

Biogeochemisch onderzoek Elperstroomgebied

De huidige biochemische toestand van het beekdal Elperstroom en een vergelijking met de condities in 2019

Eindrapportage

Status: definitief



Biogeochemisch onderzoek Elperstroomgebied

De huidige biogeochemische toestand van het beekdal Elperstroom en een vergelijking met de condities in 2019

Eindrapportage

Status: definitief

Guido Bijlsma
Gijs van Dijk
Fons Smolders

provincie Drenthe

Titel rapport: Biogeochemisch onderzoek Elperstroomgebied, De huidige biogeochemische toestand van het beekdal Elperstroom en een vergelijking met de condities in 2019

Status: Definitief

Datum: 16 december 2025

Auteurs: G.H.R. Bijlsma, G. van Dijk, A.J.P. Smolders

Rapportnummer: RP-23.191.25.144

Projectnummer: PR-23.191

Opdrachtgever: Provincie Drenthe

Contactpersoon:
Gijs van Dijk
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2025

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Methode	2
2.1	Monstername	2
2.2	Toestand in blauwgrasland en kalkmoeras in Reitma en potenties in Oosterma	3
2.3	Analyses	4
3	Resultaten en interpretatie	7
3.1	Zuurgraad en verzuringsgevoeligheid	7
3.2	Nutriënten en biomassa	11
4	Potentie voor ontwikkeling van blauwgrasland in de Oosterma	20
5	Conclusies	22
5.1	Zuurgraad & basenverzadiging	22
5.2	Nutriënt beschikbaarheid (stikstof & fosfor)	22
5.3	Productiviteit en nutriëntenlimitatie	23
6	Advies	24
7	Literatuur	25
8	Bijlagen	26

1 Inleiding

Sinds 2009 is het Elperstroomgebied aangewezen als Natura 2000-gebied waar enkele zeldzame habitattypen voorkomen zoals Blauwgrasland (H6410) en (voormalig) Kalkmoeras (H7230). Deze grondwater gevoede systemen staan echter onder druk doordat zowel kwaliteit als oppervlakte achteruit gaat. Na uitvoering van hydrologische maatregelen in 2015 is de stijghoogte van het grondwater zichtbaar toegenomen (Grootjans et al., 2020). Echter gedurende de zomer, met name in de droge zomer 2018, zakte de grondwaterstanden weer dieper weg dan wenselijk voor duurzame instandhouding van de aanwezige habitattypen. In het zomerhalfjaar van 2019 zijn er door de Universiteit van Antwerpen metingen aan de bodemchemie verricht om de toestand en de effecten van de getroffen maatregelen te monitoren (Van Diggelen en Norda, 2020). Uit deze studie bleek dat de beekdalbodems gevoelig zijn voor zowel eutrofiering als verzuring; als gevolg van het uitzakken van de grondwaterstanden tijdens de zomermaanden. De vraag is dan ook of er onder de huidige omstandigheden voldoende buffering aanwezig is om de habitattypen Blauwgrasland en Kalkmoeras duurzaam in stand te houden of zelfs uit te laten breiden.

In het kader van de monitoring voortkomend uit het PAS (Programma Aanpak Stikstof) moeten de bodemchemische condities elke 3 jaar gemeten en gerapporteerd worden, zodat er met eventuele maatregelen bijgestuurd kan worden. Hierom heeft Provincie Drenthe Onderzoekcentrum B-WARE gevraagd onderzoek te verrichten om:

- Meer inzicht te krijgen in het functioneren van het beekdal van de Elperstroom door het analyseren van de biogeochemische condities én een vergelijking uit te voeren met de condities in 2019.
- Meer inzicht te krijgen in het huidige functioneren van de habitattypen Blauwgrasland en Kalkmoeras in het deelgebied Reitma door de huidige bodemchemie te bepalen en deze te vergelijken met die in 2019.
- Aanvullend vergelijkbare bemonsteringen verrichten in het noordelijke aangrenzende deelgebied Oosterma om daar de potentie voor nieuwe ontwikkeling van blauwgrasland in kaart te brengen.

2 Methode

2.1 Monstername

Het onderzoek heeft zich gericht op een herhaling van de bemonstering en analyse van de 23 meetpunten, zoals uitgevoerd in 2019, in de deelgebieden Reitma en Oosterma (Figuur 1). Daarnaast zijn er 2 extra meetpunten bemonsterd in Oosterma waar o.b.v. vegetatieopnames en kennis bij de Provincie en de beheerder, potenties liggen voor ontwikkeling van blauwgrasland. Meetpunten 2, 5, 6 en 8 zijn ook bemonsterd (bijlage 1), echter zijn die niet meegenomen voor de vergelijking met de meetresultaten uit 2019. Op 26 juni 2024 werden de vegetatiemonsters verzameld en op 6 augustus 2024 werden de bodemonsters verzameld.



Figuur 1. Overzichtskaart met bemonsteringspunten in het Elperstroomgebied van zomer 2024. Codering volgens Van Diggelen en Norda (2020). Blauwe vlakken laat de ligging van blauwgrasland in de Reitma zien o.b.v. vegetatiekartering 2023 (Daniels, 2024).

2.1.1 Bodem

De bodemmonsters werden genomen in de bovenste bodemlaag tussen 0-10 cm direct onder de strooisellaag (de wortelzone). Bodemmonsters werden luchtdicht verpakt in afsluitbare plastic zakken en gekoeld vervoerd naar het laboratorium van B-WARE. Hier werd de volgende bepalingen uitgevoerd:

- Bodemdichtheid
- Organische stofgehalte
- Totaal gehalten elementen (N, P, C, K, Mg, Ca, Fe en S)
- Basenchemie (CEC en BZV)
- Beschikbaarheid nutriënten (NO₃, NH₄ en Olsen-P)
- Fosforfractionering (Organisch-P, Ca-gebonden P, Fe/Al-P en label-P)

2.1.2 Vegetatie

Per locatie is bovengrondse plantbiomassa verzameld (*peak standing crop*) in vakken van 40*40 cm. Hierbij is de kruidlaag tot op de bodem afgeknipt en in papieren zakken naar het lab vervoerd. In het laboratorium zijn de planten 48 uur gedroogd in een droogstoof op 70 °C waarna het drooggewicht bepaald is en de monsters gemalen en geanalyseerd zijn op elementen (N, P, C, K, Mg, Ca, Fe en S) via destructie, zie §2.3 voor details.

2.2 Toestand in blauwgrasland en kalkmoeras in Reitma en potenties in Oosterma

Om een inschatting te krijgen van (1) de biogeochemische toestand van de locaties met habitattypen Blauwgrasland en habitattypen Kalkmoeras in de Reitma en (2) een inschatting te maken van de potenties voor de ontwikkeling van deze habitatype in de Oosterma, zijn de uit de biogeochemische bodemanalyses voortkomende resultaten vergeleken met referentiedata voor blauwgrasland (H6410) uit de GRIP-database (Gemeten Referentiewaarden in Plantengemeenschappen) van Onderzoekcentrum B-WARE. Voor kalkmoeras in beekdalen is er te weinig referentiedata om een goede vergelijking te maken. Echter de referentiedata die beschikbaar is komt over het algemeen goed overeen met de referentiedata van blauwgrasland. Referentiedata van blauwgrasland is daarom ook gebruikt voor de vergelijking met kalkmoeras.

Tabel 1. Bodemchemische referentiewaarden voor blauwgrasland volgens GRIP-database. Weergegeven is range waarin 50% van de waarnemingen valt (25-75% percentiel). OS = organisch stof, -t = totaal, -z = zoutextraheerbaar, P = fosfor, Al = aluminium, Ca = calcium, Fe = ijzer, K = kalium, NO₃ = nitraat, NH₄ = ammonium. (Brouwer et al., 2024).

Vegetatietype	OS	pH-z	Olsen-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Ca-z	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z
	%		µmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l
Blauwgrasland	16-52	4,2-5,2	190-560	2-7	68-220	22-77	25-131	3-9	11.000-21.000	0-1	3-11	40-148

Tabel 2. Verfijning van de ranges voor blauwgrasland door het onderscheiden van subtypen op verschillende bodems, en van een degradatiestadia. Dit op basis van 9 tot 15 meetwaarden (- = onvoldoende gegevens, < 5 waarnemingen). Weergegeven is het centrum van de range waarin 50% van de waarnemingen valt (25-75% percentiel). S = zwavel, overige afkortingen zie Tabel 1 (Brouwer et al., 2024).

Bodemtype blauwgrasland	OS	pH-z	Olsen-P	Fe-t/P-t	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t/S-t	Ca-z	P-z	NO ₃ -z
	%		µmol/l	mol/mol	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mol/mol	µmol/l	µmol/l	µmol/l
Zand en leem (n=15)	18-39	4,5-5,7	160-360	14-25	3,3-8,9	88-221	21-94	4,0-5,6	10.000-24.000	0,3-1,1	2-195
Veen (n=9)	69-92	4,3-5,5	95-191	7-18	1,1-2,9	6,1-56	32-86	0,7-2,0	6.800-21.000	0,1-1,3	1-3
Ijzerrijke leem (n=9)	11-42	4,0-4,6	510-893	30-50	6,1-9,0	300-643	18-85	9,0-21	14.000-29.000	0,0-0,3	3-150
Verzuurd (n=10)	13-65	3,6-4,8	215-583	4-29	2,1-6,3	72-177	10-44	1,1-3,0	7.100-16.000	0,1-0,9	2-5

Om te kunnen bepalen of verschraling via maaien en afvoeren bij graslanden binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden. Hierbij wordt gerekend met het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie op basis van een P-afvoer van 10 kg per hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P wordt berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (uitgedrukt als de Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 μmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ($(0,5/10) \times 100$). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ($(0,5/5) \times 100$). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Echter in de praktijk blijkt dat de gehanteerde formule een goed beeld geeft van de indicatieve verschralingsduur. Dit komt omdat vaak de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verwachte overschatting van de verschralingsduur (zoals hierboven genoemd) vaak teniet wordt gedaan. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 5 mmol/l.

2.3 Analyses

Doordat de analyses in Van Diggelen en Norda (2020) door een andere laboratoria is uitgevoerd kunnen de analysemethodes in details verschillen met de in deze studie gebruikte methodes. Echter voor de hier beoogde doeleinden zijn de gehanteerde methode goed vergelijkbaar.

2.3.1 Bewerking bodem- en plantmateriaal

Drooggewicht en organisch stofgehalte

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

Destructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor wordt 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal wordt 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) worden geplaatst. De monsters worden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie wordt het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat wordt bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plant beschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe wordt aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat

(NaHCO₃) toegevoegd. De pH van het extractiemedium wordt op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten worden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm wordt verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract wordt bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES. Basenverzadiging is berekend op basis van de resultaten uit de strontium- en waterextracties.

Water- en zoutextractie

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

P-fractionering

Met een sequentiële P-fractionering (uitgevoerd naar Golterman, 1996) wordt bepaald aan welke bodemfractie P gebonden is. De P-fracties die hiermee bepaald kunnen worden zijn de fractie Fe/Al-gebonden, Ca-gebonden, organisch gebonden en labiel gebonden fosfor. Hiervoor wordt vers bodemmateriaal ingewogen overeenkomstig met 0,5-1 gram droog materiaal en achtereenvolgens worden in verschillende stappen extractievloeistoffen toegevoegd en geschud. Na iedere stap wordt het mengsel gecentrifugeerd (Sorvall, 10.000 rpm) en het supernatant afgepipetteerd. Het pellet wordt steeds gebruikt voor het volgende extractievloeistof. Achtereenvolgens worden gebruikt: NH₄Cl (1 mol l⁻¹), Ca-EDTA (0,05 mol l⁻¹) en Na-EDTA (0,1 mol l⁻¹). Het uiteindelijke pellet wordt gedestruëerd met salpeterzuur en waterstofperoxide. De supernatanten van de verschillende stappen worden bewaard tot aan verdere analyse op de ICP-OES. Door Universiteit Antwerpen is de methoden van Zhang en Kovar (2000) gebruikt welke iets afwijkt van deze methode.

