagd zijn afgezet (spekkoek), een zeer hoge weerstand hebben voor water (Sevink et al., 2014; Possen et al., 2022).



**Figuur 3-9** Voorbeeld van sterk lemig zand dat is banden / lagen is afgezet in de Mariapeel Foto Remco Versluis.

In deze bodems heeft zich vaak een zeer zwak ontwikkelde veldpodzol ontwikkeld (Figuur 3-10). Lager op de helling is echter vaak sprake van een typisch AC-profiel, wat erop duidt dat deze bodems onder invloed hebben gestaan van grondwater.

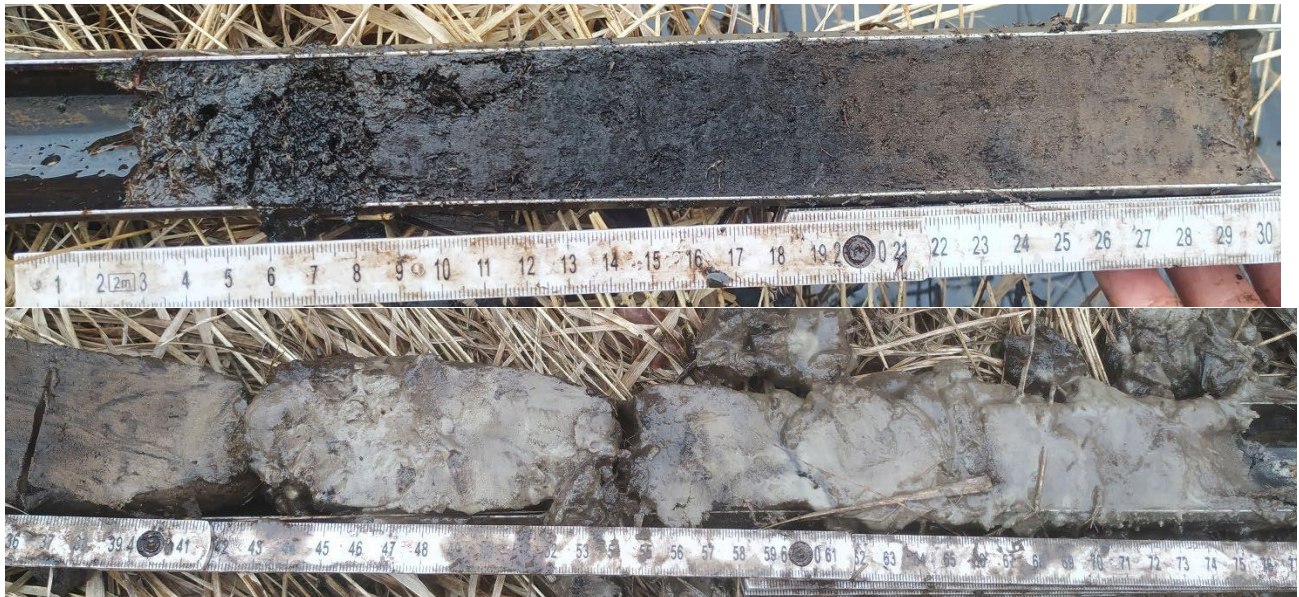


**Figuur 3-10** Zwak ontwikkelde podzol in boring 2, genomen met de ramguts. De podzol is ontwikkeld in sterk lemig zand waarin zich een zeer dunne E-horizont (6-8 cm) bevindt met daaronder een egaal bruine inspoelingshorizont. Foto: Louise Franssen.

### Humeuze leem

Op veel plekken is aan de basis van het veenpakket een sterk humeuze leem gevonden. De leem bestaat hoogstwaarschijnlijk uit de fijne leemfractie van de oude dekzanden, die tijdens warmere perioden in de laatste ijstijd zijn verspoeld (mond. med. J. Sevink tijdens het veldwerk), waarna die fijne leemdeeltjes in de kommen zijn gesedimenteerd. In de leem zijn vaak plantenresten aangetroffen, die erop wijzen dat de leem in een nat milieu moet zijn afgezet. Deze laag kan

daarom geïnterpreteerd worden als leemgyttja (Meier-Uhlherr et al., 2015), die ook in de Deurnsche Peel op veel plekken de veenbasis vormt (Jansen et al., in voorbereiding). De leem is van zichzelf al zeer slecht doorlatend, maar is op veel plekken door de inspoeling van disperse humus (gliede) aan de bovenkant nog slechter doorlatend geworden (Figuur 3-11). Dit is goed te zien doordat de leem droog tot licht vochtig is.



**Figuur 3-11** Boring 126, een boring onder water in de Broemeerkuilen. Het bovenste deel bestaat uit sterk veraard veen met onderin wat gliede (0-20 cm) en daaronder een droge leemlaag (20-66 cm) die overgaat in lemig zand. Foto: Louise Franssen.

### Laag van Usselo

De Laag van Usselo wordt in grote delen van Europa en Amerika aangetroffen. Deze bodemlaag bevat vaak veel houtskool als gevolg van grootschalige bosbranden, die ontstonden toen het klimaat tijdens de Jonge Dryas plots flink kouder werd, en de vegetatie afstierf (Hijzeller, 1947, 1955; Van der Hammen, 1951; Van der Hammen & Van Geel, 2008, Kaiser et al., 2009). Dit was dus het maaiveld ten tijde van het Jonge Dryas, waarin bodemvorming is opgetreden (vorming Ah-horizont). De Laag van Usselo is in meerdere boringen aangetroffen als een zeer humeuze, venige leemlaag (Figuur 3-12). Vooral in de slenken, waarin zich de dikste veenpakketten bevinden, is deze laag sterk lemig ontwikkeld en vaak geheel droog.



**Figuur 3-12** Links een AC-profiel met een dikke Ah horizon, gevolgd door een natte lichtbeige C-horizont. Op 150 cm diepte bevindt zich de donkere leemlaag van de Laag van Usselo. Foto's: Remco Versluijs.

## 3.3 Dwarsdoorsneden

### 3.3.1 Dwarsdoorsnede 1: noord-zuid raai

Dwarsdoorsnede 1 loopt vanaf de laagte ten noorden van het projectgebied, via een hogere dekzandrug, de Kerkkuilen-Noord via Kerkkuilen-Midden naar Kerkkuilen-Zuid (Figuur 3-13). De maaiveldhoogte ligt rond de 32 m +NAP met uitzondering van enkele Peelbanen die tot 33 m +NAP reiken en de hogere zandrug in het noorden (boring 211) die een hoogte van bijna 34 m +NAP bereikt.

#### **Veenopbouw**

De noordelijke laagte (boring 128 & 129) is ondiep en bezit een restveenpakket van zo'n 20-40 cm. Aan de zuidkant van de laagte (Boring 128) kon het veenpakket opgedeeld worden in 15 cm jong veenmosveen en daaronder 20 cm oud veenmosveen. Aan de noordkant (boring 129) was het veen dusdanig veraard (H10), dat een dergelijk onderscheid niet mogelijk was. Daar is het gehele veenpakket als sterk veraard beoordeeld.

De Kerkkuilen-Noord bestaat uit twee kleinere laagten die van elkaar gescheiden zijn door een lage dekzandrug (boring 213). In die laagten is een veenpakket aanwezig van 50-65 cm dikte. Het veenpakket in zowel de noordelijke als zuidelijke laagten zijn relatief sterk veraard, waardoor de veentypen in het veld niet verder op naam gebracht konden worden. In de zuidelijke laagte, die doorloopt naar de Kerkkuilen-Midden is wel een dunne laag Scheuchzeriaveen (H4-H5) aangetroffen. Alleen in boring 112 was nog een dunne laag nagenoeg onveraard veenmosveen aanwezig.

In de veel diepere laagte van Kerkkuilen-Midden bevinden zich veenpakketten met een dikte tot ruim 2,5 meter. Boven de minerale basis is hier in sommige boringen (216, 210 en 209) riet(zegge)veen of zwakzandig en lemig riet(zegge)veen gevonden met humificatieklasse H6-H7. Boven op het riet(zegge)veen is sterk veraard veen (H8-H10) aangetroffen. Aan de zuidkant van de laagte is een relatief dikke laag Scheuchzeriaveen (H5-H7) aangetroffen (boringen 210, 209 en 207). Het bovenste veenmospakket is 0,5 tot 1 meter dik en bestaat uit oud veenmosveen (H7-H9). Alleen in boring 219 is op het oude veenmosveen nog een dunne laag jong veenmosveen (H4) aangetroffen. Aan het oppervlak ligt in de meeste boringen een dunne laag sterk veraard veen (H7-H9).

De overgang tussen de diepe laagte van Kerkkuilen-Midden en de veel ondiepere slenk van Kerkkuilen-Zuid, wordt gekenmerkt door een lage zandrug (boring 206 / 205). Hier is een sterk veraard veenpakket van hooguit 40 cm aangetroffen (H8-H10), dat niet nader te classificeren was. Ten zuiden van boring 206 neemt de dikte van het veenpakket geleidelijk toe tot ongeveer 1,5 meter dikte. Onder in deze zuidelijke laagte is een laag sterk veraard veen aangetroffen met daarboven een dunne laag Scheuchzeriaveen. Het Scheuchzeriaveen is alleen aan de zuidkant van de laagte aangetroffen, en ontbreekt aan de noordkant. Het wordt opgevolgd door een 85 cm dik pakket oud veenmosveen en een restantje jong veenmosveen. Doordat de boringen 104 en 204 zijn gedaan op een peelbaan, is de bovenste 20-30 cm verstoord: er is zand opgebracht en het

veen is sterk veraard. Het verloop van boring 204 is opvallend aangezien er op twee verschillende diepten Scheuchzeriaveen is aangetroffen (H2 bovenin en H5 onderin) met daartussen sterk veraard veen en oud veenmosveen.

### **Minerale ondergrond en veenbasis**

In de zuidelijke laagten, Kerkkuilen-Midden en Kerkkuilen-Zuid bestaat de veenbasis uit een uiterst compacte en droge humeuze leemlaag van minstens 20 cm dikte. Op veel plekken is niet door de leem geboord, waardoor onbekend is hoe dik deze laag precies is. In boring 205, 206 en 207 is onder de humeuze leem een dun, watervoerend zandpakketje aanwezig. Daaronder ligt de zeer compacte en eveneens slecht doorlatende Laag van Usselo. Deze laag is in de andere boringen op deze raai niet aangeboord, maar zal daar naar verwachting ook aanwezig zijn, al dan niet minder lemig ontwikkeld.

Op plekken waar leem ontbreekt, zoals in Kerkkuilen-Noord, bestaat de minerale ondergrond uit zwak tot sterk lemig dekzand. De hoge dekzandrug ten noorden van Kerkkuilen-Noord (boring 211/127) bestaat uit zwak lemig, matig fijn dekzand met daaronder het sterk lemige, zeer fijnzandig dekzand. In de dekzanden hebben zich onder invloed van infiltratie podzolen ontwikkeld. In de hoogste en droogste dekzandruggen hebben zich haarpodzolen gevormd (zoals boring 211), die doorlatend zijn voor water. Lager op de gradiënt zijn veldpodzolen ontstaan (boring 212, 213 & 227). Door de inspoeling van humus zijn deze sterk verkit geraakt, hier - tussen boring 212 – 214 en in de omgeving van boring 227 - is sprake van een verkitte B-horizont. In de sterk lemige dekzanden hebben zich minder uitgesproken veldpodzolen ontwikkeld, deze bodems zijn door het hoge leemgehalte van nature al slecht doorlatend. Door de ontwikkeling van een humusinspoelingshorizont (Bh) zal de doorlatendheid voor water nog verder zijn afgenomen (boring 212, 112, 11 en 214).

Op de overgang van veen naar minerale ondergrond is bijna overal een 10-30 cm dikke laag met gliede aangetroffen. Vaak zit een klein deel van de gliede in het veen, het grootste deel bevindt zich in de minerale veenbasis.