C/N analyse bodem- en plantmateriaal

Voor de analyse van de totale hoeveelheid koolstof en stikstof wordt een deel van het verzamelde bodem- of plantmateriaal fijngemalen in een kogelmaler. Afhankelijk van het soortelijk gewicht van het materiaal en de verwachte concentraties, wordt een kleine hoeveelheid (3-40 mg) van het gemalen materiaal in een tinnen container afgewogen, waarna het in een CNS-elementenanalyser (Vario Micro Cube, Elementar) wordt geanalyseerd.

Strontiumextractie

Met een strontiumextractie kan de concentratie strontium-uitwisselbare ionen bepaald worden. Basenverzadiging is bepaald als verhouding van alkali-elementen (Ca, K, Mg) over de som van alle uitwisselbare kationen (Ca, K, Mg, Mn, Fe, Zn, NH₄), inclusief protonen (H⁺). Hierbij is eerst waterextraheerbaar afgetrokken van het strontiumextraheerbare fractie. Hiervoor wordt vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 5 gram droog materiaal (minerale bodems) of 2,5 gram droog materiaal (veenbodems) en met 200 ml strontiumchloride (0,2 mol l⁻¹), geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH wordt gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten worden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES wordt een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard en bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers wordt niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Oxalaatextractie

Met een oxalaatextractie kan de concentratie ijzer- en aluminiumgebonden fosfaat worden bepaald. Hiervoor wordt vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 2,5 gram droog materiaal en met 50 ml extractiemedium ($(\text{COONH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$: $0,12 \text{ mol l}^{-1}$ en $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: $0,12 \text{ mol l}^{-1}$) uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. De extracten worden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat wordt niet-aangezuurd bewaard bij $4 \text{ }^\circ\text{C}$ tot verdere analyse op de ICP-OES.

2.3.2 Elementenanalyses

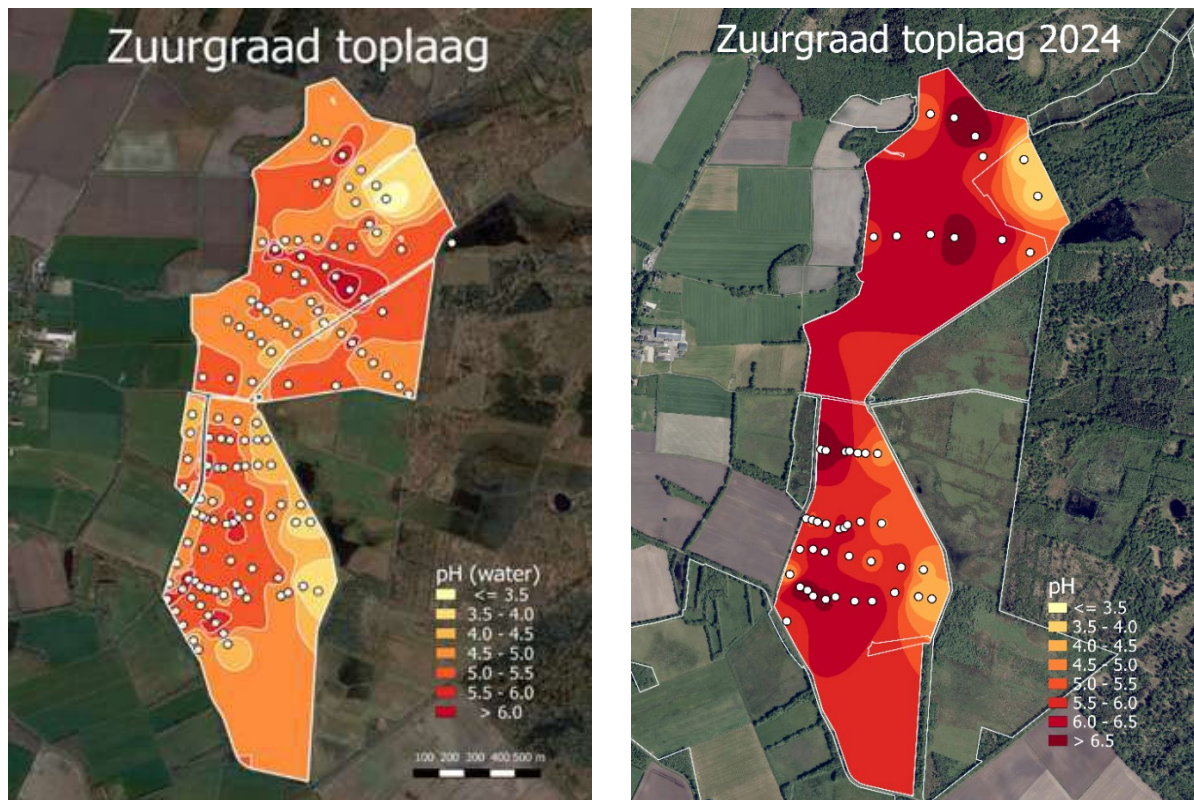
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) worden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, GREEN DUO of ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) worden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) wordt colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) worden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

3 Resultaten en interpretatie

Voor vergelijking met de resultaten van 2019 van Van Diggelen en Norda (2020), zijn grotendeels dezelfde bodemanalyses en dezelfde parameters gehanteerd met dezelfde grenzen om de kwaliteit te toetsen. Er is getracht de vergelijking zo goed mogelijk te maken. Dit neemt niet weg dat de analysemethodes op kleine details kunnen verschillen met de in deze studie gebruikte methodes (zie materiaal en methode). Maar belangrijker nog zijn de verschillen tussen de jaren, 2019 had een relatief droog groeiseizoen volgend op een erg droog jaar (2018). Het groeiseizoen van 2024 betrof juist een erg nat voorjaar en groeiseizoen. Daar waar de monsters in 2019 dus in een deels verdroogde bodem verzameld werden, zijn de monsters in 2024 juist onder echt natte condities (deels zelfs geïnundeerd) verzameld. Deze factoren beïnvloeden de vergelijking tussen 2019 en 2024.

3.1 Zuurgraad en verzuringsgevoeligheid

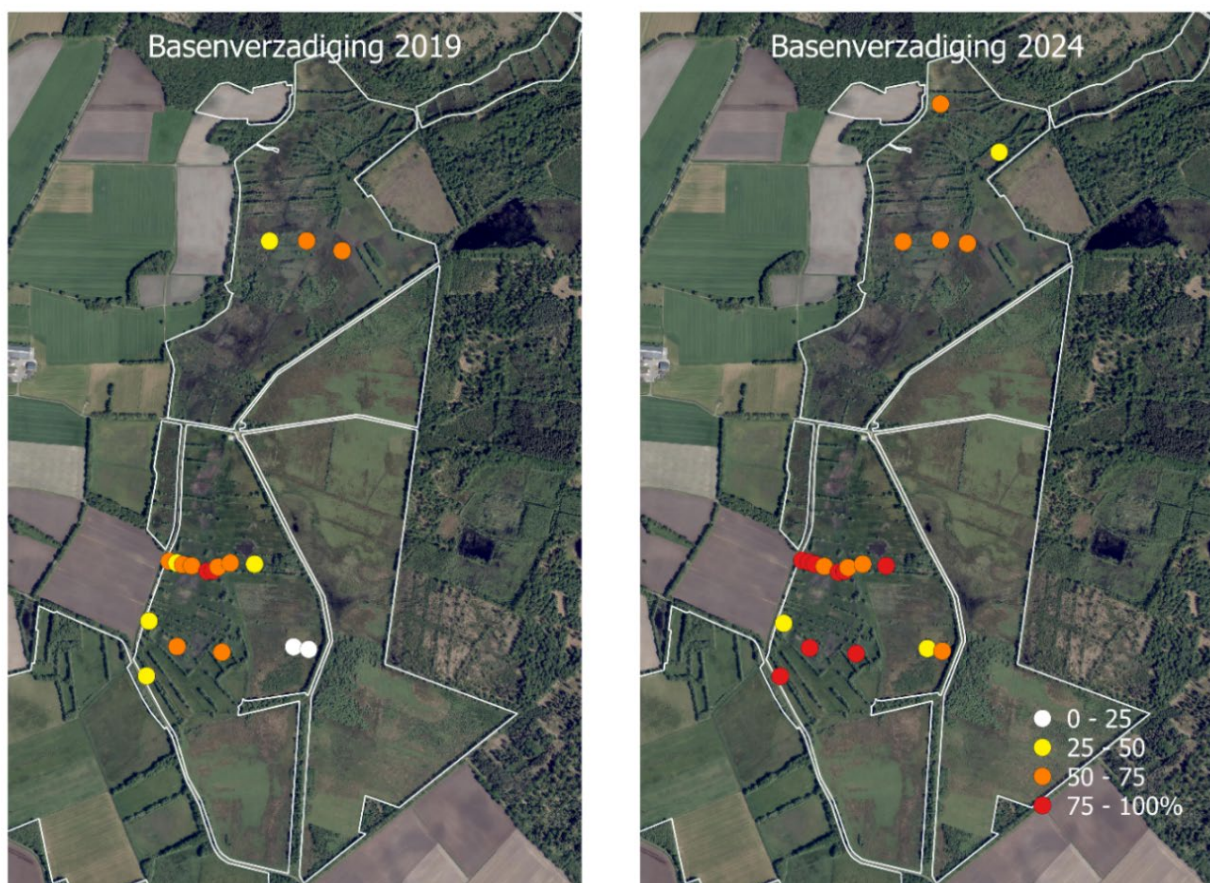
De metingen van pH in het zomerhalfjaar van 2024, in zowel de Reitma als de Oosterma, laten zien dat de pH van de toplaag van de bodem is toegenomen ten opzichte van 2019 (Figuur 2). Met name de centrale delen waar de pH in 2019 rond de 5,0 was zijn uitgebreid en gestegen naar 5,5. Op enkele locaties is de pH gestegen naar 6,5 of hoger en valt daarmee binnen de optimale zuurgraad voor de meest basenrijke vormen van de associatie blauwgrasland welke valt onder het habitatype kalkmoeras (H7230) (Runhaar et al., 2009). Ook op de hoger gelegen en zuurdere beekdalflanken, zoals de oostflank zijn de pH waarden toegenomen van <3,5 – 4,5 in 2019 naar een range van 3,5 – 5,0 in 2024. De pH-waarden in de toplaag in het winterhalfjaar en in het voor- en najaar kunnen vrij sterk afwijken van de zomerwaarden die in de droge zomer van 2019 zijn gemeten, en dus ook de natte zomer van 2024. In de nattere maanden is de pH over het algemeen wat hoger, de verhoogde pH in de zomer van 2024 kan dus ook mede veroorzaakt zijn door de langdurige natte condities in 2024.



Figuur 2. pH van de toplaag. Links in situ gemeten 2019 (Van Diggelen en Norda, 2020); rechts gemeten in 2024.

De basenverzadiging op het uitwisselingscomplex is direct gekoppeld met de pH, maar wordt veel minder beïnvloed door seizoensinvloeden en weersomstandigheden. Deze metingen laten eveneens eenzelfde stijgende trend zien tussen 2019 en 2024 (Figuur 3). Met name in de Reitma is de basenverzadiging toegenomen tot 75 – 100%. Deze toegenomen basenverzadiging zou verklaard kunnen worden door de gestegen toevoer van bufferende kationen via het grondwater. In beide jaren is dan ook te zien dat de basenverzadiging in de bodem hoger is in de lager gelegen delen van het beekdal, mogelijk door kwelinvloed. Tevens zijn op deze locaties ook de totaal calciumconcentraties het hoogst (bijlage 8).