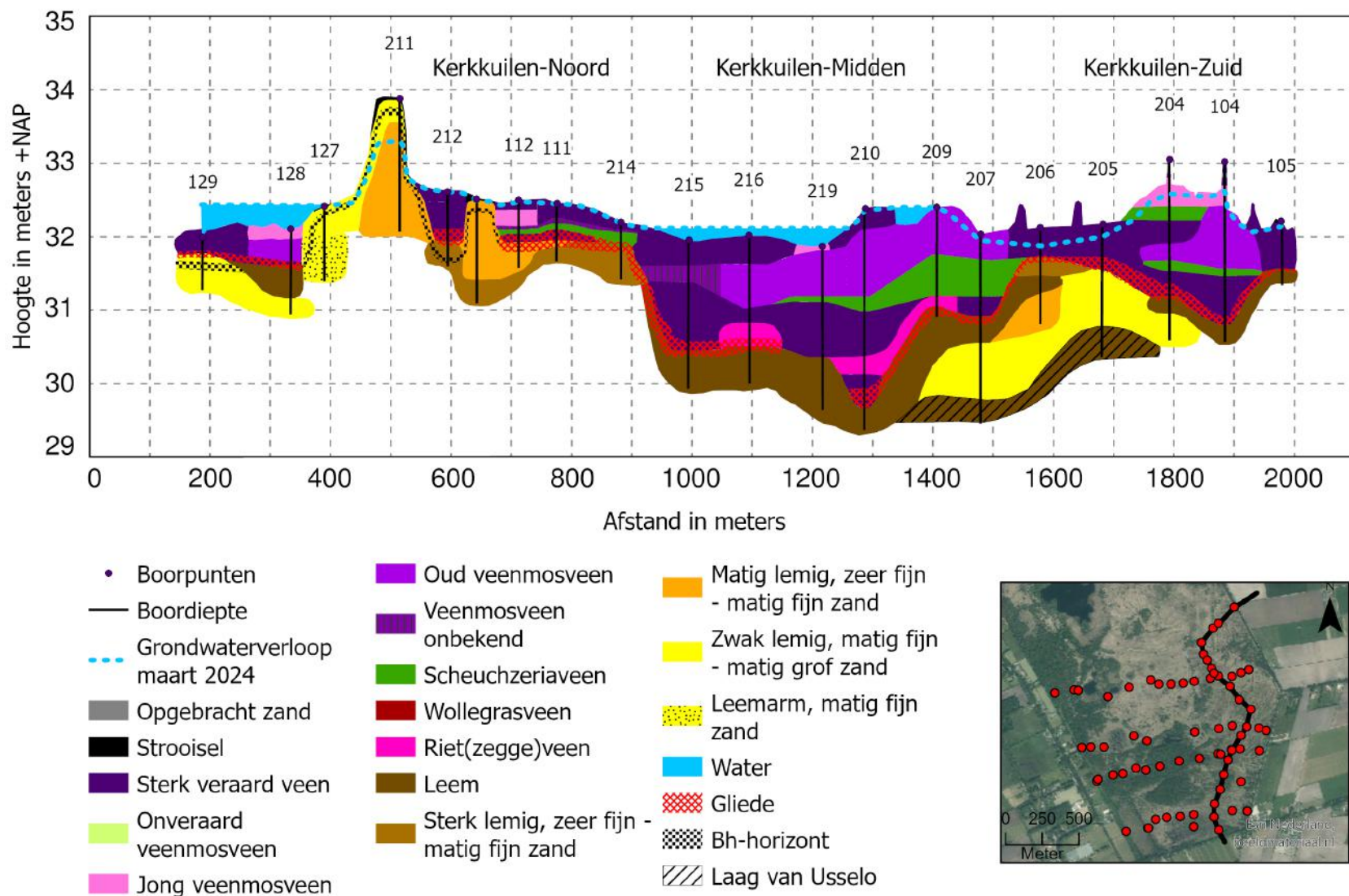
### **Grondwaterstanden**

De grondwaterstanden zijn gemeten in maart 2024, dat is na een extreem natte winter en nat voorjaar. De waterstanden liggen vrijwel overal op of boven maaiveld, met her en der inundaties van 10-40 cm, vooral in Kerkkuilen-Midden. De laagte ten noorden van de hoge dekzandrug (boring 211) is geheel geïnundeerd tot een hoogte van ongeveer 32,50 m +NAP. In de dekzandrug zelf ligt de grondwaterstand ongeveer 70 cm onder maaiveld, maar ligt ruim 70 cm boven de waterstanden van omliggende gebieden. Er is sprake van een behoorlijke opbolling van de waterstand in de dekzandrug. Vanaf Kerkkuilen-Noord volgt de waterstand min of meer het maaiveldverloop naar Kerkkuilen-Midden. Doordat de waterstanden overal aan maaiveld staan, zal regenwater lateraal, maaiveld volgend worden afgevoerd. Dit betekent dus dat grond- en regenwater vanaf de hoge dekzandrug in het noorden in zuidelijke richting stroomt tot in de Kerkkuilen-Midden. Hier verzamelt zich veel water, waardoor de grondwaterstand daar enkele decimeters boven maaiveld staat.

In Kerkkuilen-Midden (boringen 210/209) en Kerkkuilen-Zuid (boringen 104/204) ligt de waterstand enkele decimeters hoger dan in de directe omgeving. Dit komt simpelweg doordat de veenputten hier omgeven zijn door hogere peelbanen, waardoor de waterstand hier verder kan stijgen.

In het gebied tussen Kerkuilen-Midden en Kerkkuilen-Zuid (boringen 205/206/207) is de grondwaterstand juist opvallend laag, circa 32,1 m +NAP. Vooral boring 206 springt eruit met een grondwaterstand ongeveer 25 cm onder maaiveld.

### Doorsnede 1: Noord-Zuid



**Figuur 3-13** Dwarsdoorsnede 1: Noord-zuid raai van de Mariapeel. De linkerkant van de doorsnede correspondeert met het noorden van de doorsnede.

### **3.3.2 Dwarsdoorsnede 2: west-oost over het zandplateau**

Dwarsdoorsnede 2 is de meest noordelijk gelegen west-oost raai en loopt over het centrale zandplateau dat aan beide kanten wordt begrensd door hogere dekzandruggen met een maximale hoogte van ongeveer 33,5 m +NAP in het westen en 34 m +NAP in het oosten (Figuur 3-14). In het westen loopt het maaiveld steil af van de top van de dekzandrug tot in de laagte: over een afstand van ongeveer 25 m daalt het maaiveld met 1,3 m. De overgang in het oosten is veel geleidelijker, daar neemt de hoogte met 1,5 m toe over een afstand van 150 m. Het plateau is redelijk vlak met een maaiveldniveau dat varieert van 32,2 – 32,9 m +NAP.

#### **Bodem- en veenopbouw**

De bodem van het zandplateau bestaat uit een dik pakket sterk lemig, matig fijn tot zeer fijn (oud) dekzand. Alleen op de hogere toppen bij boring 121 en 2 ligt een laagje van hooguit 10 – 20 cm leemarm tot zwak lemig (jong) dekzand. De sterk lemige dekzanden bestaan hier uit een afwisseling van leembandjes en fijne zanden. Aan weerszijden van het zandplateau duikt het sterk lemige dekzand dieper weg, en neemt de dikte van het pakket leemarm tot zwak lemig (jong) dekzand aanzienlijk toe. De toppen bestaan er uit leemarme dekzanden.

In het Plateau liggen drie ondiepe slenken. Alleen in die slenken ligt veen, dat bestaat uit maximaal 50 cm, meestal sterk veraard veen (H8-10). In de slenk bij boring 120 is in totaal 36 cm veen aangetroffen, waarvan 2 cm bestond uit wollegrasveen (H5) en daarbovenop 6 cm uit veenmosveen (H5-H6). In de slenk in Kerkkuilen-Noord (boring 111 & 113) is in totaal 50 cm veen aangetroffen, waarvan het onderste 15 cm bestond uit sterk veraard veen met gliede, daarboven een 8 cm dikke laag Scheuchzeriaveen is aangetroffen en de bovenste 20-25 cm bestond uit sterk veraard veen. In boring 111 is tevens een 7 cm dunne laag veenmosveen (H5) aangetroffen. De laagte bij boring 118 stond volledig onder water, waardoor hier slechts één boring is uitgevoerd. Boven het sterk lemige dekzand is een 15-20 cm dik sterk veraard restveenpakket aangetroffen.

#### **Minerale ondergrond en veenbasis**

De minerale ondergrond in Plateau-West en –Oost bestaat uit sterk lemig, matig fijn tot zeer fijn dekzand. Het sterk lemige dekzand is gelaagd afgezet, waardoor een zeer hoge weestand ontstaat tegen wegzijging (Possen et al., 2022). De veenbasis in alle drie met veen opgevulde laagten bestaat uit dit sterk lemige dekzand, waarin een zwak ontwikkelde (veld)podzol aanwezig is. Op de overgang van veen naar minerale ondergrond is in alle drie laagten een 10-30 cm dikke laag met gliede aangetroffen. Vaak zit een klein deel ervan in het veen, het grootste deel van de ingespoelde gliede bevindt zich in de minerale veenbasis. Bij boring 113 en 114 ligt daar nog een compacte leemlaag onder.

In de zwak lemige dekzandruggen aan weerszijden van het plateau hebben zich (hydromorfe) podzolen ontwikkeld. In hoeverre de podzolen in de lagere gebieden (boring 108, 109, 110 en 201) verkit zijn, is niet helemaal duidelijk. In de boorbeschrijving van boringen 110 en 117 staat dat het gehele profiel zeer nat is, wat erop kan duiden dat hier geen slecht doorlatende laag aanwezig is. Toch zijn in beide profielen sterk humeuze podzol aanwezig, die een sterk remmende werking zal hebben op de infiltratie (Figuur 3-14). In de hoge dekzandrug van boring 1 is de aangetroffen podzolen zeker niet verkit en dus nog goed doorlatend voor water.

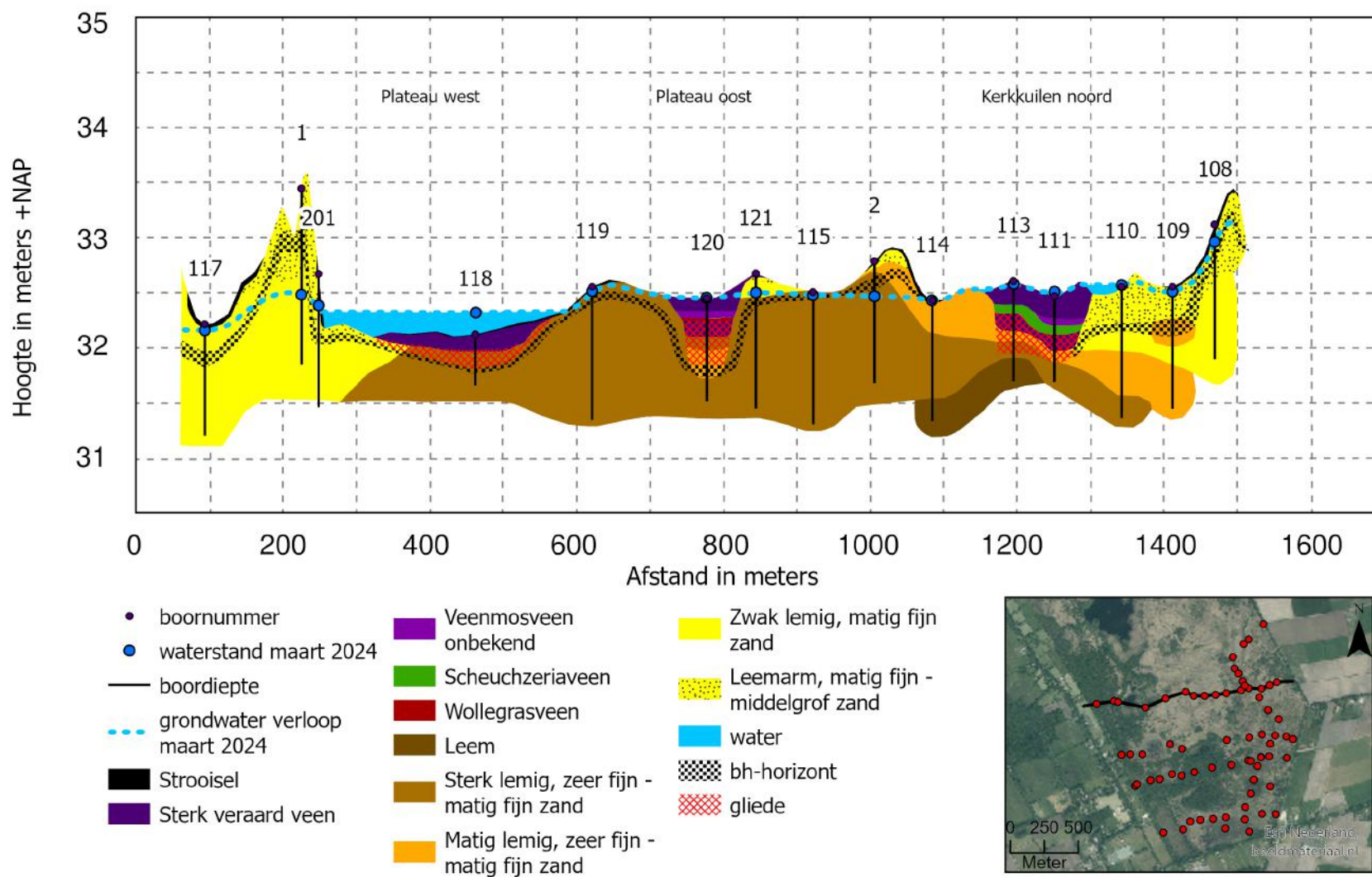


**Figuur 3-14** Links het boorprofiel van boring 117, Rechts het boorprofiel van boring 110 (Foto: Louise Fransen).

### **Grondwaterstand**

In maart 2024 heeft de waterstand op het Plateau-Oost en Kerkkuijen-Noord een vrijwel gelijk niveau van 32,5 m +NAP. In de aangrenzende dekzandrug in het oosten (boring 108), ligt de grondwaterstand circa een halve meter hoger dan op het Plateau, op 33 m +NAP. Daarmee is sprake van een geringe opbolling in deze dekzandrug. Toch ligt het waterpeil in deze dekzandrug ruim 1 meter hoger dan het naastgelegen kanaal. Opvallend is het relatief lage waterpeil in Plateau West (32,4 m +NAP), ondanks een inundatie met ruim 25 cm. In de aangrenzende dekzandruggen is sprake van een geringe opbolling (boring 1). De grondwaterstand aan de westgrens van het projectgebied (boring 117) bedraagt 32,15 m +NAP, dat is 15 cm lager dan het inundatiepeil in Plateau West.