Om de kans op verzuring in te schatten is de verzuringsgevoeligheid ingeschat. Aangezien we ditmaal over meer gegevens beschikken is deze op een andere wijze ingeschat dan door Van Diggelen en Norda (2020). Op basis van $S/(Mg+Ca)$ ratio is de verzuringsgevoeligheid van de bodem bij droogval bepaald (Figuur 4) (Lucassen et al., 2002). Door oxidatie van gereduceerde zwavelverbindingen kan er potentieel veel zuur worden geproduceerd, terwijl calcium en magnesium bijdragen aan de zuurbuffering. Uit deze analyse blijkt dat het lagergelegen deel van het beekdal niet erg verzuringsgevoelig is, wat ook al voortkwam uit de hoge pH, basenverzadiging en totaal calcium. De hogere en zuurdere oostflank van de Reitma en noordoost flank van de Oosterma hebben wel $S/(Mg+Ca)$ ratio waardes boven de 0,67 wat een indicatie geeft voor verzuringsgevoeligheid. Echter heeft de $S/(Mg+Ca)$ ratio met name een voorspellende waarde onder natte condities. Onder drogere condities (zoals langs de randen van het beekdal) zijn de basenverzadiging en de totaal calciumconcentratie (per liter verse bodem) een betere indicatie. De locaties langs de rand van het beekdal, bevatten ook relatief lage totaal calciumconcentraties (Bijlage 8) en relatief lage basenverzadiging (Figuur 3), wat dus ook beide erop duidt dat deze locaties verzuringsgevoelig zijn.



Figuur 3. Basenverzadiging in procenten. Links bepaald uit ammoniumacetaat-extractie van bodemonsters van 2019 (Van Diggelen en Norda, 2020) als verhouding van de alkali-elementen (Ca, K, Mg) over de som van uitwisselbare kationen (Al, Ca, K, Mg, Mn, Na, Fe), inclusief protonen (H^+); rechts bepaald uit strontiumchloride-extractie van bodemonsters van 2024 als verhouding van alkali-elementen (Ca, K, Mg) over de som van uitwisselbare kationen (Al, Ca, K, Mg, Mn, Fe, Zn, NH_4), inclusief protonen (H^+).

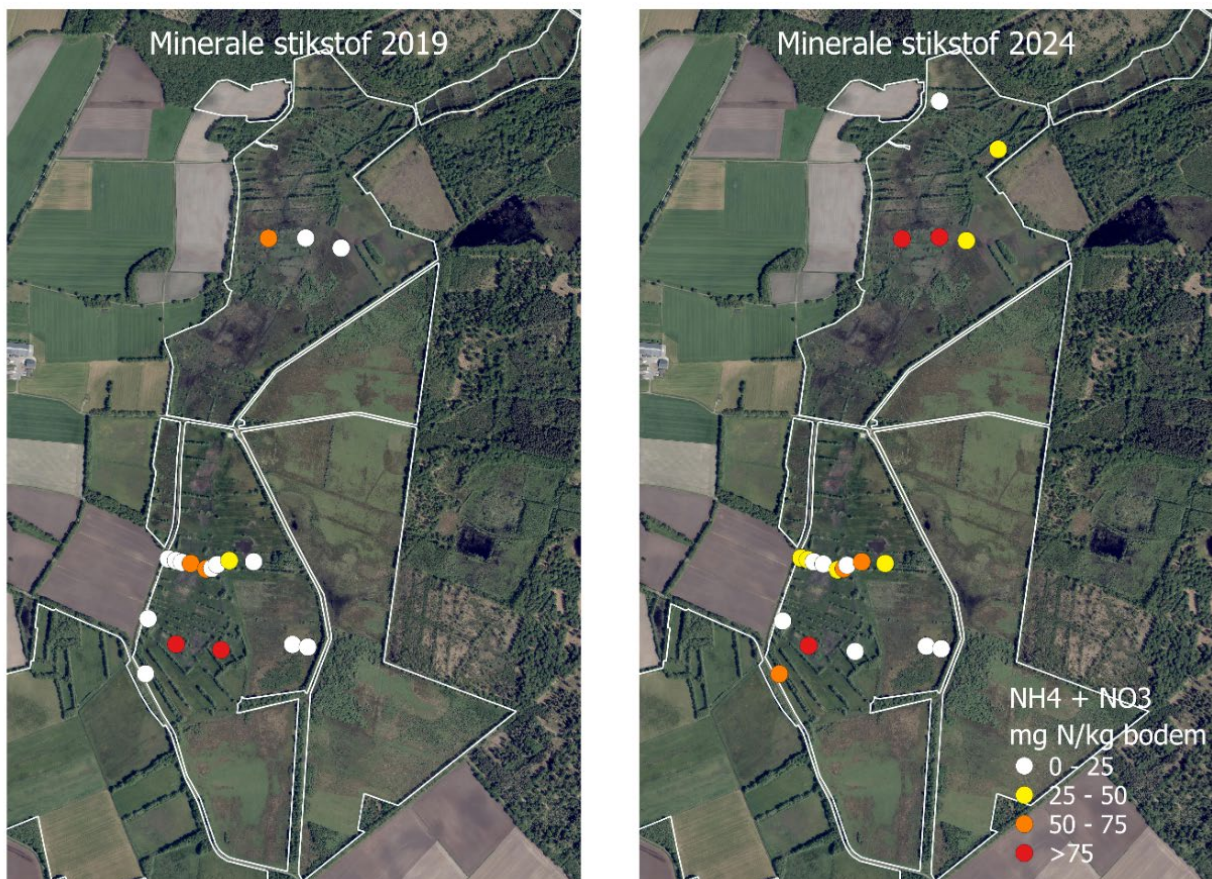


Figuur 4. Verzuringgevoeligheid van de toplaag in 2024 (uitgedrukt als $S/(Mg+Ca)$). Waardes boven de 0,67 (mol/mol) wordt gezien als verzuringgevoelig (Lucassen et al., 2002).

3.2 Nutriënten en biomassa

3.2.1 Stikstof

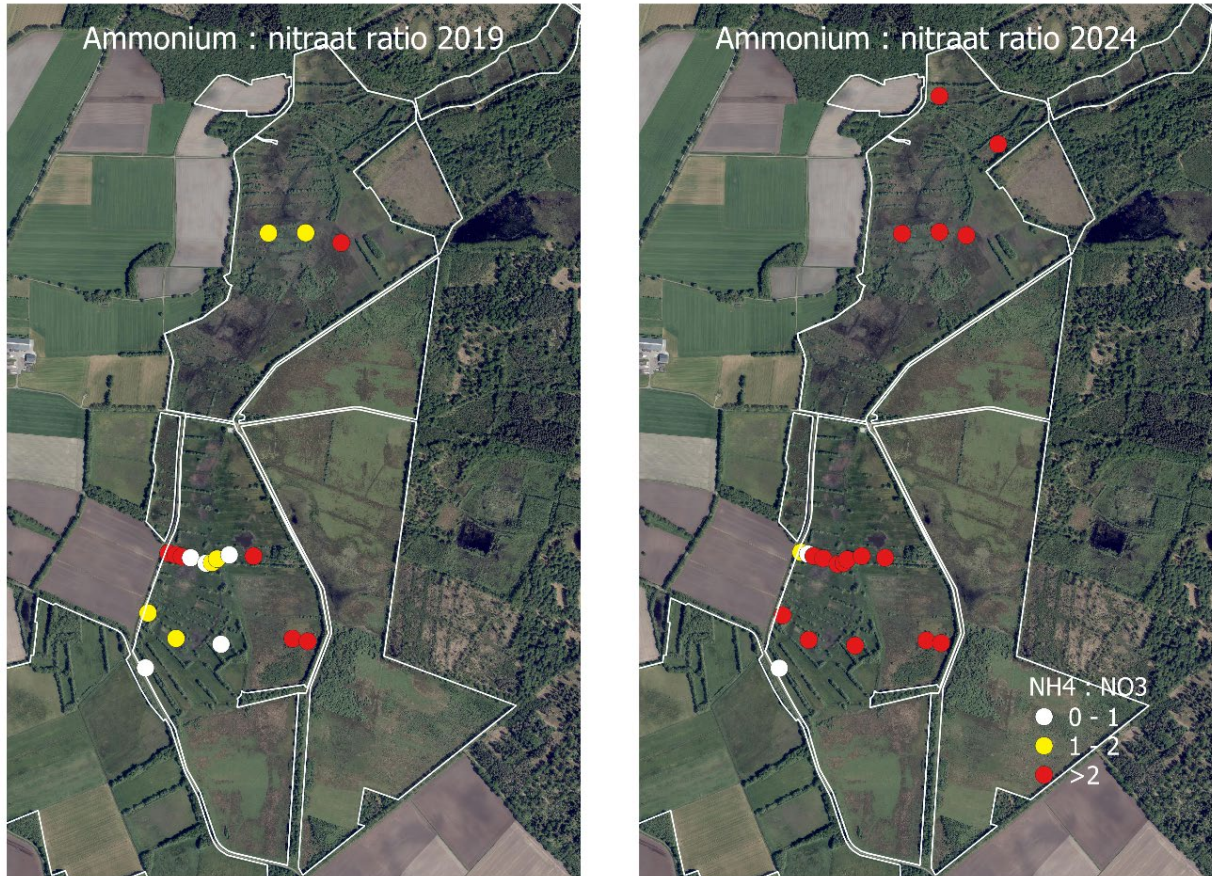
De hoeveelheid minerale stikstof (ammonium (NH_4) + nitraat (NO_3)) lijkt met name in de Oosterma (sterk) te zijn gestegen naar meer dan 75 mg N/kg droge bodem (Figuur 5). In de Reitma zijn de minerale stikstof concentraties gestegen in het centrale deel aan de oost- en westflanken en in het voormalig kalkmoeras, terwijl deze juist gedaald zijn bij de punten rondom het blauwgrasland. De hoge waarden in minerale stikstof zijn mogelijk het gevolg van de natte condities tijdens bemonsteringen en ophoping van NH_4^+ (Smolders et al., 2006). De hoeveelheid NH_4 is vrijwel in het gehele gebied gestegen naar de



Figuur 5. Concentratie minerale stikstof (ammonium + nitraat) in mg N/kg verse bodem. Links toplaag 2019; rechts toplaag 2024.

door Van Diggelen en Norda (2020) beschreven toxische NH_4 : NO_3 verhouding van meer dan 2 (Figuur 6). Planten met groeiplaatsen waar oorspronkelijk weinig of geen NH_4 aanwezig is, kunnen negatief beïnvloed worden door de stijging van NH_4 concentraties. Kenmerkende Rode-lijstsoorten zoals uit heischrale graslanden, blauwgraslanden en trilvenen ondervinden vaak negatieve effecten, terwijl dat de algemene of dominante plantensoorten worden gestimuleerd wat resulteert in afname van de soortenrijkdom (Bobbink en Weijters, 2018). De ophoping van NH_4^+ komt omdat het vrijkomt bij de (anaerobe) afbraak van organisch materiaal (Smolders et al., 2006; Possen et al., 2021). De hoge NH_4^+ concentraties kunnen dus het gevolg zijn van de erg natte (deels anaerobe) condities in de organisch rijke veenbodems van 2024. Onder natte anaerobe condities vindt weinig nitrificatie plaats en meer nitraatreductie plaats waardoor NO_3 concentraties relatief laag blijven. Echter blijven de NO_3 waarden, voorkomend uit NaCl extractie (Bijlage 8), vrij hoog met name in het centrale deel van Reitma (blauwgrasland) en vallen buiten de referentie waarden van blauwgrasland (Tabel 1).

De totale hoeveelheid stikstof is vrijwel gelijk gebleven, en alleen gedaald rondom het blauwgrasland in de Reitma en licht gestegen aan de oostflank van de Oosterma (Figuur 7). Het relatieve aandeel organische stikstof is ook gelijk gebleven en nog steeds hoog (Figuur 8). Alleen aan de oostflank van de Reitma is het aandeel organische stikstof gestegen t.o.v. 2019. Het gebied blijft dus ook gevoelig voor stikstofmineralisatie als gevolg van (aerobe) afbraak van organisch materiaal tijdens droge periodes.