## Doorsnede 2: West - Oost



**Figuur 3-15** Dwarsdoorsnede 2: de meest noordelijke west-oost raai van het plateau naar Kerkkuilen noord.

### **3.3.3 Dwarsdoorsnede 3: west-oost over de Broemeerkuilen en Gat van Klerks**

Dwarsdoorsnede 3 loopt van de Broemeerkuilen, een veenputtencomplex in het westen, over het Gat van Klerks naar het veenputtencomplex in Kerkkuilen-Midden in het oosten (Figuur 3-15). Het maaiveld stijgt van ongeveer 31,7 m +NAP in de Broemeerkuilen naar 32,7 m +NAP op een dekzandruggetje ten westen van Gat van Klerks. De hoogte van de dekzandrug ten oosten van Gat van Klerks bedraagt 33,2 m +NAP, waarna het maaiveld daalt tot ongeveer 31,9 m +NAP aan de oostgrens van het projectgebied. Daar ligt een dijkje met een 3 m diep kwelscherm.

#### **Bodem- en veenopbouw**

Het Gat van Klerks is gegraven in een uitloper van het zandplateau (zie dwarsdoorsnede 2, paragraaf 3.3.2). De minerale ondergrond bestaat er tot een diepte van ongeveer 100 tot ruim 150 cm onder maaiveld uit sterk lemig, fijn tot zeer fijn dekzand. Uit de diepe boring 307 blijkt dat onder het sterk lemige dekzand matig leemhoudend, fijn tot zeer fijn zand ligt, dat naar onderen overgaat in zeer fijn zand. Het matig lemige zand is rijk aan organische stof en bevat veel houtskool. Deze laag wordt gerekend tot de Laag van Usselo, maar is hier duidelijk minder lemig ontwikkeld dan onder de Kerkkuilen-Midden. Opvallend is bovendien dat in de boring 307, aan de rand van het Gat van Klerks een 50 cm dikke sterk veraarde veenpakket is gevonden. Dit laat zien dat het Gat van Klerks dus waarschijnlijk in of aan de rand van een natuurlijke natte laagte is gegraven.

Onder de Broemeerkuilen ligt een 10-50 cm dikke humeuze leemlaag, die naar het oosten toe doorloopt tot hoog op de dekzandrug. In het puttencomplex ligt een veenpakket van maximaal 37 cm dik (boringen 125 & 126). Het veen is sterk veraard (H9-H10). Alleen in boring 125 is veenmosveen (H6) aangetroffen in een laagje van hooguit enkele centimeters.

In de Kerkkuilen-Midden ligt een 1,5-2 meter diepe laagte. In het midden ervan ligt een zeer compacte, humeuze leemlaag van minimaal 50 cm dik. De humeuze leem ligt onder de westflank van deze laagte eveneens aan de basis van het veenpakket. De veenopbouw in deze laagte is heel divers. Boven de veenbasis is een 60-75 cm dik pakket sterk veraard veen gevonden (H8-9), in boring 219 zijn daarin nog wel resten van berkenhout, Scheuchzeria en veenmossen herkend. Toch was het door de hoge humificatiegraad niet mogelijk er met zekerheid een veentype aan te verbinden, behalve sterk veraard veen. Boven deze laag ligt een 10 cm dunne laag Scheuchzeriaveen, die op de westflank het dikst is. Op het Scheuchzeriaveen ligt een tot 80 cm dik pakket oud veenmosveen. De bovenste 20-30 cm van het veenpakket is sterk veraard (H9-10) Boring 220 wijkt hiervan af: daar is een 70 cm dikke laag nagenoeg onveraard veenmosveen (H2-H3, lichtbruin) gevonden met veel Eenarig wollegras op hetzelfde niveau als het oude veenmosveen in de omliggende boringen.

#### **Veenbasis**

De veenbasis bestaat in het Gat van Klerks uit de uiterst slecht doorlatende sterk lemige, fijne tot uiterst fijne dekzanden. Onder de Broemeerkuilen vormt de humeuze leemlaag een belangrijke slecht doorlatende basis. Onder de Kerkkuilen-Midden bestaat de veenbasis uit een minimaal 50 cm dikke laag humeuze leem (deels gerekend tot de Laag van Usselo). Vrijwel overal, behalve bij

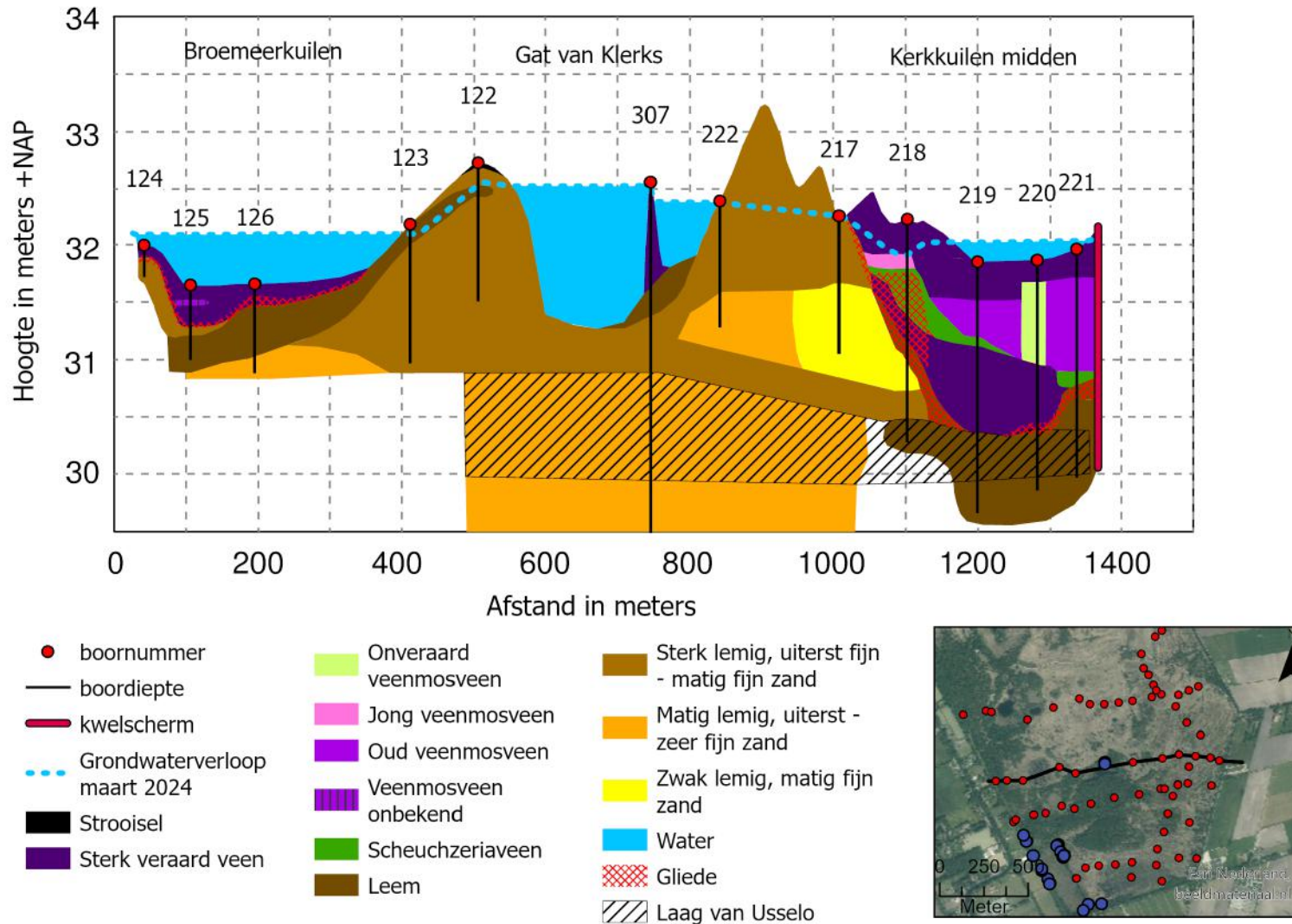
boring 219, is bovendien gliede (4 – 78 cm) aangetroffen op de overgang van veen naar minerale ondergrond.

### **Grondwaterstanden**

Getuige de waterstandsverschillen stroomt het water ten westen van het Gat van Klerks naar de Broemeerkuilen, waar ten tijde van de boringen zo'n 46 cm water op maaiveld stond (32,1 m +NAP). Het Gat van Klerks staat in maart 2024 geheel onder water en bereikt in het centrale deel een waterpeil van ongeveer 32,55 m +NAP, terwijl in het oostelijke deel het waterpeil zo'n 15 cm lager ligt (32,40 m +NAP). Tijdens de veldwerkzaamheden bleek dit deel van de laagte een "natuurlijke" maaiveldoverloop te hebben, waardoor het waterpeil hier niet verder kan stijgen. In het puttencomplex van de Kerkkuilen-Midden staat zo'n 10 – 25 cm water op maaiveld en bedraagt het openwaterpeil ca. 32 m +NAP en loopt door tot aan het kwelscherm langs de oostgrens.

Doordat geen waterstanden gemeten zijn in de dekzandrug tussen het Gat van Klerks en de Kerkkuilen-Midden, is het waterstandverloop hier onduidelijk. Het lijkt waarschijnlijk dat deze min of meer het maaiveld zal volgen. De sterk lemige bodem lijkt het niet logisch dat water vanuit het Gat van Klerks in oostelijke richting stroomt. In de zandrug ten westen van het gat van Klerks bolt de grondwaterstand iets op.

### Doorsnede 3: West - Oost



**Figuur 3-16** Dwarsdoorsnede 3: west-oost raai over Broemeerkuilen en Gat van Klerks naar Kerckuilen-Midden.

### **3.3.4 Dwarsdoorsnede 4: west-oost over het Bos van Klerks**

Dwarsdoorsnede 4 loopt van west naar oost en start in een smalle uitloper van het puttencomplex van de Broemeerkuilen, doorkruist het Bos van Klerks en eindigt in de Kerkkuilen-Midden (Figuur 3-16). Het maaiveldverloop vertoont relatief grote hoogteverschillen, met twee zandruggen die tussen de 32,5 en 33,5 m +NAP reiken. Tussen deze zandruggen liggen de drie natte laagten waarvan de bodems tussen 30.75 en 31.5 meter +NAP liggen.

#### **Bodem- en veenopbouw**

De minerale ondergrond bestaat hier uit een complexe opbouw van sterk, matig en zwak lemige matige fijne tot zeer fijne zanden. Wat opvalt, is dat in alle kommen compacte leem aan de basis ligt, in de Kerkkuilen-Midden is deze laag tot wel 60 cm dik. Daaronder is bij boring 231 en 234 de Laag van Usselo aangetroffen, die ook hier sterk lemig en compact ontwikkeld is. Mogelijk loopt deze laag helemaal door tot aan de westkant, zoals blijkt uit dwarsdoorsneden 3 en 5.

In de Kerkkuilen-Midden is nog een ongeveer 1,5 meter dik veenpakket aanwezig. Het veenpakket bestaat uit verschillende veentypen. Aan de basis van het veen ligt 15-25 cm rietveen (H7) met een hoog aandeel silt/zand. Bij boring 209 wordt het rietveen direct opgevolgd door Scheuchzeriaveen (H5-H7). Deze overgang is verder oostelijk ook aangetroffen, alleen heeft het Scheuchzeriaveen zich daar ontwikkeld op een sterk veraarde veenlaag (veenmosveen) en is er aanzienlijk minder dik. Boven op het Scheuchzeriaveen heeft zich bij boringen 209, 234 en 130 oud veenmosveen (H5-H8) ontwikkeld. Bij boring 234 is nog een dunne laag jong veenmosveen aanwezig (H3-H4). Boring 232 wijkt hier enigszins vanaf, doordat hier een dikker pakket jong veenmosveen (H4) is aangetroffen op een laag sterk veraard veen met wollegras (H10). Deze boring is gedaan in een gebied met veel veenputten, waar we tijdens het uitvoeren van het veldwerk moeite hadden een goed, ongestoord profiel te steken. Mogelijk is boring 232 ook gestoord, en kan dit het afwijkende patroon verklaren. Boring 234 is extra gedaan om een goed beeld te krijgen van de veenopbouw in dit deel van het puttencomplex en is uitgevoerd in een hogere peelbaan.

Naast het dikke veenpakket in en rondom Kerkkuilen-Midden, bevatten de beide andere laagten bij boringen 223, 224 en 227 ook nog dunne restveenpakketten variërend tussen 10 en 30 cm dikte. Dit zijn restanten van uitgeveende hoogveentjes.

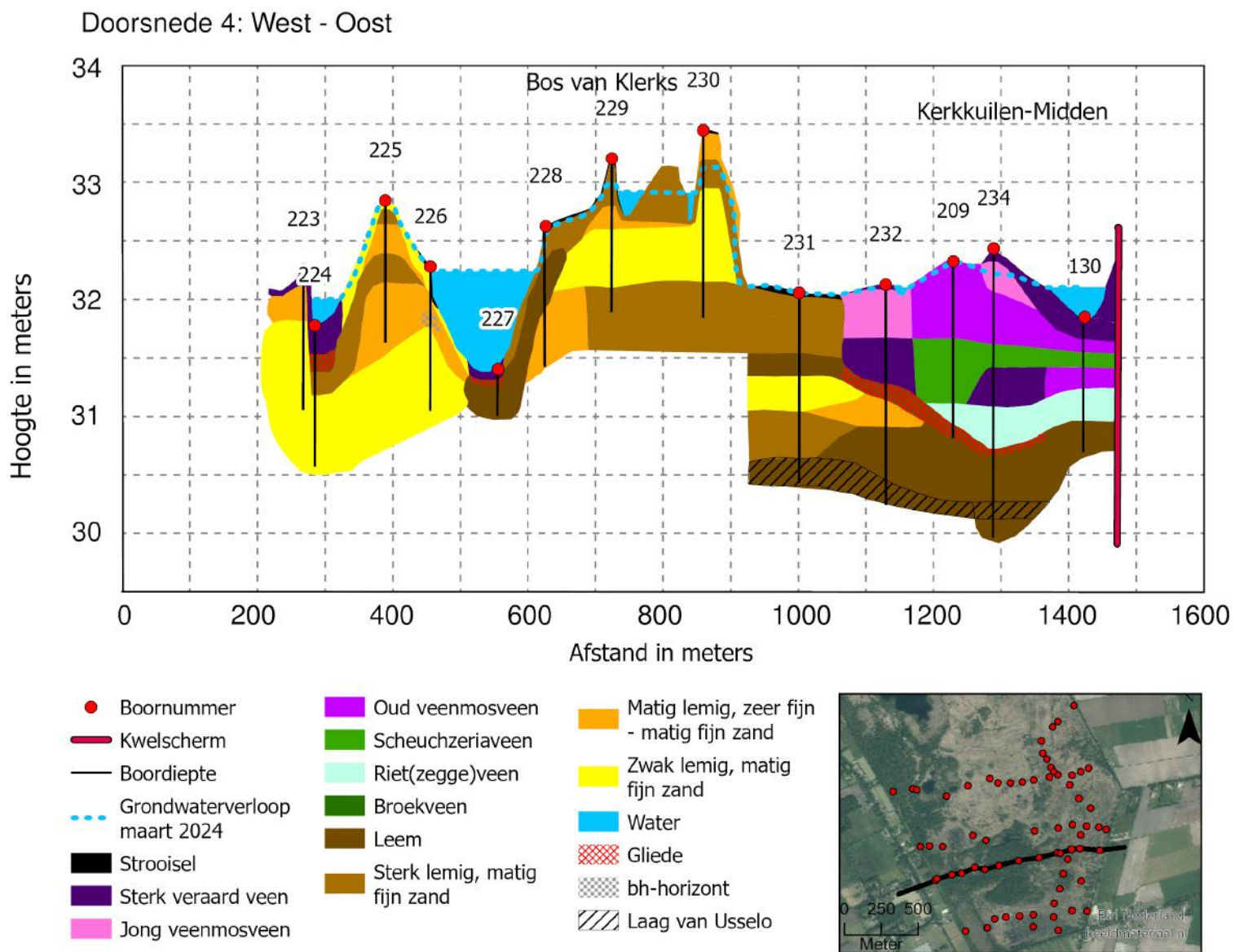
#### **Veenbasis**

De veenbasis wordt op deze raai gevormd door de slecht doorlatende humeuze leem van minstens 20 cm dik, die aan de bovenzijde vaak extra slecht doorlatend geworden is door ingespoelde gliede. Maar ook hoger in het landschap zorgen de sterk lemige matig fijne tot fijne dekzanden voor een sterke waterstagnatie en geringe infiltratie van regenwater. Dieper in de ondergrond zal de uiterst compacte Laag van Usselo ook een grote remmende werking hebben op wegzijging naar de diepere zandondergrond.

#### **Grondwaterstanden**

De grondwaterstand volgt in maart 2024 grofweg het maaiveldverloop. De laagste waterstanden worden bereikt langs de west- en oostrand van het gebied, de hoogste waterstanden in het bos

van Klerks. Op die laatste plek zorgen de sterk lemige dekzanden ervoor dat alle laagtes geïnundeerd zijn. Ook de laagtes in het westen staan tot de rand gevuld met water. In de Kerkkuielen-Midden volgt de waterstand ook het maaiveld, waarbij de waterstand tegen de randkade 5-10 cm lager ligt dan in het centrum van het veengebied (boringen 231/232).



**Figuur 3-17** Dwarsdoorsnede 4: west-oost raai over het Bos van Klerks en Kerkkuilen-Midden. De waterstand bij boring 225 is niet in maart maar op 3 mei 2024 opgenomen.

### 3.3.5 Dwarsdoorsnede 5: west-oost over het Broemeerkanaal

Doorsnede 5 loopt van een nat 'Pitrus' complex in het westen, via het Broemeerkanaal naar het veenputtencomplex van Kerkkuilen-West en -Zuiden (Figuur 3-17). Het maaiveld loopt van ongeveer 31,75 m +NAP in het Pitrus complex en Broemeerkanaal geleidelijk omhoog tot 32,8 m +NAP in het oosten. Daar wordt het gebied begrensd door een 3 m diep kwelscherm. In Kerkkuilen-West en -Zuid liggen een aantal peelbanen, deze liggen ongeveer 40 cm hoger in het landschap dan de omliggende puttencomplexen. Vanaf boring 103 tot en met 203 is er op deze peelbanen geboord.

#### Bodem- en veenopbouw

De minerale ondergrond bestaat over het gehele transect uit een minimaal 20-50 cm dikke leemlaag. Aan de oostkant komt de leem omhoog en vormt een hogere rug. In boring 203 is onder het veen sterk lemig, zeer fijn zand aangetroffen dat hier waarschijnlijk op de leem ligt. Op grotere diepte is in meerdere boringen de zeer compacte, sterk lemig en vaak weinig ontwikkelde Laag van Usselo aangetroffen (boringen 302, 237, 239).

Het veenpakket kan grofweg opgedeeld worden in twee delen, het westen sterk veraard en het oostelijke deel goed bewaard gebleven. Rondom het Broemeerkanaal is het veenpakket sterk verstoord en bestaat het restveen overwegend uit sterk veraard veen. Doordat hier veel veen is gewonnen, zijn diepe waterplassen ontstaan met open water (boring 238) of drijvende Veenmos-Pitrus begroeiingen (boring 107).

Boring 237 is uitgevoerd in het dijkje langs het Broemeerkanaal. De eerste 130 cm bestaat uit opgebracht zand en leem, dat waarschijnlijk afkomstig is uit het kanaal (Figuur 3-17). Ook de diepe boringen iets verder noordelijk bevestigen dit beeld, daar bestaat het opgebrachte materiaal echter uit relatief grof zand van onder de veenbasis. Onder het opgebrachte materiaal ligt nog een dunne restveenlaag van zo'n 15 cm, wat in deze boring bestond uit rietveen. Daaronder ligt zo'n 30 cm zeer compacte humeuze leem en sterk lemig, fijn zand. Op 190 cm onder maaiveld troffen we de zeer compacte, overwegend droge leem aan van de Laag van Usselo. Deze laag is ook aangetroffen in de aanvullende diepe boring 302 in de westkade. De bodem van het Broemeerkanaal is op de locatie van boring 237 tot in de leem gegraven, maar is er niet helemaal doorheen gegraven en is zeker niet door de slecht doorlatende laag van Usselo gegaan.



**Figuur 3-18** Boven de eerste meter met opgebrachte leem en zand in de kade langs het Broemeerkanaal (herkenbaar aan de scherpe overgangen); Onder, de tweede meter, met de natuurlijke overgang van rietveen (tussen rode lijnen), zwartgrijze Ah (tussen rode en zwarte lijn) en beige C-horizont (tot aan blauw lijn). Helemaal onderin stuiten we op de laag van Usselo (rechts van blauwe lijn). Foto: Remco Versluijs.

Diepe boringen aan weerszijden van het Broemeerkanaal iets verder noordelijk van deze dwarsdoorsneden, laten zien dat de eerste leemlaag daar omhoog komt, terwijl de Laag van Usselo er ontbreekt. Het kanaal is daar wel door de leem gegraven tot in het eronder gelegen grovere zandpakket (Cammeraat & Sevink, 2024).

In het oostelijke deel, vanaf boring 103, bestaat het veenpakket uit sterk veraard veen (H9) met berkenbast, Scheuchzeriaveen (H6-H7), oud veenmosveen (H8), en jong veenmosveen (H2) onder een 2 cm dunne sterk veraarde toplaag (H10).

In de richting van de Kerkkuilen zuid neemt de dikte van het restveenpakket aanzienlijk toe tot een dikte van ruim 2 meter. Het veenpakket is opgebouwd uit een dikke laag oud veenmosveen, dat in westelijke richting, dus richting het Broemeerkanaal, aanzienlijk in dikte afneemt en lager ligt t.o.v. NAP. Daarboven ligt nog een dunne laag witveen ofwel jong veenmosveen, dat vooral op de peelbanen nog te herkennen is. In de daartussen gelegen veenputten is het jonge veenmosveen veelal verdwenen. Aan zowel de westkant als oostkant van het veencomplex is een laag Scheuchzeriaveen aangetroffen. In boring 239 is bovendien een 9 cm dikke laag wollegrasveen aangetroffen tussen het oude en jonge veenmosveen. In boring 104 is in het sterk veraarde veen aan de basis van het pakket enkele stukjes riet aangetroffen.