Figuur 6. Verhouding ammonium en nitraat. Links toplaag 2019; rechts toplaag 2024



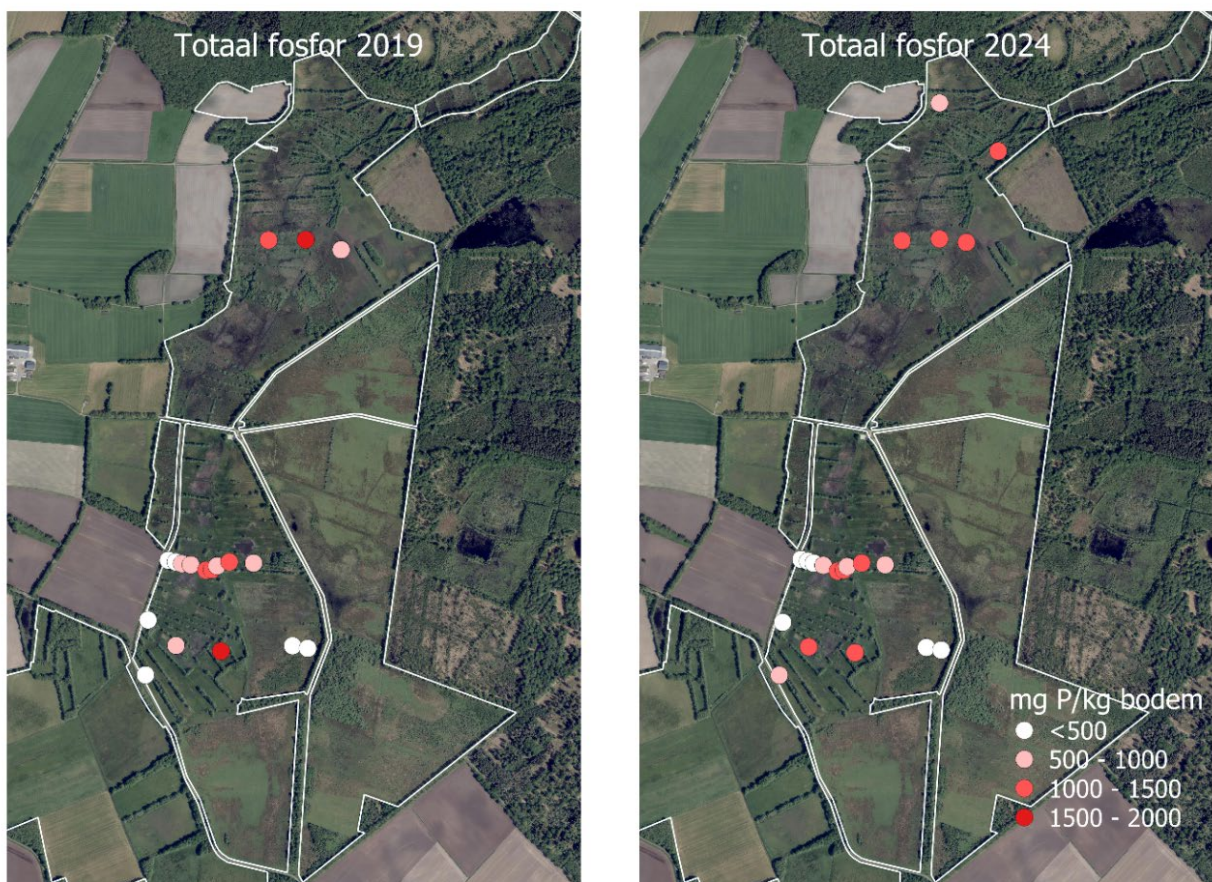
Figuur 7. Totale stikstofvoorraad in g N/kg droge bodem. Links toplaag 2019; rechts toplaag 2024.



Figuur 8. Afbreekbaarheid van het organisch materiaal op basis van C:N ratio, geclassificeerd volgens Van Diggelen en Norda, 2020. Links toplaag 2019; rechts toplaag 2025.

3.2.2 Fosfor

De totale fosforconcentraties ten opzichte van 2019 zijn op enkele punten afgenomen, met name rond de beek, maar op de oostrand van de Oosterma en zuidwestrand van de Reitma is deze juist toegenomen (Figuur 9). Tegelijkertijd is de concentratie plant beschikbare fosfor (Olsen-P) in de Oosterma en de Reitma toegenomen (Figuur 10). Door Van Diggelen en Norda (2020) werd maximum Olsen-P waarde van 400 $\mu\text{mol P/l}$ bodem gehanteerd voor instandhouding van blauwgrasland (Aggenbach et al., 2017). Deze grenswaarde waarde valt ook binnen de referentiewaarden voor blauwgrasland op zandige/lemige bodems uit de GRIP database van B-WARE, voor veenbodems is de referentierange echter 95-191 $\mu\text{mol P/l}$ (Tabel 2). Voor instandhouding en herstel van de meest fosfor-arme variant van blauwgrasland (en mogelijk dus ook kalkmoeras), kunnen de verhoogde Olsen-P concentraties een knelpunt vormen. Mogelijk is de fosforbeschikbaarheid toegenomen door de erg natte omstandigheden en P-mobilisatie door tijdelijk anaerobe omstandigheden in de bodem. Indien de bodem echter ijzer- en calciumrijk blijft, door de aanvoer van ijzer- en calciumrijk grondwater, zal een deel van het fosfor gebonden blijven.

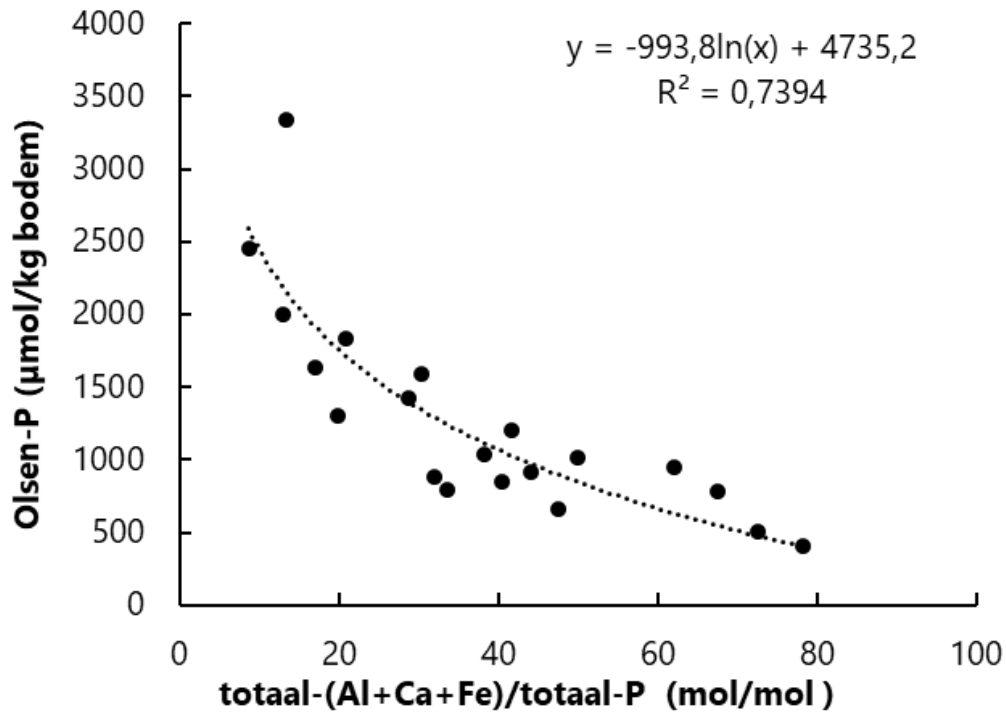


Figuur 9. Totale fosforvoorraad in mg P/kg droge bodem. Links toplaag 2019; rechts toplaag 2025.

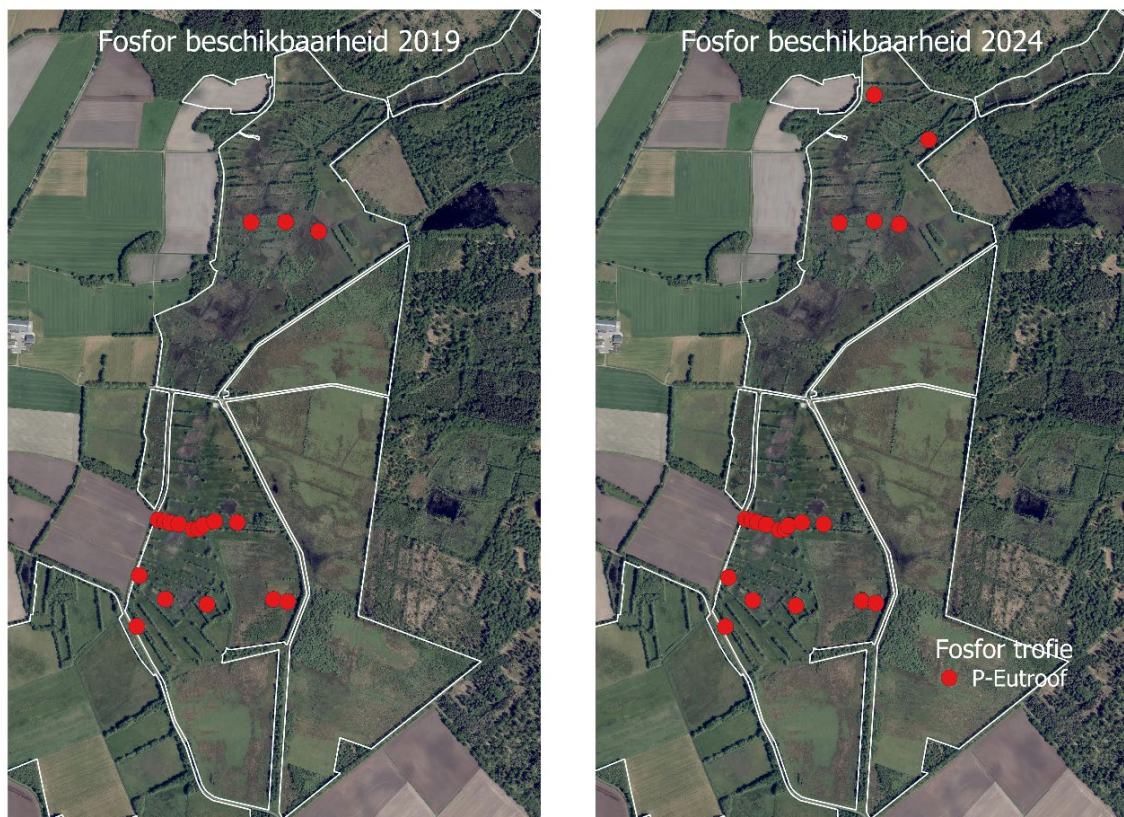
De beschikbaarheid van fosfor voor planten correleert met de verhouding tussen fosfor en calcium, ijzer en aluminium ($R^2 = 0,74$), omdat deze laatste alle drie fosfor kunnen binden (Figuur 11). Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie van ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $Fe_3(PO_4)_2$ (onder zuurstofarme condities en $FePO_4$ (onder zuurstofrijke condities). Hierdoor wordt extra fosfaat gebonden in bodems met hoge ijzerconcentraties. Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding. Calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt zeer langzaam vrij bij verweringsprocessen. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan Fe, Ca en Al ten opzichte van totaal-P blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. De C/P ratio's blijven voor het gehele beekdal laag (Figuur 12) en dat het overgrote aandeel totaal-fosfaat opgeslagen ligt in het organisch materiaal wordt ook bevestigd door de uitgevoerde P-fractionering (Bijlage 4). Dit betekent dat mineralisatie en sterk wisselende waterstanden in de veenbodems kunnen leiden tot een verhoging van P-beschikbaarheid. Een groot deel zou echter ook weer geïmmobiliseerd kunnen worden door Ca, Fe en Al.



Figuur 10. De hoeveelheid direct plant beschikbaar fosfor (Olsen-P) in $\mu\text{mol P/l}$ verse bodem. Links toplaag 2019; rechts toplaag 2024.



Figuur 11. Correlaties tussen de ratio van (totaal aluminium plus ijzer plus calcium)/ totaal P tegen de Olsen-P concentratie in de bodem van meetpunten in het beekdal van 2024. Er is meer P beschikbaar als er minder aluminium, ijzer en calcium in de bodem zit om P te binden.



Figuur 12. Indicatie van de P-beschikbaarheid vanuit mineralisatie van organische stof op basis van C:P ratio, geclassificeerd volgens Van Diggelen en Norda, 2020. Links toplaag 2019; rechts toplaag 2024.

3.2.3 Voedselrijkdom kruidlaag

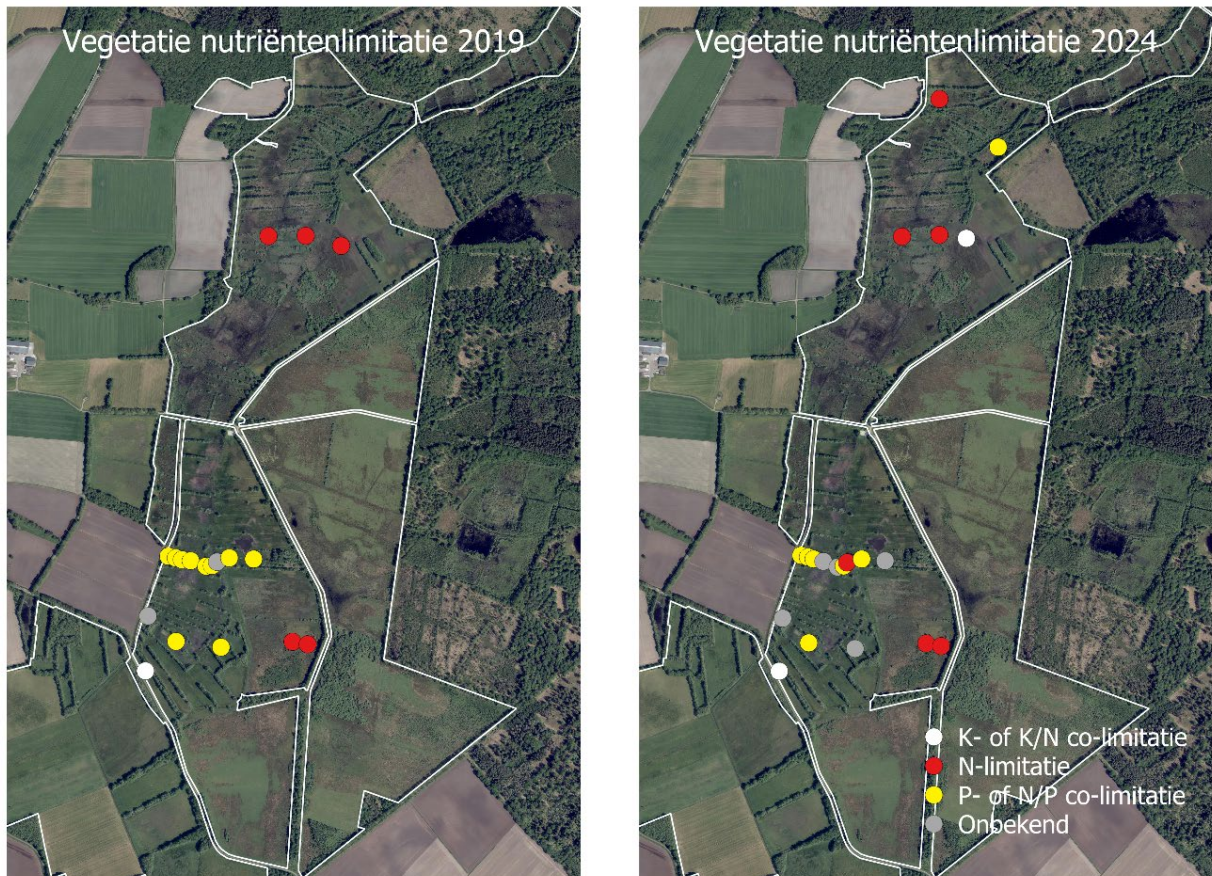
De productiviteit van de bovengrondse biomassa is met name in de Reitma toegenomen van voedselarm en licht voedselrijk naar licht-matig voedselrijk (Figuur 13). Voor deze locaties zijn de productiegrenzen hoger dan de gewenste 4,5 ton droge stof/ha/jaar (licht voedselrijk) en daardoor niet optimaal voor duurzaam behoud van blauwgrasland (Beije et al., 2014). Anderzijds is de productiviteit in Oosterma afgenomen naar licht voedselrijk en valt nu binnen de optimale grenswaarden voor behoud van blauwgrasland. Hierbij moet opgemerkt worden dat in 2019 de productiviteit van de vegetatie mogelijk werd beperkt door droogtestress, daarnaast kan begrazing en inundatie in het natte jaar in 2024 ook een rol spelen.



Figuur 13. Productiviteit van de bovengrondse biomassa (kruidlaag, geclassificeerd volgens Van Diggelen en Norda, 2020). Links kruidlaag 2019, rechts kruidlaag 2024.

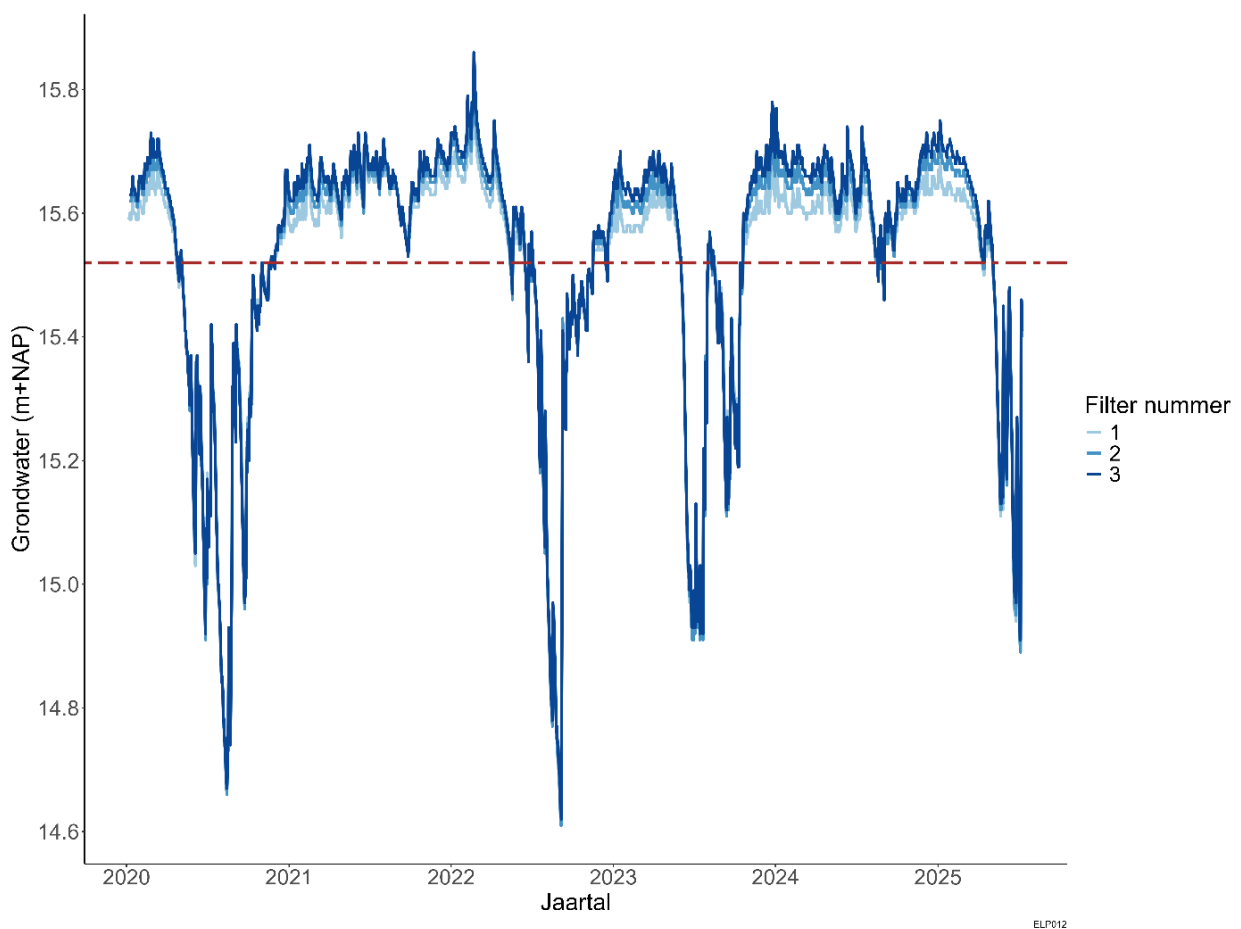
3.2.4 Nutriëntenlimitatie

Blauwgraslanden zijn oorspronkelijk P gelimiteerd (De Mars, 1996) of co-gelimiteerd met N (Van Duren en Pegtel, 2000). Deze limitatie is het gevolg van immobilisatie van P in veengebieden afhankelijk van een lage decompositie- en mineralisatiesnelheid, de opname van organisch P in de bodem en de minerale P verwijdering uit het water door bodemadsorptie (zie ook §3.2.2). Onder een hoge nutriëntenbeschikbaarheid is de competitie voor licht de belangrijkste factor die de vegetatie samenstelling en functioneren reguleert (Van Duren en Pegtel, 2000). Een toename van de beschikbaarheid van nutriënten zal een beperkt aantal snelgroeiende soorten een grotere concurrentievermogen geven t.o.v. de langzaam groeiende typische blauwgraslandsoorten met afname van de soortenrijkdom tot gevolg (Van Duren et al., 1998).



Figuur 14. Nutriëntenlimitatie op basis van N-, P- en K gehalten in de levende vegetaties (vgl. Olde Venterik et al., 2003). Links kruidlaag 2019; rechts kruidlaag 2024.

Langs de hoger gelegen oostflank van de Reitma blijft stikstof beperkend voor productie. Dit is eveneens het geval in een groot gedeelte van de Oosterma. In het centrale deel van de Reitma blijft fosfor het limiterende element voor de productie. Met name langs de flanken is Olsen-P toegenomen in combinatie met minerale stikstof, mogelijk door mineralisatie van organische stof als gevolg van lage waterstanden gedurende de zomers (Figuur 15). Deze sterk fluctuerende grondwaterstanden kunnen een knelpunt zijn voor natte nutriëntarme habitattypen zoals blauwgraslanden en in grotere mate kalkmoeras. Zoals reeds vermeld zijn de (grond-)waterstanden in de zomer van 2024 erg hoog, maar in de zomers van 2020 en 2022 zakte de grondwaterstand in de Reitma tot ruim een halve meter en zelfs bijna 1 meter onder maaiveld. Permanent te hoge waterstanden kunnen ook leiden tot een verhoogde beschikbaarheid van zowel P als N. De toplagen van de bodems moeten in de zomer maanden droogvallen maar de waterstand mag dus ook niet te diep uitzakken waardoor veenoxidatie kan plaatsvinden. De verhoogde beschikbaarheid van de combinatie van N en P kan de verhoogde productiviteit verklaren en kan ook tot verzuuring leiden.



Figuur 15. Grondwaterstanden (m+NAP) van peilbuis ELP012 gelegen bij meetpunt 12 in deelgebied de Reitma (blauwgrasland). Ondiepe (1) en diepere filters (2,3), rode stippellijn is maaiveld.

4 Potentie voor ontwikkeling van blauwgrasland in de Oosterma

In het noordelijke deelgebied de Oosterma zijn aanvullende bemonsteringen verricht en de hieruit voortkomende resultaten zijn vergeleken met de GRIP referentiedatabase van Onderzoekcentrum B-WARE (Brouwer et al., 2024) om daar de potentie voor ontwikkeling van blauwgrasland in kaart te brengen.



Figuur 16. Links; locatie 37 op moment van de vegetatie-bemonstering. Rechts; locatie 38 op moment van bemonstering.