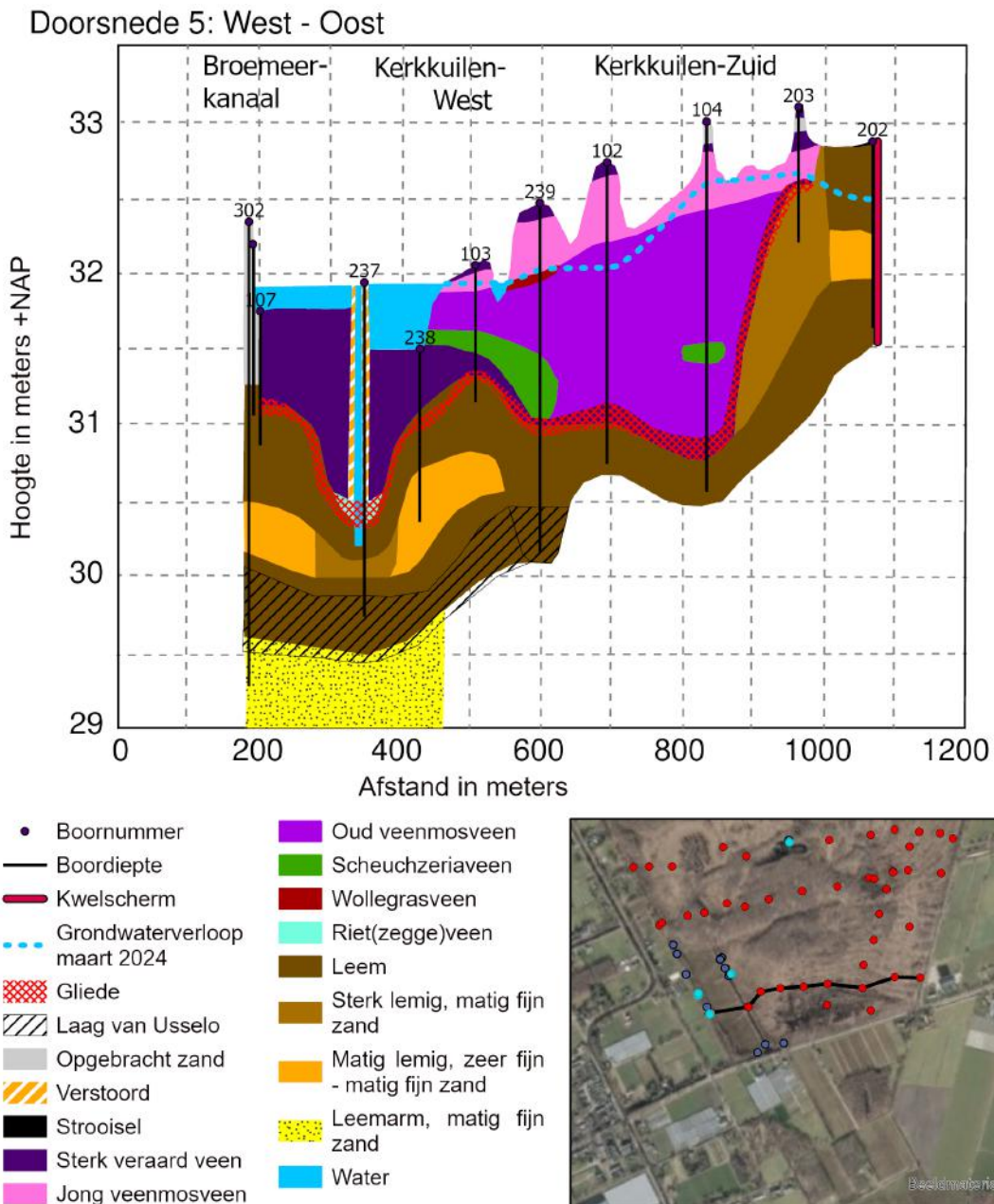
De bovenste lagen op de peelbanen zijn verstoord, dit was het meest duidelijk bij boring 104 en 203 waar ook opgebrachte zandlagen aangetroffen zijn in de profielen.

### **Veenbasis**

De veenbasis bestaat overal uit een dikke aaneengesloten leemlaag, waar aan de bovenzijde bovendien veelal gliede is ingespoeld (7 – 29 cm). Deze combinatie zorgt voor een uiterst slecht doorlatende veenbasis. Op veel plekken bevindt zich onder deze leemlaag nog een tweede zeer compacte en veelal droge leemlaag, die gerekend wordt tot de Laag van Usselo. Hoewel het Broemeerkanaal tot in de minerale ondergrond is gegraven, lijkt het erop dat deze watergang hier niet door de veenbasis is gegaan. Het kanaal is in ieder geval niet door de Laag van Usselo gegraven. Diepe boringen laten zien dat het kanaal verder noordelijk wel door de veenbasis is gegraven tot in het eronder gelegen watervoerende pakket.

### **Grondwaterstanden**

De hoogste grondwaterstanden zijn gemeten in de Kerkkuilen-Zuid ter hoogte van boringen 104 en 203. Doordat de boringen hier genomen zijn op de verhoogde peelbanen, zien we op de doorsnede de waterstand van het naastgelegen puttencomplex. Opvallend is de 10-15 cm lagere grondwaterstand in de minerale ondergrond bij boring 202 direct tegen het kwelscherm. In westelijke richting daalt de waterstand in het veenpakket vanuit de Kerkkuilen-Zuid geleidelijk tot het niveau van het Broemeerkanaal, dat ruim 70 cm lager ligt dan de veenwaterstand in de Kerkkuilen-Zuid. In het gebied rondom het Broemeerkanaal staat op veel plekken ruim 50 tot 65 cm water op maaiveld. Tijdens het veldwerk stroomde water uit het veengebied oostelijk van het Broemeerkanaal over het dijke in het Broemeerkanaal.



**Figuur 3-19** Dwarsdoorsnede 5: west-oost raai over Broemeerkanal en Kerkkuijen-West naar Kerkkuijen-Zuid.

### 3.4 Conclusie

- De hoogveenrestanten, en dus ook de puttencomplexen, liggen op plaatsen met geulen in de ondergrond. In feite bestaan deze geulen uit een serie kommen, die via lage ruggen met elkaar verbonden zijn. De dikste veenpakketten liggen in de diepe kommen in Kerkkuijen-Midden en Kerkkuijen-Zuid, terwijl aan de noordwestkant en in Kerkkuijen-Noord slechts dunne veenpakketten aanwezig zijn.
- De veenvorming is in de geulen en laagten begonnen vanuit een grondwatergevoede situatie, getuige de aanwezigheid van eutrofe veentypen (rietzeggeveen) en/of mesotrofe veentypen (Scheuchzeriaveen) aan de basis van het ombrotrofe veenmosveen. Vanuit deze grondwatergevoede toestand heeft zich ombrotroof hoogveen ontwikkeld, waarbij in alle laagten eerst oud veenmosveen is ontstaan en vervolgens jong veenmosveen. Op sommige

plekken is het oude veenmosveen van het jonge veenmosveen gescheiden door een dunne laag eenarig-wollegrasveen.

- Jong veenmosveen ofwel witveen is slechts op enkele plekken in het projectgebied gevonden, vooral in de Peelbanen, waar het een maximale dikte van een halve meter heeft. Het witveen is door veenwinning grotendeels uit het gebied verdwenen. Het overige restveen is veelal sterk of volledig veraard.
- In de veenputten heeft zich vaak een nieuw, nagenoeg onveraard veenmosveenpakket ontwikkeld, dat beschouwd kan worden als recent gevormd, jong witveen.

Het antwoord over de aard en de locaties van slecht doorlatende lagen aan de veenbasis is:

- De veenbasis (in de geulen) bestaat overwegend uit humeuze leem en gebandeerd sterk lemig, fijn tot zeer fijn zand. Dat zand en die lemen behoren tot het zogeheten oud dekzand dat in de oorspronkelijk diepere geulen is ingewaaid of vanaf de hogere plateaus is ingespoeld. Ook in de Deurnsche Peel ten westen van de Mariapeel werden zulke lemen gevonden (Jansen et al., in prep). Naast deze sterk waterkerende minerale lagen (Possen et al., 2022) is in de meeste laagten ook nog een dunne gliedelaag aangetroffen. Deze gliedelagen bevinden zich aan de onderzijde van het veenpakket, de bovenzijde van de minerale afzettingen en/of in de overgang tussen beide. De combinatie van leem, gebandeerde sterk lemige, fijne tot zeer fijne zanden en gliede, zorgen voor een slechte verticale doorlatendheid. De verticale wegzijging vanuit de restveenpakketten naar de zandondergrond zal daarom gering zijn.
- Op de hogere dekzandruggen in het centrum van het projectgebied (op het zandplateau) zijn gebandeerde, sterk lemige, fijne tot zeer fijne dekzanden aangetroffen. Op de hogere gronden zal daardoor de verticale infiltratie gering zijn. 's Winters leidt dat tot oppervlakkige stagnatie en plasvorming en op de flanken van de ruggen tot laterale waterafvoer over maaiveld. 's Zomers zullen de waterstanden diep uitzakken vanwege het geringe poriënvolume van deze bodems.
- In de leemarme en zwak lemige dekzandruggen aan weerszijden van compartiment 1, vormen podzolen de veenbasis. Op enkele locaties is vastgesteld dat de podzol B-horizont daadwerkelijk verkit is, en daardoor slecht doorlatend. Aan weerszijden van doorsnede 2 is dit niet met zekerheid vastgesteld. Het is zeer aannemelijk dat de podzol B-horizont hier verkit zijn en dus een grote weerstand hebben tegen wegzijging, maar dit kunnen we op basis van de boorbeschrijvingen niet met zekerheid zeggen.

# 4 Toestroom CO<sub>2</sub>-rijk grondwater

## 4.1 Inleiding

Koolstof is een essentiële voedingsstof voor planten en dieren. Planten gebruiken koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) vanuit de lucht, en zetten dit via fotosynthese om in suikers en bouwstoffen. Doordat koolstofdioxide echter tienduizenden keren trager beweegt in water dan in lucht, kan de CO<sub>2</sub>-concentratie in open water door alleen diffusie vanuit de atmosfeer niet veel hoger liggen dan 15 - 50 μmol l<sup>-1</sup> (Tomassen et al., 2003). De ondergrens waarbij waterplanten CO<sub>2</sub> nog uit de waterlaag kunnen opnemen ligt bij ongeveer 100 μmol l<sup>-1</sup>. Veenmossen hebben in tegenstelling tot waterplanten een veel hogere CO<sub>2</sub>-behoefte (Paffen & Roelofs 1991; Tomassen et al., 2003; Smolders et al., 2004). Om in natte omstandigheden goed te kunnen groeien hebben veenmossen minimaal 400 – 500 μmol l<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> nodig (Bloemendaal & Roelofs, 1988) en hebben daarom een (viermaal) hogere koolstofdioxideconcentratie nodig voor een optimale fotosynthese dan waterplanten.

Voor een snelle veenmosontwikkeling van zowel in water groeiende veenmossen, maar ook voor bultvormende veenmossen is toevoer (flux) van koolstofdioxide noodzakelijk voor een optimale groei. Onderzoek laat zien dat de concentratie opgelost CO<sub>2</sub> in de bovenste veenlagen vaak veel hoger is dan in de atmosfeer, omdat CO<sub>2</sub> continu geproduceerd of aangevoerd wordt. De toevoer van CO<sub>2</sub> kan plaatsvinden door:

- Toestroom van beter gebufferd grondwater in de veenbasis, waardoor een effectievere anaerobe veenafbraak optreedt (Lamers et al., 1999);
- Laterale toestroom van CO<sub>2</sub>-rijk water vanuit andere delen van het hoogveen of vanuit de minerale omgeving;
- Lokale productie van CO<sub>2</sub> en methaan als gevolg van aerobe en anaerobe afbraak van het veenpakket direct onder het levende veenmosdek (Silvola, 1990; Bridgeman & Richardson, 1992; Yavitt et al., 1997; Lamers et al., 1999).

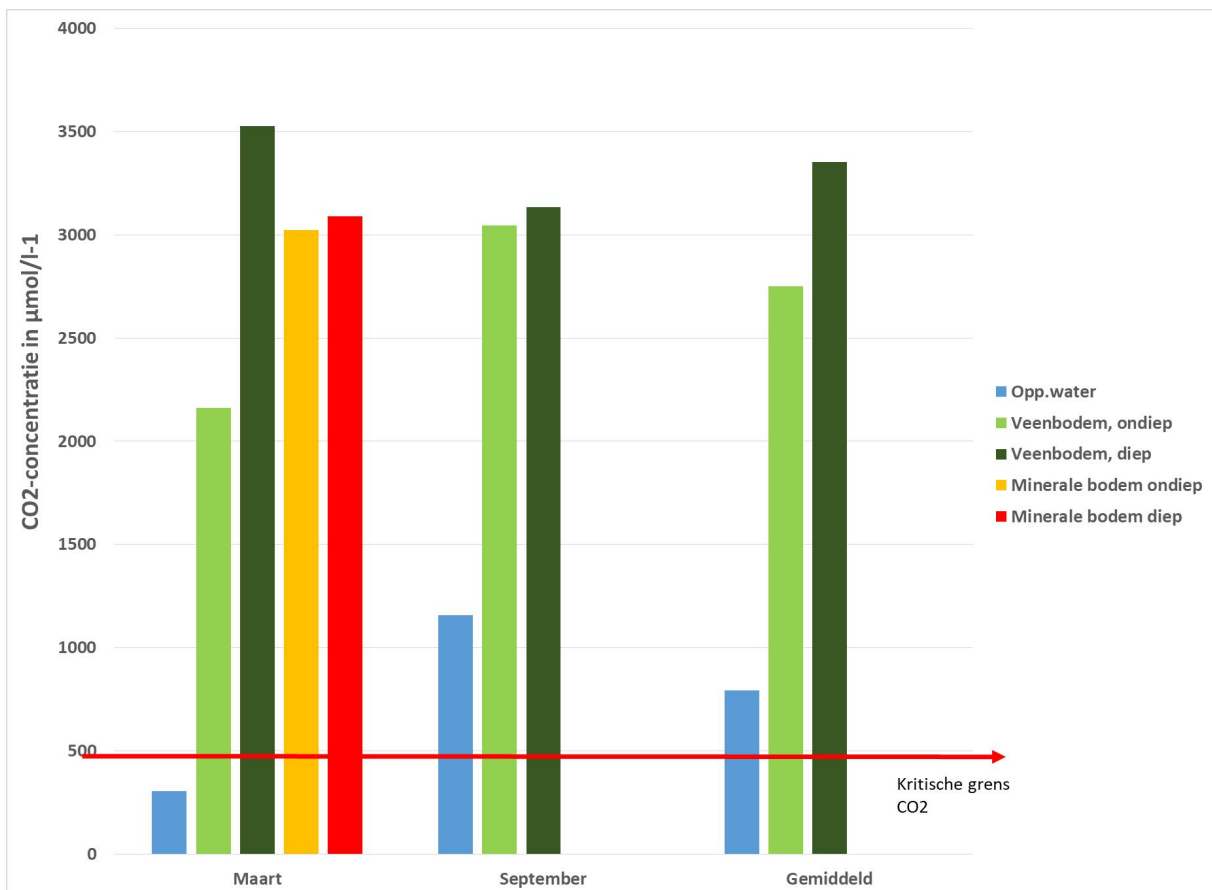
De randruggen in compartiment 1 van de Mariapeel bestaan overwegend uit sterk lemig dekzand, waardoor het grootste deel van de neerslag lateraal afgevoerd worden in de richting van de laagten, waaronder dus ook de puttencomplexen. Metingen aan de waterchemie op de zandruggen, in de veenrand en in het veenpakket zelf moeten inzicht geven in het relatieve belang van toestromend lokaal grondwater vanaf de zandruggen. Bovendien hebben we metingen uitgevoerd in zowel het voorjaar als najaar, omdat anaerobe veenafbraak een temperatuurafhankelijk proces is, wat in de zomer aanzienlijk grotere betekenis kan hebben voor de productie van koolstofdioxide dan in het koudere voorjaar.