De twee extra meetpunten in de Oosterma wijken onderling sterk van elkaar af. Monsterpunt 37 (Figuur 16), heeft een minerale bodem en is Ca- en Fe-rijk (Tabel 3). Het betreft hier een relatief schrale vegetatie met een lage productie (Figuur 13), ondanks dat het plant beschikbaar fosfor erg hoog is. Maar de NO_3 en NH_4 gehalten zijn laag en de chemische samenstelling van de vegetatie indiceert dat de locatie N-gelimiteerd is (Figuur 14). Dit zou een mogelijke verklaring kunnen zijn dat op dit moment de vegetatie op deze locatie laagproductief is. Echter zou dit in de toekomst, door verdere stijging van stikstof, tot verzuuring kunnen leiden. Het is hier dus, met als doel de ontwikkeling van blauwgrasland, zeker van belang hier verder te versralen om ook de fosforbeschikbaarheid te verlagen. Om tot een streefwaarde van $300 \mu\text{mol P/l}$ te komen, voor ontwikkeling van blauwgrasland, zou er 20 jaar lang jaarlijks moeten worden gemaaid en het maaisel worden afgevoerd.

Monsterpunt 38 heeft een veenbodem en is zeer laag in Ca met hele hoge NH_4 concentraties. Het betreft hier juist hoog productieve vegetatie (Figuur 14), ondanks dat Olsen-P laag is en valt binnen de referentiewaarde voor wat zuurdere blauwgraslanden. Dit zou mogelijk verklaard kunnen worden doordat de vegetatie P-gelimiteerd is (Figuur 15). Door de hoge ammoniumconcentraties, lage buffering en zure condities is deze locatie op dit moment ongeschikt voor ontwikkeling van blauwgrasland. Hier kan maaien en afvoeren bijdragen om de hoeveelheid stikstof te verlagen en daarbij de omstandigheden creëren voor schralere condities en de ontwikkeling van een zuurder schraal vegetatietype. Om uiteindelijk natte basenminnende vegetatie te ontwikkelen is het van belang hier de invloed van basenrijkgrondwater te verhogen. Uiteraard is het dan ook nodig negatieve invloeden als verdroging en door verhoogde stikstofdepositie veroorzaakte vermesting en verzuring verder te verlagen.

Tabel 3. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op één diepte (in cm onder maaiveld) op de verschillende locaties. OS = organisch stofpercentage (%); V = vochtpercentage (%); MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; P = fosfor/fosfaat, Al = aluminium, Ca = calcium, Fe = ijzer, NO₃ = nitraat, NH₄ = ammonium, Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), Pbs (% fosfor-beschikbaarheid) = (Olsen-P/P-t)*100%, BV = indicatieve basenverzadiging, FVG: fosfaat verzadigingsgraad (%), M3/M12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 5 mmol/l). De uitleg van de parameters en arcering staat in de bovenste tabel vermeld.

Org. stof	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	FVG	Maaien en afvoeren (M)	
%	µmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	%	jaren	
<5	<300	<3	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	<50	<10	<1	voldoende P-arm
5 - 10	300 - 500	3 - 5	150 - 250	10 - 20	4000 - 8000	20 - 50	1 - 5	50 - 100	50 - 100	10 - 25	1 - 10	kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
10 - 25	500 - 800	5 - 10	250 - 400	20 - 30	8000 - 15000	50 - 100	5 - 10	100 - 200	100 - 200	25 - 50	10 - 40	matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
25 - 50	800 - 1200	10 - 15	400 - 750	30 - 50	15000 - 25000	100 - 150	10 - 30	200 - 400	200 - 400	>50	40 - 80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	1200 - 1500	15 - 20	>750	50 - 100	25000 - 40000	150 - 300	30 - 50	400 - 800	400 - 800		80 - 200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
	1500 - 2000	20 - 30		>100	>40000	>300	50 - 100	800 - 1200	800 - 1200		200 - 400	ongeschikt voor verschralling I
	>2000	>30					>100	>1200	>1200		>400	ongeschikt voor verschralling II

Nr	Diepte	Bodemtype	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	FVG	M3	M5	M8	M12
37	0-10	Zand	18	50	0,6	1053	11,3	110	21	10785	61	1,5	2	48	14	20	18	8	0
38	0-10	Veen	72	88	0,1	393	4,3	14	3	2318	41	1,6	0	1064	4	0	0	0	0

5 Conclusies

5.1 Zuurgraad & basenverzadiging

5.1.1 Vergelijking t.o.v. 2019

- In het gehele gebied is er een verhoging te zien van de pH.
- De basenverzadiging is net als 2019 tamelijk hoog en zelfs toegenomen in zowel de Reitma als Oosterma. Een snelle verzuring blijft daardoor onwaarschijnlijk, mits de aanvoer van gebufferd kwelwater blijft bestaan.
- De plekken aan de rand van het beekdal, op de hogere delen met de laagste pH, blijven wel gevoelig voor verdere verzuring door de lage basenverzadiging (niet goed gebufferd en lage totaal calciumconcentraties) en bij droogval na een natte periode zou het zwavel in de bodem kunnen oxideren en zuur produceren.

5.1.2 Vergelijking optimale instandhouding blauwgrasland

- De toplaag is in het beekdal grotendeels matig tot zwakzuur en daarbij de optimale zuurgraad voor blauwgrasland. Het voormalig kalkmoeras is zelfs neutraal en optimaal voor basenrijke vormen van blauwgrasland (kalkmoeras). Tevens zijn de totaal calciumconcentraties hoog en vallen binnen de referentiewaarde voor blauwgrasland met een veenbodem.

5.2 Nutriënten beschikbaarheid (stikstof & fosfor)

5.2.1 Vergelijking t.o.v. 2019

- De totale stikstofvoorraad is nog steeds hoog en goed mineraliseerbaar in het centrale deel van de Reitma. Ontwatering kan leiden tot verdere stijging van totaal stikstof.
- Er zijn nog steeds verhoogde gehalten aan minerale stikstof in het gebied. Deze zijn met name verder gestegen aan de flanken in de Oosterma en de Reitma. Er kan worden aangenomen dat er nog steeds afbraak optreedt van de organische toplaag door diepe ontwatering tijdens droge jaren. Het natte voorjaar en zomer van 2024 heeft tevens geleid tot (een tijdelijke) ophoping van ammonium door anaerobe afbraak van organisch materiaal in de (veen)bodem.
- Door inundatie op het moment van bemesting bestaat een groot deel van de minerale stikstof uit NH_4 .
- De totale hoeveelheid fosfor is het hoogst in de Oosterma en het centrale deel van de Reitma.
- Plant beschikbaar fosfor is gestegen in de Oosterma en langs de flanken in de Reitma.

5.2.2 Vergelijking optimale instandhouding blauwgrasland

- Minerale stikstof, dat grotendeels bestaat uit NH_4 , is te hoog voor instandhouding van blauwgrasland en mogelijk toxisch voor de karakteristieke plantsoorten. Deze hoge NH_4 waarden kunnen echter deels het effect zijn van het zeer natte jaar 2024 waarin bemonsterd is. Echter blijft de totale hoeveelheid stikstof te hoog en hiermee een aandachtspunt voor instandhouding van blauwgrasland en ook kalkmoeras.
- Erg positief is wel dat het plant beschikbaar fosfor grotendeels laag is en binnen de referentiewaarde voor blauwgrasland valt. Echter voor blauwgrasland op veenbodem is deze wel te hoog voor blauwgrasland en ook hiermee waarschijnlijk ook voor het habitatype kalkmoeras. Het wordt dus wel aangeraden het verschravingsbeheer voort te zetten.

5.3 Productiviteit en nutriëntenlimitatie

5.3.1 Vergelijking t.o.v. 2019

- De productiviteit van de vegetatie is in de Oosterma afgenomen en op enkele plekken in de Reitma toegenomen
- Op basis van de analyse van het verzamelde plantenmateriaal blijven Oosterma en de droge flanken van de Reitma grotendeels N-gelimiteerd, terwijl het centrale deel van Reitma nog steeds P-gelimiteerd is t.o.v. 2019.

5.3.2 Vergelijking optimale instandhouding blauwgrasland

- Het blauwgrasland in de Reitma karakteriseert zich als P- of N/P co-gelimiteerd. Door de toename van Olsen-P gecombineerd met minerale stikstof is er mogelijk een toename in productiviteit. Het blijft echter zeer lastig om de productiviteit van een zeer droog jaar te vergelijken met die van een zeer nat jaar. Wel lijkt het verstandig het verschrallingsbeheer in ieder geval voort te zetten en het te blijven monitoren.

6 Advies

- Het is van belang de toevoer van regionaal baserijk grondwater naar het beekdal te behouden en zelfs te verhogen, dit leidt tot minder fluctuaties in de grondwaterstand, minder mineralisatie en veenafbraak én leidt tot de toevoer van ijzer en calcium wat de fosfor beschikbaarheid kan verlagen door binding met fosfor.
- Op enkele locaties is er een te hoge nutriëntenrijkdom voor ontwikkeling of instandhouding van blauwgrasland en zeker voor de ontwikkeling en instandhouding van kalkmoeras. Het is dus zaak de toevoer van nutriënten trachten te beperken. Tevens zal het zaak zijn te blijven maaien en afvoeren om met de biomassa nutriënten af te voeren. Eventueel zou er op enkele locaties aanvullend bodemonderzoek verricht kunnen worden in diepteprofielen om te bekijken of pluggen een mogelijke maatregel zou kunnen zijn om nutriënten in de toplaag te verwijderen.
- Totdat afdoende maatregelen genomen zijn om het hydrologisch herstel te realiseren blijven overlevingsmaatregelen nodig. Zoals maaien en afvoeren.
- Voor de huidige opdracht was uitgevraagd om zo goed als mogelijk de door Van Diggelen en Norda (2020) gehanteerde methode te herhalen. De directe vergelijking met analysemethodes van de studie uit 2019 was echter wel complex. Voor een toekomstige monitoring en vergelijking zou het verstandig zijn te bekijken of exact dezelfde analyse technieken toegepast zouden kunnen worden. Ook kan overwogen worden een kleiner aantal analyses uit te voeren en meer aandacht te vestigen op de meest indicatieve parameters zoals: pH, Basenverzadiging m.b.v. strontiumextractie, zoutextraheerbaar calcium, Olsen-P, en zoutuitwisselbare ionen (NO_3 , NH_4). Doormiddel van aanvullende ondiepe poriewatermetingen kan ook duidelijk bepaald worden in hoeverre het (gebufferde) freatische grondwater in de wortelzone komt voor de eventuele aanrijking met bufferstoffen ter compensatie van mogelijk verzurende processen die in droge zomerperiodes optreden.
- Tevens zijn er eind 2024 en begin 2025 twee studies opgestart waarin de Elperstroom is opgenomen (1) een landelijk onderzoek aan nutriëntfluxen in kwelzones in het OBN kennis netwerk waarvoor ook een locatie in de Elperstroom is ingericht en (2) is er door Onderzoekcentrum B-WARE een lab-experiment uitgevoerd, tevens in het OBN kennisnetwerk aan de effecten van vernatting. In dit experiment zijn drie locaties opgenomen, waaronder de Elperstroom. Het is dan ook aan te raden de resultaten welke uit deze onderzoeken naar voren gaan komen mee te nemen met een volgende evaluatie van het beekdal van de Elperstroom.