## 4.2 Resultaten veldmetingen

Het ondiepe (10 cm-mv) en diepere (50-70 cm-mv) grondwater in de zandruggen bevat in het voorjaar zo'n 3000 μmol l<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>. Er zijn daarbij nauwelijks verschillen gevonden tussen het ondiepe en diepere grondwater in de minerale ondergrond. Op de overgang van mineraal naar veen zijn dezelfde waarden gevonden. Dit lokale grondwater kan hier dus in contact komen met het veenpakket en de daarop groeiende veenmosvegetaties. In de zomer is op geen van de locaties in de minerale ondergrond een watermonster verzameld, omdat de waterstand te ver was gedaald.

Het ondiepe grondwater of bodemvocht in de veenbodem (10 cm-mv) bevat in maart een gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie van 2160 µmol l<sup>-1</sup>, in september is de CO<sub>2</sub>-concentratie gestegen tot een gemiddelde waarde van 3045 µmol l<sup>-1</sup>. Op 90-100 cm diep in het veenpakket is een gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie gemeten van 3525 en 3134 µmol l<sup>-1</sup> in respectievelijk het voorjaar en najaar. Daar is sprake van een veel stabielere CO<sub>2</sub>-concentratie door het seizoen heen. De data laten zien dat ook op grote afstand van de zandruggen, voldoende koolstofdioxide wordt geproduceerd en dat ook zonder toestroom van lokaal grondwater, in de zomer, sprake is van een koolstofdioxideconcentratie ruim boven de minimale ondergrens.

Uitzondering hierop zijn de open waterplassen, zoals het Gat van Klerks en Broemeerkuilen. Vooral in het voorjaar liggen de koolstofdioxide concentraties in het open water met gemiddeld 306 µmol l<sup>-1</sup> ruim onder de kritische ondergrens voor veenmossen. In de zomer daarentegen, wordt voldoende koolstofdioxide geproduceerd en liggen de CO<sub>2</sub>-concentraties in de waterplassen met gemiddeld 1200 µmol l<sup>-1</sup> ruim boven de minimale ondergrens voor veenmossen.



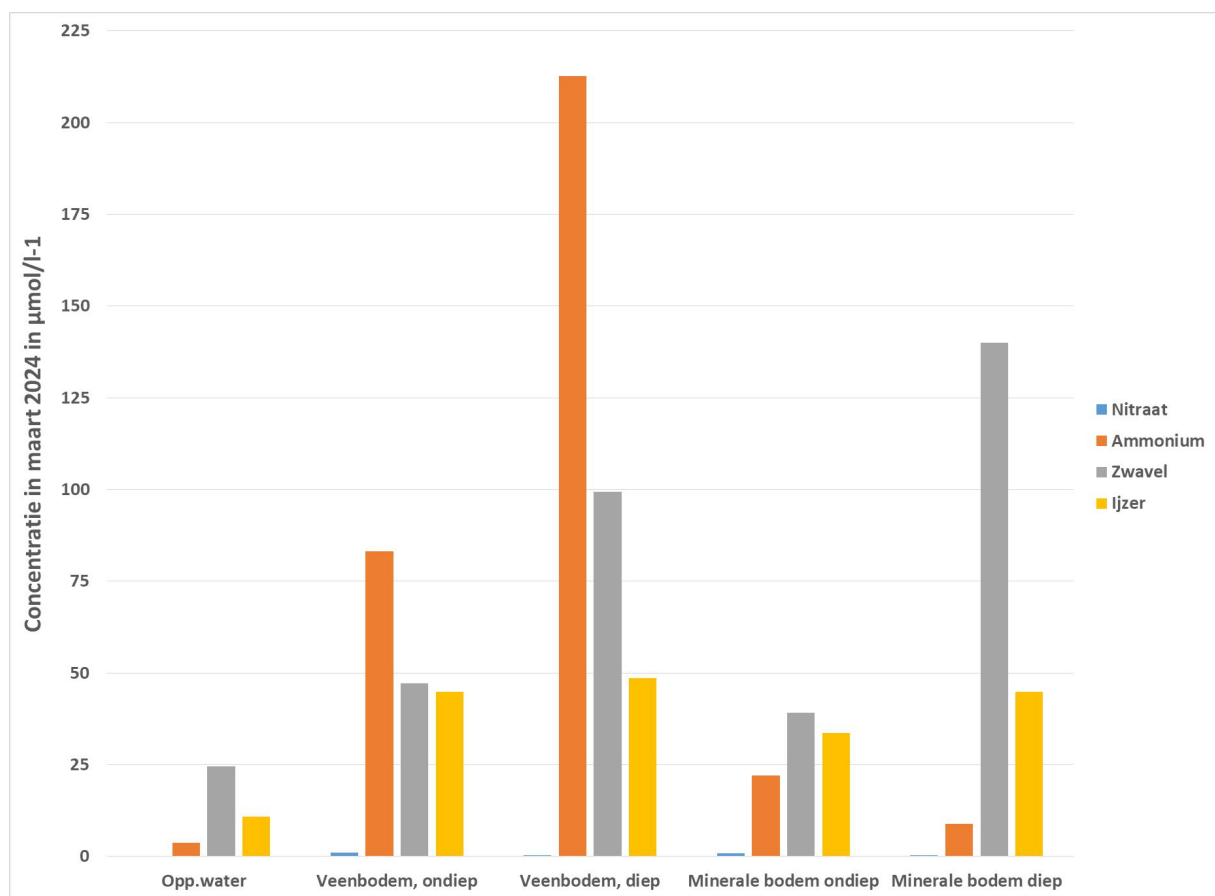
**Figuur 4-1** Gemiddelde koolstofdioxideconcentraties gemeten in het grondwater en veenbodem in zowel het voorjaar als najaar van 2024.

In het voorjaar is in vrijwel geen enkel watermonster nitraat gemeten. Op enkele locaties is een concentratie van 2-5 µmol l<sup>-1</sup> gemeten, wat normale waarden zijn voor Nederlandse hoogvenen (Tomassen et al., 2003). De gemiddelde ammoniumconcentratie ligt daarentegen aanzienlijk hoger, vooral in de diepere veenbodems. In ondiepe watermonsters lag de ammoniumconcentratie in maart 2024 op gemiddeld 83 µmol l<sup>-1</sup>. Op 90-100 cm diep in het

veen ligt de ammoniumconcentratie een factor 2,5 hoger. In het bodemvocht van de minerale omgeving zijn daarentegen slecht zeer lage ammoniumconcentraties gemeten (<22  $\mu\text{mol l}^{-1}$   $\text{NH}_4$ ).

In het ondiepe grondwater van de zandruggen zijn zwavelconcentraties ( $\text{S}^{2-}$ ) gemeten van gemiddeld 39  $\mu\text{mol l}^{-1}$ . Dieper in de bodem lag de zwavelconcentratie met gemiddeld 140  $\mu\text{mol l}^{-1}$  aanzienlijk hoger. In het open water is een zwavelconcentratie van gemiddeld 25  $\mu\text{mol l}^{-1}$  gemeten, op 10 cm diepte in het veen lag de zwavelconcentratie ongeveer 2 keer zo hoog met gemiddeld 47  $\mu\text{mol l}^{-1}$  en in diepere veenlagen zelfs vier keer zo hoog met een gemiddelde waarde van 99  $\mu\text{mol l}^{-1}$ .

De ijzerconcentraties verschillen nauwelijks tussen de verschillende locaties en liggen op een gemiddelde waarde van 43  $\mu\text{mol l}^{-1}$ .



**Figuur 4-2** Gemiddelde concentraties van Nitraat, Ammonium, Zwavel en ijzer in verschillende delen en diepten van de Mariageel. De data zijn van maart 2024.

### 4.3 Conclusie

- Op basis van het bodemonderzoek naar de aard van de veenbasis en inzichten over de opbouw van de zandruggen, kunnen we concluderen dat het onwaarschijnlijk is dat basenrijker grondwater van onderaf de veenbasis van de puttencomplexen kan bereiken, wat als bron dient voor de productie van koolstofdioxide. Nagenoeg overal bestaat de veenbasis uit zeer slecht doorlatende en vaak droge leemlagen die toestroom van grondwater verhinderen.

- Lokaal grondwater vanaf de zandruggen kan door de sterk lemige en vaak gelaagde bodems niet of nauwelijks infiltreren en zal in regenrijke perioden lateraal worden afgevoerd in de richting van laagten. Dit lateraal bewegend grondwater is zoals blijkt uit onze metingen rijk aan koolstofdioxide, en kan langs de randen van dekzandruggen zorgen voor een tijdelijke toestroom van koolstofdioxiderijk grondwater, wat de veenmosontwikkeling op deze locaties kan stimuleren. Het gaat hierbij echter om een tijdelijke toestroom van lokaal grondwater in de winter en voorjaar, aangezien de lokale grondwatersystemen in de zomer stilvallen.
- Het veldonderzoek laat bovendien zien dat koolstofdioxide nergens in het hoogveenrestant een bottleneck vormt voor de veenmosontwikkeling. De koolstofdioxideconcentraties liggen overal in het veen zowel in het voorjaar als in de zomer ruim boven de kritische ondergrens van 400-500  $\mu\text{mol l}^{-1}$ . Dit laat zien dat er intern voldoende kooldioxide wordt geproduceerd door aerobe en anaerobe veenafbraak.
- Metingen aan de waterkwaliteit laten zien dat ammoniumconcentraties in zowel het veen als de directe omgeving relatief laag zijn. De hoogste ammoniumconcentraties zijn gevonden op grotere diepte in de veenbodem, waar ammonium mogelijk wordt geproduceerd bij de anaerobe afbraak van organisch materiaal.
- Voor anaerobe veenafbraak is een alternatieve oxidator nodig, zoals nitraat, zwavel of ijzer. We hebben nergens in het veen of minerale omgeving hoge waarden van nitraat, zwavel of ijzer gevonden.

## 5 Conclusie en discussie

### **Veenbasis:**

De veenvorming in compartiment 1 is gestart in diepe slenken en kommen, waarin een compacte humeuze leem de veenbasis vormt. Verder noordelijk vormen sterk lemige dekzanden de veenbasis, die net als de humeuze leem vanaf het begin van de veenvorming slecht doorlatend waren. In de loop van de tijd is de doorlatendheid van de veenbasis verder afgenomen, doordat disperse humus vanuit het veenpakket in de top van de minerale ondergrond inspoelde en daar een kenmerkende gliedelaag ontwikkelde. De combinatie van sterk lemig zand of leem met gliede vormt een uiterst slecht doorlatende veenbasis. Er zijn tijdens het onderzoek geen aanwijzingen gevonden dat de veenbasis in de puttencomplexen is verstoord of beschadigd. Daarom kunnen we concluderen dat de verticale waterverliezen vanuit de puttencomplexen naar de zandondergrond nihil zijn.

De randen van de kommen en geulen liggen hoger in het landschap en bevinden zich op de overgang naar hogere dekzandruggen. Rondom het centrale zandplateau (Bos van Klerks, Plateau-West en -Oost) bestaat de bodem uit sterk lemig dekzand, waardoor de wegzijging naar de zandondergrond hier beperkt zal zijn. In de Kerkkuilen-Noord en de dekzandruggen in het uiterste noordwesten en noordoosten bestaat de bodem daarentegen uit zwak lemig tot leemarm dekzand. Hierin hebben zich in eerste instantie droge podzolen ofwel xeropodzolen gevormd, die met de uitbreiding van het hoogveen geleidelijk vermorst raakten. Daarbij zal de podzol B-horizont steeds slechter doorlatend geworden zijn, ofwel verkit zijn geraakt. Dit gebeurt wanneer disperse humus, dat met het veenwater vanuit het hoogveen wordt aangevoerd, infiltreert in de bodem. Daarbij zal de disperse humus de inspoelingshorizont (Bh) geleidelijk verstopen. In deze gebieden vormen verkitten podzolen de slecht doorlatende veenbasis. Doordat deze relatief ondiep liggen, zijn ze veel gevoeliger voor verstoring of beschadiging. Vaak zijn bij de ontginning van hoogvenen sloten gegraven die door de verkitten podzol snijden en leiden tot grote verticale waterverliezen. Of daar in compartiment 1 sprake van is, hebben wij in dit deelonderzoek niet nader onderzocht. Tijdens het veldonderzoek hebben we echter geen aanwijzingen gevonden dat de podzolen beschadigd zijn. Wel hebben we in twee boringen vastgesteld (boringen 110 & 117) dat het gehele boorprofiel nat was, wat duidt op een niet stagnerende podzol en dus op verticale waterverliezen.

In het bodemonderzoek is in meerdere grondboringen verspreid door het gebied onder de slecht doorlatende veenbasis een meer of minder sterk lemige, donkerkleurige bodemlaag aangetroffen. Het gaat hier om de Laag van Usselo, een geheel overstoven oud bodemoppervlak. Deze bodem heeft gedurende een langere periode aan maaiveld gelegen en is onderhevig geweest aan bodemvorming onder een bosbegroeiing tijdens de tweede helft van het Allerød en het allereerste begin van de Jonge Toendratijd of Jonge Dryas (13.900-12.850 jaar geleden) (Hijzeller, 1955). Op veel plekken is de Laag van Usselo sterk lemig ontwikkeld en zelfs venig en daardoor zeer compact en droog. Dit betekent dat op plekken waar deze bodemlaag sterk lemig ontwikkeld is, de Laag van Usselo een tweede belangrijke slecht doorlatende laag vormt aan de basis van het grondwatersysteem van de Mariapeel. Het lijkt erop dat de Laag van Usselo vooral in de slenken lemig ontwikkeld is, ofwel in die delen met de dikste veenpakketten. De diepe boring op het zandplateau ter hoogte van het Gat van

Klerks (boring 307) laat zien dat de Laag van Usselo hier zandiger ontwikkeld is terwijl de diepe boring aan de noordkant van het Broemeerkanaal aantoont dat ze hier geheel ontbreekt.

De algehele conclusie is dat de veenbasis overal onder het restveenpakket slecht doorlatend is, en in combinatie met de slecht doorlatende Laag van Usselo zorgt voor uiterst geringe verticale waterverliezen vanuit compartiment 1 naar de zandondergrond. De belangrijkste waterverliezen worden daarmee voornamelijk veroorzaakt door laterale afvoer naar lagere terreindelen en door evapotranspiratie (meer over de laterale afvoer in het hoofdrapport 'Ecohydrologische Systemanalyse Mariapeel').

Uitzondering daarop vormt het Broemeerkanaal, dit 1,5 – 2 meter diepe kanaal ligt aan de zuidwestkant van het projectgebied en vormt het laagste punt van compartiment 1. Daardoor is het van grote hydrologische betekenis voor de rest van het compartiment. Metingen aan de veenbasis laten zien dat het kanaal aan de zuidkant niet door de slecht doorlatende laag is gegraven, waardoor de lekverliezen naar de zandondergrond daar uiterst gering zullen zijn. Aan de noordkant van het kanaal is de situatie geheel anders. Doordat de veenbasis in noordelijke richting omhoog komt, is de kanaalbodem daar wel door de slecht doorlatende veenbasis gegraven. De aanvullende diepe boringen maken duidelijk dat in dit gebied in principe veenwater via het kanaal kan infiltreren naar de zandondergrond (zie deelrapport 'Waterbalans Compartiment 1' voor nadere hydrologische toelichting).

### **Aanwezigheid witveen:**

Aan de basis van het restveenpakket zijn vaak resten van Riet aangetroffen, wat duidt op meso- tot overwegend eutrofe condities tijdens de veenvorming. Daarboven zijn opeenvolgend Scheuchzeriaveen, oud veenmosveen en jong veenmosveen aangetroffen, wat de ontwikkeling van een grondwatergevoed naar een regenwatergevoed veen illustreert. Scheuchzeriaveen duidt hierbij nog op enige grondwaterinvloed tijdens de veenvorming onder oligo-mesotrofe condities. In diverse doorsneden valt bovendien op dat Scheuchzeriaveen vaak heel specifiek aan één zijde van een laagte of slenk is aangetroffen. Het laat zien dat aan die zijde grondwater het veen binnenstroomde, ofwel de kwelzijde van de laagte vormde. Met het verder afnemen van de grondwaterinvloed zal Scheuchzeria geleidelijk zijn verdwenen en ontstond een ombrotroef hoogveen waarin veenmosveen gevormd werd.

In eerste instantie werd het veenmosveen opgebouwd onder relatief warme en droge condities, waardoor het veen een relatief hoge humificatiegraad heeft en gekenmerkt wordt door veel resten van Eenarig wollegras. Dit veen staat beter bekend als zwartveen of oud veenmosveen. Vanaf 850 voor Chr. vond een omslag plaats in klimaat, het werd koeler en natter, waardoor het neerslagoverschot toenam en de condities in het hoogveen aanzienlijk natter werden. Het veenmosveen dat daarna gevormd werd was veel minder sterk gehumificeerd en werd gevormd door grovere veenmossen dan in de periode daarvoor. Dit veenpakket wordt witveen of jong veenmosveen genoemd en heeft een aanzienlijk grovere structuur.

Een belangrijk doel van dit onderzoek is om vast te stellen in welke terreindelen nog witveen of jong veenmosveen aanwezig is. Dit is van belang voor de herstelstrategie, omdat witveen veel grovere poriën bevat dan zwartveen. Witveen heeft daarmee een relatief grote bergingscapaciteit voor water, er kan dus veel water in het witveenpakket opgeslagen worden,

waardoor waterstandsfluctuaties veel gemakkelijker binnen de voor hoogveenherstel noodzakelijke 30 cm te krijgen zijn. Bij hoogveenherstel wordt daarom geadviseerd om de veenwaterstand in deze situaties te verhogen tot in of net boven de top van het witveenpakket. Vaak bestaat het restveenpakket echter grotendeels uit oud veenmosveen (zwartveen) of is sterk veraard. Zwartveen en sterk veraard veen bevatten heel kleine poriën. Er is in het veenpakket dus slechts een beperkte bergingscapaciteit voor water, ofwel er kan weinig water opgeslagen worden. Bij een veenwaterstand tot in maaiveld zal als gevolg van verdamping en evapotranspiratie van onder meer het diep wortelende Pijpenstrootje de waterstand snel tot meer dan 60 cm onder maaiveld kunnen dalen. Dergelijke grote waterstandsfluctuaties dragen niet bij aan hoogveenherstel. Daarom wordt bij zwartveen geadviseerd om het waterpeil in de winter en voorjaar maximaal 20-30 cm boven maaiveld te zetten. Daarmee is een aanzienlijke watervoorraad aanwezig voor de vegetatie en zal het waterpeil in de zomer minder diep uitzakken.

In compartiment 1 van de Mariapeel is tijdens dit onderzoek nagenoeg geen witveen aangetroffen. Soms is alleen nog een restveenlaag van hooguit enkele centimeters aanwezig. Alleen op de peelbanen ligt vaak nog een dikker pakket witveen, tot een maximale dikte van 50 cm. Het probleem daarbij is dat het witveen boven de omgeving ligt en daarmee ook boven de grondwaterstand. Het grootste deel van het restveenpakket bestaat daarmee dus uit het veel sterker gehumificeerde oud veenmosveen, waarvan de toplaag op veel plekken als gevolg van droogval in de zomer nog sterker is veraard.

Herstel vraagt echter een nuancering op bovenstaande, omdat grote delen van het gebied bestaan uit veenputtencomplexen. Deze zijn niet altijd even goed herkenbaar, doordat ze weer volledig met veenmosveen zijn opgevuld. Een belangrijk aspect in deze gebieden is dat grote delen van het veen bestaan uit grof, recent veenmosveen (veenputten) en omgeven zijn door smalle randen van compacter zwartveen.

### **Aanvoer koolstofdioxiderijk grondwater:**

De sterk lemige dekzanden hebben een grote weerstand tegen infiltratie van regenwater. Daardoor zal een groot deel van het neerslagoverschot lateraal afgevoerd worden in de richting van laagten en slenken. Dat zorgt ervoor dat op grote schaal ondiepe plassen ontstaan, zoals blijkt uit de luchtfoto analyse van het voorjaar van 2024 (zie hoofdrapport). Het zorgt er ook voor dat in regenrijke perioden ondiepe waterstromen ontstaan in de richting van het hoogveengebied. Daarmee kunnen we concluderen dat lokale grondwatersystemen in de dekzandruggen een belangrijke bijdrage leveren aan de hydrologie van het veengebied. Het zorgt namelijk voor extra toestroom van grondwater naar het veenpakket, waardoor veenwaterstanden langer op een hoog peil te handhaven zijn en het overschot aan water kan worden herverdeeld over een veel groter veenoppervlak (zie hoofdrapport).

In dit onderzoek hebben we bovendien aangetoond dat dit lokale grondwater rijk is aan koolstofdioxide, en dus aan de voet van de dekzandruggen een belangrijke bijdrage kan leveren aan de toestroom van koolstofdioxide voor de ontwikkeling van veenmossen. Dit onderzoek laat echter ook zien dat er ook zonder aanvoer van lokaal grondwater, voldoende koolstofdioxide wordt geproduceerd in het veen zelf, zowel in de ondiepe als diepe veenlagen. Hoewel we geen onderzoek gedaan hebben naar de herkomst van de koolstofdioxide, valt hierover wel het één en ander te zeggen.

In het voorjaar lag de koolstofdioxideconcentratie op 10 cm onder maaiveld aanzienlijk lager dan in de zomer, wat goed aansluit op het principe dat veenafbraak een temperatuur afhankelijk proces is. Dieper in het veenpakket, op 80-100 cm onder maaiveld, vonden we in zowel het voorjaar als zomer vergelijkbaar hoge CO<sub>2</sub>-waarden. De stabielere waarden duiden op een veel minder temperatuur afhankelijke productie. Het lijkt onwaarschijnlijk dat basenrijker grondwater door de veenbasis in contact kan komen met diepere veenpakketten en door een hogere pH zorgt voor een effectievere veenafbraak (Lamers et al. 1999). Een ander alternatief is dat het veen onder zuurstofloze condities wordt afgebroken onder invloed van een alternatieve oxidator, zoals nitraat, sulfaat of ijzer (anaerobe veenafbraak). Dat dit proces op grotere diepte een rol speelt, lijkt wel te kloppen uit onder meer de verhoogde alkaliniteit en ammoniumconcentraties. Beide elementen vormen een bijproduct van de anaerobe afbraak van organisch materiaal. Metingen aan concentraties van nitraat, zwavel en ijzer in ondiepe en diepe veenlagen geven geen duidelijke indicaties dat één van deze oxidatoren in hoge concentraties voorkomt. Er lijkt dus geen grote voorraad van een alternatieve oxidator in de veenbodem aanwezig te zijn, waardoor in feite geen constante veenafbraak kan worden gegarandeerd.

Bovendien bestaan de diepere veenpakketten uit veel sterker omgezet (zwart)veen. Dit bevat aanzienlijk minder eenvoudig afbreekbaar organisch materiaal waaruit koolstofdioxide geproduceerd kan worden. Bovendien zal anaerobe veenafbraak dieper in het veenpakket slechts beperkt kunnen bijdragen aan de levering van voldoende koolstofdioxide in de levende veenmoslaag, aangezien de vrijgekomen koolstofdioxide zich maar uiterst langzaam omhoog kan bewegen, de diffusiesnelheid in water is immers zeer traag. Hoge koolstofdioxideconcentraties in diepere veenpakketten zijn dan ook waarschijnlijk het resultaat van accumulatie en is doorgaans niet voldoende om aan de constante vraag van de veenmossen in de toplaag te voldoen.