7 Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., M.P. Berg, J. Frouz, T. Hiemstra, L. Norda, J. Roymans, R. Van Diggelen (2017) Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen. Rapport nummer 2017/OBN214-NZ, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.
- Beije, H.M., A.J.M. Jansen, Q.L. Slings & N.A.C. Smits (2014) Herstelstrategie H6410 Blauwgraslanden. Ministerie van LNV, Den Haag.
- Bobbink, R. & M. Weijters (2018) Verschil in effecten op natuur van gereduceerd versus geoxideerd stikstof. Lucht maart 2018, 23-27.
- Brouwer, E., A.H.W. Koks, J. van Doorn & M. van Mullekom (2024) GRIP: 'levende' database koppelt vegetatie en bodemsamenstelling. *Landschap* 41: 96-107.
- Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.
- Daniels, P. (2024) Vegetatiekartering Elperstroom 2023. Rapport 20222083 ATKB.
- De Mars, H. (1996) Chemical and physical dynamics of fen hydro-ecology. Dissertatie Universiteit Utrecht.
- Grootjans, A.P., R. Van Diggelen, P. Schipper, S. Schunselaar (2020) Systeemanalyse Elperstroom met de deelgebieden Stroetma, Oosterma, Dippersma, Reitma, Grevema en Doorgangen. Rapport Stichting ERA / Stichting WBBS / Universiteit Antwerpen / Staatsbosbeheer/SWECO.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J. Smolders, J.G. Roelofs (2002) Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+ Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental pollution* 120: 635-646.
- Olde Venterink, H., M.J. Wassen, A.W.M. Verkrout, P.C. De Ruiter (2003) Species richness-productivity patterns differ between N-, P-, and K-limited wetlands. *Ecology* 84: 2191-2199.
- Possen, B.J.H.M., B. Van der Weijden, J. Van Dijk, H. De Mars, M. Wassen, T. Van den Broek (2021) Naar vernatting ten behoeve van natuurontwikkeling en -herstel binnen Natura 2000 en Natuurnetwerk Nederland: Sturende factoren en processen die de kansrijkdom bepalen. Rapport nummer 2021/OBN247-LZ, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.
- Smolders, A. J. P., Lamers, L. P. M., Lucassen, E.C.H.E.T., Van der Velde, G.J.G.M., & Roelofs, J. G. M. (2006). Internal eutrophication: how it works and what to do about it—a review. *Chemistry and ecology*, 22: 93-111.
- Runhaar, J., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte en S.M. Hennekens (2009) Ecologische Vereisten Habitattypen. Rapport KWR 09.018, 45 pp.
- Van Diggelen, R. & L. Norda (2020) Overzicht van de in de zomer 2019 genomen bodemmonsters in het Elperstroomgebied. Rapport 020-R254 Uantwerpen/ECOB.E.
- Van Duren, I.C., R.J. Strykstra, A.P. Grootjans, G.N.J. Ter Heerdt, D.M. Pegtel (1998) A multidisciplinary evaluation of restoration measures in a degraded *Cirsio-Molinietum* fen meadow. *Applied Vegetation Science* 1: 115-130.
- Van Duren, I. C. & D.M. Pegtel (2000) Nutrient limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: evaluation of methods and results. *Plant and soil* 220: 35-47.

8 Bijlagen

8.1 Bijlage 1: Algemene karakteristieken van de onderzochte meetpunten

Code	Codering vlg. Van Diggelen en Norda (2020)	X-coördinaten	Y-coördinaten	Datum monstername vegetatie	Datum monstername bodem
1	1-1	178101	324249	25-jun-24	6-aug-24
2	2-1	240065	542938	25-jun-24	6-aug-24
4	4-1	240482	543500	25-jun-24	6-aug-24
5	5-1	242002	543994	25-jun-24	6-aug-24
6	6-1	240349	545015	25-jun-24	6-aug-24
8	8-1	241684	544946	25-jun-24	6-aug-24
9	9-1	240558	543905	25-jun-24	6-aug-24
10	10-1	240582	543899	25-jun-24	6-aug-24
11	11-1	240602	543892	25-jun-24	6-aug-24
12	12-1	240636	543884	25-jun-24	6-aug-24
13	13-1	240686	543864	25-jun-24	6-aug-24
14	14-1	240707	543868	25-jun-24	6-aug-24
15	15.1-1	240852	543886	25-jun-24	6-aug-24
20	20-1	240719	543880	25-jun-24	6-aug-24
21	21-1	240770	543892	25-jun-24	6-aug-24
29	V029-1	240911	545019	25-jun-24	6-aug-24
30	V030-1	241042	545025	25-jun-24	6-aug-24
31	V031-1	241136	545013	25-jun-24	6-aug-24
32	V032-1	240494	543685	25-jun-24	6-aug-24
33	V033-1	240585	543599	25-jun-24	6-aug-24
34	V034-1	240747	543579	25-jun-24	6-aug-24
35	V035-1	240996	543597	25-jun-24	6-aug-24
36	V036-1	241048	543588	25-jun-24	6-aug-24
37	V037-1	241042	545500	25-jun-24	6-aug-24
38	V038-1	241247	545332	25-jun-24	6-aug-24

8.2 Bijlage 2: pH en fysische kenmerken van de genomen bodemmonsters

Code	Organische stof	Vochtgehalte	Bulkdichtheid	pH waterextract	pH KCl-extract
	fractie	%	kg DS/ liter VM		
1	36,6	30,5	0,35	4,06	2,76
2	36,9	50,5	0,35	3,41	2,65
4	12,3	37,7	0,74	5,52	4,39
5	43,9	50,6	0,45	3,79	2,74
6	17,0	28,5	0,65	4,12	3,09
8	8,1	11,1	0,86	4,60	3,48
9	29,2	56,2	0,46	5,74	4,66
10	23,8	49,5	0,47	5,14	4,22
11	23,4	59,6	0,48	5,78	4,79
12	34,0	77,6	0,24	5,79	5,11
13	70,5	83,9	0,16	6,00	5,31
14	73,3	80,5	0,20	6,59	6,03
15	34,6	65,5	0,38	4,97	4,47
20	23,6	65,9	0,37	5,86	5,32
21	60,2	79,7	0,21	5,65	5,00
29	32,0	71,9	0,32	5,63	4,90
30	42,4	75,3	0,25	5,54	4,93
31	40,3	75,3	0,27	5,49	5,06
32	4,9	21,1	1,16	5,28	3,90
33	67,8	79,7	0,21	5,63	4,84
34	60,9	76,0	0,27	5,94	5,19
35	13,2	36,9	0,78	3,99	3,21
36	16,6	39,5	0,73	4,42	3,33
37	17,6	50,3	0,65	5,30	4,21
38	72,1	88,2	0,12	5,19	4,14

8.3 Bijlage 3: Stikstofkarakteristieken van de genomen bodemmonsters

Code	Totaal stikstof	Nitraat	Ammonium	Minerale stikstof	Ammonium/nitraat ratio	Totaal koolstof	Koolstof/stikstof ratio	N-Trofie
	g N/kg DS	mg N/kg VM	mg N/kg VM	mg N/kg VM	mg/mg	g C/kg DS	g/g	
1	9,6	4,66	4,98	9,64	1,1	143,20	14,92	N-Eutroof
2	14,0	26,51	6,60	33,11	0,2	213,50	15,25	N-Eutroof
4	4,3	41,66	7,79	49,45	0,2	52,80	12,28	N-Eutroof
5	8,6	1,04	20,93	21,97	20,0	204,10	23,73	N-Mesotroof
6	5,0	3,63	5,93	9,57	1,6	93,00	18,60	N-Eutroof
8	2,0	0,96	4,83	5,79	5,0	38,70	19,35	N-Eutroof
9	8,9	6,83	8,10	14,92	1,2	113,20	12,72	N-Eutroof
10	10,0	10,94	5,86	16,80	0,5	121,80	12,18	N-Eutroof
11	7,9	1,47	9,22	10,69	6,3	111,80	14,15	N-Eutroof
12	10,3	0,46	4,59	5,05	10,1	147,10	14,28	N-Eutroof
13	25,3	0,16	5,82	5,99	35,4	317,40	12,55	N-Eutroof
14	24,5	1,94	10,41	12,34	5,4	331,30	13,52	N-Eutroof
15	12,8	0,15	13,04	13,19	87,8	172,60	13,48	N-Eutroof
20	10,2	0,10	5,89	5,99	58,7	129,10	12,66	N-Eutroof
21	20,9	0,08	12,16	12,25	144,7	280,20	13,41	N-Eutroof
29	13,0	0,07	28,66	28,73	406,8	149,40	11,49	N-Eutroof
30	21,9	0,68	29,34	30,02	43,4	239,80	10,95	N-Eutroof
31	15,1	0,82	9,90	10,71	12,1	182,50	12,09	N-Eutroof
32	0,7	0,53	2,10	2,63	3,9	11,90	17,00	N-Eutroof
33	23,6	0,04	19,12	19,16	455,2	307,60	13,03	N-Eutroof
34	24,4	0,10	3,59	3,70	34,3	282,70	11,59	N-Eutroof
35	3,6	0,03	0,59	0,62	17,3	73,80	20,50	N-Mesotroof
36	4,8	0,03	1,69	1,72	55,1	83,20	17,33	N-Eutroof
37	6,0	0,56	2,33	2,89	4,1	90,60	15,10	N-Eutroof
38	19,5	0,02	5,85	5,87	244,2	324,80	16,66	N-Eutroof

8.4 Bijlage 4: Fosforkarakteristieken van de genomen bodemmonsters

Code	Totaal fosfor	P-Olsen	Plant beschikbaar P	Licht gebonden fosfor	Ijzer- en aluminium gebonden P	Percentage licht gebonden P	P organisch	Koolstof / fosfor ratio	P-trofie
	mg P/kg DS	µmol/l VM		mg P/kg DS	mg P/kg DS	%	mg P/kg DS	g/g	
1	382	590	(te) hoog	40	156	6,0	402,90	374,7	P-Eutroof
2	702	1346	(te) hoog	47	332	4,2	676,87	304,2	P-Eutroof
4	806	1053	(te) hoog	9	318	0,7	851,90	65,5	P-Eutroof
5	213	646	(te) hoog	48	64	9,3	343,06	959,1	P-Mesotroof
6	279	1358	(te) hoog	39	87	8,0	292,49	333,2	P-Eutroof
8	117	574	(te) hoog	26	43	11,3	130,45	330,2	P-Eutroof
9	443	359	laag	4	182	0,7	382,27	255,5	P-Eutroof
10	363	445	(te) hoog	5	153	0,9	348,20	335,3	P-Eutroof
11	313	245	laag	3	130	0,7	304,04	357,2	P-Eutroof
12	503	205	laag	4	168	0,5	526,58	292,5	P-Eutroof
13	1060	131	laag	7	235	0,5	934,41	299,4	P-Eutroof
14	1063	206	laag	12	239	0,8	924,81	311,6	P-Eutroof
15	577	351	laag	3	308	0,3	588,43	299,3	P-Eutroof
20	675	378	laag	4	315	0,4	576,76	191,3	P-Eutroof
21	1170	256	laag	5	482	0,3	954,30	239,4	P-Eutroof
29	1064	592	(te) hoog	4	477	0,2	1236,08	140,4	P-Eutroof
30	1350	333	laag	5	407	0,3	1134,52	177,6	P-Eutroof
31	1182	429	(te) hoog	6	270	0,4	887,79	154,4	P-Eutroof
32	66	475	(te) hoog	12	35	9,1	74,17	180,4	P-Eutroof
33	1122	140	laag	5	258	0,3	1008,51	274,3	P-Eutroof
34	1224	238	laag	11	295	0,8	871,52	231,0	P-Eutroof
35	254	1554	(te) hoog	12	98	2,9	258,40	290,9	P-Eutroof
36	350	1794	(te) hoog	67	68	14,6	243,49	237,4	P-Eutroof
37	539	1053	(te) hoog	14	163	1,6	518,81	168,0	P-Eutroof
38	1132	393	laag	8	213	0,9	518,81	286,8	P-Eutroof