De belangrijkste koolstofbron in hoogvenen wordt daarom gevormd door de constante productie van CO<sub>2</sub> bij aerobe en anaerobe afbraakprocessen in de toplaag van het veenpakket (Silvola 1990; Bridgeham & Richardson 1992; Yavitt et al. 1997; Lamers et al. 1999). Het daar aanwezige relatief weinig veraarde veen (witveen) bevat veel relatief eenvoudig afbreekbaar organisch materiaal, waaruit veel koolstofdioxide en methaan vrijgemaakt kan worden. Bovendien vindt hier ook een constante aanvoer plaats van stikstof en zwavel via atmosferische depositie, die direct als oxidator kunnen fungeren. De aerobe en anaerobe veenafbraak in en direct onder de levende veenmoslaag lijkt daarmee de belangrijkste koolstofbron te vormen. Als bijproduct wordt ammonium geproduceerd, wat in de toplaag direct wordt omgezet in nitraat en opgenomen kan worden door de vegetatie. Daarmee is de vegetatie erg gevoelig voor vergrassing en berkenopslag. Om het effect hiervan zoveel mogelijk te beperken, is het van groot belang de hydrologie zo goed mogelijk op orde te hebben en dient de stikstofdepositie via brongerichte aanpak omlaag gebracht te worden.

De conclusie is dat lokale grondwatersystemen op dit moment vooral een belangrijke hydrologische functie vervullen in herstel van het hoogveensysteem. Het lateraal toestromende grondwater zorgt weliswaar ook voor de aanvoer van koolstofdioxide, maar dat wordt in feite voldoende geproduceerd door aerobe en anaerobe veenafbraak van weinig veraard veen in de toplaag. Aanvoer vanuit de omgeving is op dit moment niet noodzakelijk om de

veenmosontwikkeling op gang te krijgen of veenmosontwikkeling verder te stimuleren, belangrijker lijkt het stabiliseren en geleidelijk verhogen van de veenwaterstand in het gebied. Wanneer de stikstofdepositie in de toekomst daalt, zal de toestroom van koolstofdioxiderijk grondwater vanuit de omgeving echter wel belangrijker worden, evenals de laterale toestroom door het veenpakket.

## 6 Referenties

- Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (eds), 1988.** Waterplanten en Waterkwaliteit. Utrecht: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. ISBN 90-5011-014-2.
- Blytt, A.G., 1876.** Essay on the immigration of the Norwegian flora during alternating rainy and dry periods. Cammermayer, Kristiana.
- Bridgham, S.D. & C.J. Richardson, 1992.** Mechanisms controlling soil respiration (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) in southern peatlands. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 1089-1099.
- Cammeraat, L.H. & J. Sevink, 2024.** Onderzoek naar verzadigde doorlatendheid, textuur en samenstelling van enkele karakteristieke slecht doorlatende lagen in de ondergrond van de Mariapeel. IBED, Universiteit van Amsterdam, 16 december 2024.
- Crommelin R.D., 1965.** Sediment-petrologie en herkomst van Jong-Pleistoceen dekzand in Nederland. *Boor en Spade*, p.138-150.
- Hijzeler, C.C.W.J., 1947.** De oudheidkundige opgravingen in Twente de laatste jaren. In: Van Gelder e.a. (red.); Een kwart eeuw oudheidkundig bodem onderzoek in Nederland: 327-350. J.A. Boom & Zoon, Meppel.
- Hijzeller, C.C.W.J., 1955.** De laag van Usselo, Een archaeologisch-palynologisch onderzoek van een vindplaats van vuurstenen voorwerpen in het Usselerveen, Gem. Enschede. *Grondboor & Hamer*.
- Jansen, A.J.M., I. Diepenveen, M.L. Franssen, J.H.J. Joosten, J. Mensink, R. Versluijs, J. Sevink & G.A. van Duinen, in voorbereiding.** Veen en veenbasis in de Deurnsche Peel. Het laatste grauween in de Peel. Stichting Bargerveen, Nijmegen.
- Kaiser, K., A. Hilgers, N. Schlaak, M. Jankowski, P. Kühn, S. Bussemer & K. Przegietka, 2009.** Palaeopedological marker horizons in northern central Europe: Characteristics of Lateglacial Usselo and Finow soils. *Boreas*, 38(3), 591-609. <https://doi.org/10.1111/J.1502-3885.2008.00076.X>
- Lamers, L.P.M., C. Farhoush, J.M. van Groenendael & J.G.M. Roelofs, 1999.** Calcareous groundwater raises bogs; the concept of ombrotrophy revisited. *Journal of Ecology* 87: 637-648.
- Meier-Uhlherr, R., C. Schulz & V. Luthardt, 2015.** Steckbriefe Moorsubstrate. 2., unveränd. Aufl., HNE Eberswalde (Hrsg.), Berlin
- Paffen, B.G.P. & J.G.M. Roelofs, 1991.** Impact of carbon dioxide and ammonium on the growth of submerged *Sphagnum cuspidatum*. *Aquatic Botany* 40: 61-71.
- Possen, B.J.H.M., J. Sevink, E. Brouwer, R. Versluijs, R. van der Burg, M. de Graaf & A.J.M. Jansen, 2022.** Landschapsecologische systeemanalyse Beuven - verfijning. Stichting Bargerveen.
- Sernander, R., 1908.** On the evidences of postglacial changes of climate furnished by the peatmosses of Northern Europe. *Geologiska Föreningens Förhandlingar* 30, 465-473.

- Sevink, J., C. Geujen, B. van Delft, M.G. Schouten, L. van Tweel-Groot, 2014.** De veenbasis: kenmerken en effecten van ontwatering, in relatie tot behoud en herstel van de Nederlandse hoogveen. Een literatuurstudie.
- Sevink, J., 2019.** 5. Bodemvorming en hoogveen. In: Jansen, A.J.M. & Grootjans A.P. (red.): Hoogveen: landschapsecologie - behoud - beheer herstel, pp. 790. Noordboek Natuur, Gorredijk. pp. 392.
- Silvola, J., 1990.** Combined effects of varying water content and CO<sub>2</sub> concentration on photosynthesis in *Sphagnum fuscum*. *Holarctic Ecology* 75: 743-754.
- Smolders A.J.P., H.B.M. Tomassen, J. Limpens, G.A. van Duinen, S. van der Schaaf & J.G.M. Roelofs, 2004.** Perspectieven voor hoogveenherstel in Nederland. In: G.J. van Duinen, R. Bobbink, Ch. van Dam, H. Esselink, R. Hendriks, M. Klein, A. Kooijman, J. Roelofs & H. Siebel (red.). Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport Expertisecentrum LNV nr. 2004/305, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede, pag. 71-108.
- Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995.** Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. (Technisch document / DLO-Staring Centrum; No. 19-D). SC-DLO.
- Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, J. Limpens, G.J. van Duinen, S. van der Schaaf, J.G.M. Roelofs, F. Berendse, H. Esselink & G. van Wirdum, 2003.** Onderzoek ten behoeve van herstel en beheer van Nederlandse hoogveen. Eindrapportage 1998-2001. (Rapport EC-LNV nr. 2003/139). Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Ede/Wageningen, 186 pp.
- Van der Hammen, T., 1951.** Late-glacial flora and periglacial phenomena in The Netherlands. Diss. Leiden, Leidse Geol. Meded., 17:71-183.
- Van der Hammen, T. & B. van Geel, 2008.** Charcoal in soils of the Allerød-Younger Dryas transition were the result of natural fires and not necessarily the effect of an extra-terrestrial impact. *Geologie & Mijnbouw*, 87(4): 359-361.
- Van Heuveln, B., 1962.** Organic B in high moor peat and high moor peat reclamation soils. *Boor en Spade* XII, 169-177.
- Von Post, L., 1924.** Das genetische System der organogenen Bildungen Schwedens. Comité international de Pédologie IV. Communication 22: 287-304
- Yavitt, J.B., C.J. Williams & R.K. Wieder, 1997.** Production of methane and carbon dioxide in peatland ecosystems across North America: effects of temperature, aeration and organic chemistry of peat. *Geomicrobiology Journal* 14: 299-316.



# Bijlage 2. Waterkwaliteit

Code				pH water		Alkaline (mg/L)		EGV (µs)	HCO3/CO2	CO2 (µmol/l)		HCO3 (µmol/l)	
				Maart	September	Maart	September			Maart	September	Maart	September
MP3	Minerale bodem diep	Minerale ondergrond	40 cm	4.31		0.00		0	0.01	3433		29	
MP15	Minerale bodem diep	Minerale ondergrond	40 cm	4.29		0.00		0	0.01	2232		18	
MP7	Minerale bodem diep	Minerale ondergrond	50 cm	3.93		0.00		0	0.00	2330		8	
MP9	Minerale bodem diep	Minerale ondergrond	50 cm	4.30		0.01		9	0.01	2345		19	
MP18	Minerale bodem diep	Minerale ondergrond	50 cm	4.51		0.15		146	0.01	2848		38	
MP23	Minerale bodem diep	Minerale ondergrond	60 cm	4.02		0.00		0	0.00	5130		22	
MP25	Minerale bodem diep	Minerale ondergrond	75 cm	4.20		0.00		0	0.01	3310		22	
MP1	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	10 cm	4.23		0.00		0	0.01	2589		18	
MP2	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	10 cm	4.35		0.00		0	0.01	2451		23	
MP6	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	10 cm	3.72		0.00		0	0.00	2800		6	
MP8	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	10 cm	4.15		0.00		0	0.01	2506		15	
MP14	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	10 cm	4.58		0.09		86	0.02	1497		24	
MP17	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	10 cm	4.15		0.00		0	0.01	3979		23	
MP19	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	10 cm	4.12		0.00		0	0.01	1721		9	
MP24	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	15 cm	4.03		0.00		0	0.00	3532		16	
MP22	Minerale bodem ondiep	Minerale ondergrond	20 cm	3.71		0.00		0	0.00	6140		13	
MP20	Opp. water	Opp. water Gat van Klerks	Opp. water	4.48	4.48	0.10	0.08	100	0.01	84	437	1	5
MP16	Opp. water	Opp. water Kuilen complex	Opp. water	4.20	4.36	0.00	0.06	0	0.01	445	1310	3	12
MP21	Opp. water	Opp. water Kuilen complex	Opp. water	4.41	4.58	0.00	0.12	0	0.01	388	1097	4	17
MP36_2	Opp. water	Opp. water Naast Broemeerkanaal	Opp. water	4.16	4.16	0.00	0.00				1784		11
MP28	Veenbodem, ondiep	Kale veenbodem, veraarde toplaag	10 cm	3.76	3.76	0.00	0.00	0	0.00	2855	3324	7	8
MP34_2	Veenbodem, ondiep	Kale veenbodem, zwartveen	10 cm		5.75		0.74				2354		549
MP32_2	Veenbodem, ondiep	Vast veen, zwartveen	10 cm		4.25		0.03				4709		35
MP11	Veenput, diep	Veenput, diep	100 cm	4.86	5.00	0.26	0.32	255	0.03	3710	4745	112	197
MP27	Veenput, diep	Veenput, diep	100 cm	4.37	4.68	0.04	0.18	36	0.01	4688	2698	46	54
MP13	Veenput, diep	Veenput, diep	110 cm	4.51	4.86	0.08	0.23	81	0.01	1829	3615	25	109
MP5	Veenput, diep	Veenput, diep	50 cm	4.05		0.00		0	0.00	4208		20	
MP29	Veenput, diep	Veenput, diep	70 cm	3.98	4.51	0.00	0.14	0	0.00	3191	1476	13	20
MP10	Veenput, kragge	Veenput, kragge	10 cm	4.36	5.19	0.02	0.42	18	0.01	3596	3381	34	217
MP12	Veenput, kragge	Veenput, kragge	10 cm	4.41	4.51	0.00	0.11	0	0.01	1685	2735	18	37
MP26	Veenput, kragge	Veenput, kragge	10 cm	4.38	4.35	0.02	0.07	25	0.01	1612	4083	16	38
MP30_2	Veenput, kragge	Veenput, kragge	10 cm		4.35		0.07				3972		37
MP31_2	Veenput, kragge	Veenput, kragge	10 cm		5.57		0.62				2057		317
MP33_2	Veenput, kragge	Veenput, kragge	10 cm		5.07		0.46				2395		117
MP4	Veenput, kragge	Veenput, veenmos pakket	10 cm	4.23		0.00		0		1052		7	
MP35_2	Veenput, kragge	Veenput, veenmos pakket	10 cm		4.95		0.35				1443		53