8.5 Bijlage 5: Basenverzadiging

Code	H ⁺	Ca	K	Mg	NH ₄	Al	Fe	Mn	CEC	Basen- verzadiging
	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	%
1	7,42	8,18	0,06	0,83	0,01	1,93	0,04	0,03	18,50	49,0
2	10,73	6,10	0,13	0,77	0,02	2,08	0,06	0,10	19,98	34,9
4	0,33	9,53	0,02	0,56	0,01	0,41	0,01	0,01	10,88	93,2
5	8,00	1,45	0,22	0,51	0,15	5,84	0,09	0,02	16,28	13,2
6	3,30	1,85	0,03	0,40	0,01	3,28	0,01	0,03	8,91	25,4
8	1,12	1,03	0,03	0,18	0,01	2,51	0,00	0,01	4,90	25,3
9	0,26	17,67	0,04	0,65	0,01	0,17	0,01	0,01	18,82	97,6
10	0,62	11,86	0,10	0,62	0,01	1,38	0,01	0,03	14,63	85,8
11	0,13	19,67	0,04	0,24	0,03	0,09	0,47	0,10	20,77	96,1
12	0,10	21,56	0,05	0,40	0,05	0,11	7,20	0,21	29,68	74,0
13	0,08	75,97	0,08	1,30	0,08	0,08	4,94	0,41	82,95	93,2
14	0,03	101,60	0,08	1,97	0,02	0,01	0,02	0,01	103,74	99,9
15	0,32	14,80	0,01	0,20	0,13	0,55	1,46	0,11	17,57	85,7
20	0,02	25,15	0,04	0,41	0,09	0,07	11,38	0,47	37,63	67,8
21	0,07	46,97	0,07	0,79	0,23	0,14	19,04	0,32	67,62	70,7
29	0,06	15,40	0,11	0,35	0,46	0,12	8,23	0,23	24,96	64,0
30	0,06	28,71	0,12	0,55	0,51	0,12	13,88	0,38	44,33	66,6
31	0,06	24,25	0,01	0,33	0,12	0,09	8,11	0,51	33,48	73,3
32	0,56	1,09	0,03	0,20	0,01	0,99	0,05	0,04	2,96	44,5
33	0,20	52,91	0,00	0,47	0,34	0,18	10,56	0,31	64,96	82,4
34	0,07	54,38	0,02	0,56	0,03	0,04	1,53	0,09	56,72	97,0
35	2,24	1,51	0,00	0,11	0,01	1,43	0,11	0,02	5,43	29,1
36	2,07	3,06	0,00	0,24	0,02	0,81	0,02	0,04	6,27	52,6
37	0,46	5,34	0,01	0,16	0,01	1,50	0,07	0,16	7,70	72,2
38	1,39	4,63	0,47	0,55	0,15	1,49	5,57	0,05	14,31	39,3

8.6 Bijlage 6: Gevoeligheid voor verdere verzuring

Code	Totaal zwavel	S/Mg+Ca	Verzuringgevoeligheid
	mg S/Kg DS	mol/mol	
1	1023	0,57	klein
2	1361	0,83	groot
4	598	0,26	klein
5	758	1,55	groot
6	457	0,81	groot
8	178	0,40	klein
9	994	0,25	klein
10	948	0,37	klein
11	878	0,25	klein
12	1655	0,38	klein
13	3740	0,28	klein
14	3347	0,18	klein
15	1340	0,45	klein
20	1225	0,23	klein
21	3014	0,38	klein
29	1832	0,53	klein
30	3532	0,50	klein
31	2702	0,40	klein
32	81	0,16	klein
33	3827	0,33	klein
34	3331	0,25	klein
35	480	1,13	groot
36	518	0,76	groot
37	679	0,51	klein
38	2393	1,91	groot

8.7 Bijlage 7: Karakteristieken van de genomen vegetatiemonsters

Code	peak standing crop	Productiviteit	Kruiden-N	Kruiden-P	Kruiden-K	Kruiden-N:P	Kruiden-N:K	Kruiden-K:P	Type limitatie
	kg DS/ ha	omschrijving	g N/kg DS	g P/kg DS	g K/kg DS	g/g	g/g	g/g	
1	1124,4	Matig voedselarm	22,5	1,4	9,1	16,1	2,5	6,5	P- of N/P co-limitatie
2	510,0	Zeer voedselarm	21,0	2,1	12,7	9,9	1,7	6,0	N-limitatie
4	5470,6	Licht-matig voedselrijk	13,5	1,7	4,3	8,1	3,1	2,6	K- of N/P co-limitatie
5	2318,8	Matig voedselarm	25,4	1,8	11,5	13,8	2,2	6,2	Onbekend
6	430,0	Zeer voedselarm	14,2	1,5	7,3	9,4	1,9	4,8	N-limitatie
8	826,3	Zeer voedselarm	14,3	1,8	12,1	7,8	1,2	6,6	N-limitatie
9	5758,1	Licht-matig voedselrijk	15,7	0,9	7,3	16,6	2,1	7,8	P- of N/P co-limitatie
10	4658,1	Licht-matig voedselrijk	14,0	0,8	5,8	18,5	2,4	7,6	P- of N/P co-limitatie
11	3076,9	Licht voedselrijk	13,8	0,7	4,4	19,7	3,1	6,3	P- of N/P co-limitatie
12	4071,3	Licht voedselrijk	14,8	1,4	5,6	10,7	2,6	4,1	Onbekend
13	5235,6	Licht-matig voedselrijk	13,3	1,1	5,3	12,5	2,5	5,0	Onbekend
14	3733,1	Licht voedselrijk	14,5	0,9	6,6	16,5	2,2	7,5	P- of N/P co-limitatie
15	5731,3	Licht-matig voedselrijk	14,8	1,0	4,3	14,4	3,4	4,2	Onbekend
20	5973,8	Licht-matig voedselrijk	11,0	1,1	6,6	9,9	1,7	5,9	N-limitatie
21	6873,1	Licht-matig voedselrijk	13,5	0,9	5,5	14,7	2,5	5,9	P- of N/P co-limitatie
29	4011,9	Licht voedselrijk	15,3	1,6	8,4	9,6	1,8	5,3	N-limitatie
30	3730,0	Licht voedselrijk	23,3	3,3	13,5	7,0	1,7	4,1	N-limitatie
31	3226,9	Licht voedselrijk	14,6	2,1	7,0	6,9	2,1	3,3	K- of N/P co-limitatie
32	3107,5	Licht voedselrijk	11,4	0,9	4,8	12,8	2,4	5,4	Onbekend
33	1951,3	Matig voedselarm	14,3	0,8	5,3	18,2	2,7	6,7	P- of N/P co-limitatie
34	4656,3	Licht-matig voedselrijk	11,9	1,2	5,4	10,1	2,2	4,6	Onbekend
35	1083,1	Matig voedselarm	11,6	1,7	6,1	6,7	1,9	3,5	N-limitatie
36	3181,9	Licht voedselrijk	11,4	2,0	6,8	5,8	1,7	3,5	N-limitatie
37	1057,5	Matig voedselarm	12,1	1,3	7,0	9,7	1,7	5,6	N-limitatie
38	4556,9	Licht-matig voedselrijk	24,8	1,0	10,4	25,0	2,4	10,4	P- of N/P co-limitatie

Bijlage 8: Overzicht van de bodemchemische parameters en berekende verschrallingsduur

Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op één diepte (in cm onder maaiveld) op de verschillende locaties. OS = organisch stofpercentage (%); V = vochtpercentage (%); MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; P = fosfor/fosfaat, Al = aluminium, Ca = calcium, Fe = ijzer, K = kalium, Mg = magnesium, S = zwavel, NO₃ = nitraat, NH₄ = ammonium, Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), Pbs (% fosfor-beschikbaarheid) = (Olsen-P/P-t)*100%, BV = indicatieve basenverzadiging, FVG: fosfaat verzadigingsgraad (%), M3/M12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 5 mmol/l). De uitleg van de parameters en arcering staat in de bovenste tabel vermeld.

Org. stof	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	FVG	Maaien en afvoeren (M)	
%	µmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	%	jaren	
<5	<300	<3	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	<50	<10	<1	voldoende P-arm
5 - 10	300 - 500	3 - 5	150 - 250	10 - 20	4000 - 8000	20 - 50	1 - 5	50 - 100	50 - 100	10 - 25	1 - 10	kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
10 - 25	500 - 800	5 - 10	250 - 400	20 - 30	8000 - 15000	50 - 100	5 - 10	100 - 200	100 - 200	25 - 50	10 - 40	matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
25 - 50	800 - 1200	10 - 15	400 - 750	30 - 50	15000 - 25000	100 - 150	10 - 30	200 - 400	200 - 400	>50	40 - 80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	1200 - 1500	15 - 20	>750	50 - 100	25000 - 40000	150 - 300	30 - 50	400 - 800	400 - 800		80 - 200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
	1500 - 2000	20 - 30		>100	>40000	>300	50 - 100	800 - 1200	800 - 1200		200 - 400	ongeschikt voor verschralling I
	>2000	>30					>100	>1200	>1200		>400	ongeschikt voor verschralling II

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	P-O	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Ca-z	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	FVG	M3	M5	M8	M12
1	0-10	Organisch zand	37	31	0,4	590	4,4	35	15	50	2	5	11	33623	29,5	119	265	8	0	0	0	0
2	0-10	Organisch zand	37	51	0,4	1346	8,0	47	13	153	2	5	15	36001	112,3	3471	458	11	9	9	9	3
4	0-10	Zand	12	38	0,7	1053	19,2	99	41	414	4	11	14	79739	6,3	2409	893	12	43	32	14	0
5	0-10	Veen	44	51	0,4	646	3,1	38	4	13	2	2	11	21723	203,2	59	6284	5	0	0	0	0
6	0-10	Zand	17	28	0,7	1358	5,9	51	7	12	3	4	9	18268	149,2	256	721	17	3	3	3	2
8	0-10	Zand	8	11	0,9	574	3,3	92	5	19	4	7	5	8877	6,4	24	131	6	0	0	0	0
9	0-10	Organisch Zand	29	56	0,5	359	6,5	96	50	295	3	7	14	144631	0,0	796	927	2	3	0	0	0
10	0-10	Zand	24	49	0,5	445	5,5	82	31	225	2	6	14	88220	0,8	3849	1347	3	1	0	0	0
11	0-10	Zand	23	60	0,5	245	4,9	94	47	213	2	6	13	161844	1,4	73	4991	2	0	0	0	0
12	0-10	Veraard veen	34	78	0,2	205	3,9	46	27	86	2	6	12	195272	3,3	154	4178	5	0	0	0	0
13	0-10	Veen	70	84	0,2	131	5,6	38	65	85	1	3	19	391369	26,1	203	7674	4	0	0	0	0
14	0-10	Veen	73	81	0,2	206	6,8	33	107	119	2	5	21	461014	26,1	644	4361	3	0	0	0	0
15	0-10	Veraard veen	35	65	0,4	351	7,1	69	30	215	3	6	16	129070	8,9	49	10035	4	3	0	0	0
20	0-10	Zand	24	66	0,4	378	8,1	87	54	263	3	7	14	159510	26,4	53	4033	3	5	0	0	0
21	0-10	Veen	60	80	0,2	256	8,0	36	49	250	2	3	20	301324	56,5	80	12950	3	0	0	0	0
29	0-10	Veraard veen	32	72	0,3	592	11,1	90	28	112	4	7	18	136278	23,0	56	24431	13	17	5	0	0
30	0-10	Veraard veen	42	75	0,3	333	11,1	50	51	119	3	5	28	217623	26,3	54	27494	9	3	0	0	0
31	0-10	Veraard veen	40	75	0,3	429	10,3	117	51	144	3	6	23	278449	25,0	51	4299	8	10	0	0	0
32	0-10	Zand	5	21	1,2	475	2,5	150	5	38	9	13	3	3180	3,0	18	13	7	0	0	0	0
33	0-10	Veen	68	80	0,2	140	7,7	61	73	232	1	3	25	331363	18,4	58	20563	2	0	0	0	0
34	0-10	Veen	61	76	0,3	238	10,7	40	106	195	2	5	28	388245	15,5	90	7560	3	0	0	0	0
35	0-10	Zand	13	37	0,8	1554	6,4	44	7	32	2	3	12	19326	134,6	38	126	12	4	4	4	4
36	0-10	Zand	17	39	0,7	1794	8,3	44	12	16	3	4	12	42032	179,9	15	744	16	10	10	10	9
37	0-10	Zand	18	50	0,6	1053	11,3	110	21	61	4	6	14	72888	10,0	15	326	14	20	18	8	0
38	0-10	Veen	72	88	0,1	393	4,3	14	3	41	1	1	9	73112	51,5	1	33562	4	0	0	0	0



Toernooiveld 1
Mercator III gebouw
6525 ED Nijmegen

IBAN: NL23 RABO 0167 8984 93
BTW: NL 811402496B01
KvK: 09131250

024 212 2200
info@b-ware.eu
www.b-ware.eu

**Biogeochemical Water management
& Applied Research on Ecosystems**