



Zwarte Broek inrichtingsplan

Percelen Natuurmonumenten



Colofon

Opdrachtgever:	Natuurmonumenten
Titel:	Zwarte Broek inrichtingsplan
Status:	Definitief
Datum:	30 augustus 2023
Auteurs:	A.A.M. Kieskamp & H. Smeenge
Projectnummer:	22.30.729.01

© Coöperatie Bosgroep Midden Nederland u.a., augustus 2023

Postbus 8135

6710 AC EDE

t (0318) 67 26 26

f (0318) 67 26 27

www.bosgroepen.nl



1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Plangebied	3
1.3	Werkwijze	3
1.4	Relatie met watersysteem	5
2	Afwegingskader potenties en maatregelen	6
3	Potenties en knelpunten per onderzocht deelgebied	7
3.1	Noord	7
3.2	Oost	8
3.2.1	Kenschets	8
3.2.2	Natuurpotenties o.b.v. bodemtype	9
3.2.3	Hydrologie	12
3.2.4	Bodemchemie	16
3.3	Zuid	17
3.3.1	Kenschets	17
3.3.2	Natuurpotenties o.b.v. bodemtype	17
3.3.3	Hydrologie	20
3.3.4	Bodemchemie	23
3.4	West	23
3.4.1	Kenschets	23
3.4.2	Natuurpotenties o.b.v. bodemtype	24
3.4.3	Hydrologie	25
3.4.4	Bodemchemie	27
3.5	Perceel Veenenburgerweg (naast natuurgebied Bondte Vos)	29
3.5.1	Kenschets	29
3.5.2	Natuurpotenties o.b.v. bodemtype	29
3.5.3	Hydrologie	31
4	Maatregelen	34
4.1	Noord	34
4.2	Oost	34
4.3	Zuid	35
4.4	West	37
4.5	Veenenburgerweg (Bondte Vos)	38
4.6	Oosten Blankenhoefseweg (Alterra)	39
	Literatuur	42
	Bijlagen	3



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Zwarte Broek, in de buurt van Barneveld in de Gelderse Vallei, is een kleinschalig, eeuwenoud cultuurlandschap. De Gelderse Vallei bestaat van nature uit geïsoleerde dekzandlaagten, zonder langgerekte beekdalen die het water konden afvoeren. Door de gebrekkige afvoer is het gebied van oorsprong nat. Delen van het gebied zijn van oorsprong dan ook weinig geweest. Het Zwarte Broek was een vermoedelijk onderdeel of een randzone van een groot veencomplex. Vanaf de middeleeuwen is dit veen ontgonnen.

Natuurmonumenten bezit een aantal percelen die niet optimaal ontwikkeld zijn. Zij heeft de Bosgroepen gevraagd een inrichtingsplan voor deze percelen op te stellen. Dit plan is gebaseerd op eerder onderzoek door Alterra¹ aangevuld door de Bosgroepen met een watersysteemanalyse (WASA)² en een bodemreconstructiekartering.

1.2 Plangebied

Alterra heeft voor een aantal percelen een onderzoek t.b.v. inrichting uitgevoerd in 2007 (Figuur 1). In eerste instantie is alleen op de overige percelen aanvullend onderzoek gedaan (Figuur 1). Op basis van dat onderzoek bleek het wenselijk enkele van de percelen die al waren onderzocht door Alterra, toch te betrekken in de kartering, om een vollediger beeld te krijgen van de omvang van de slenkcontouren en natuurpotenties. Het onderzoek van Alterra had namelijk een iets andere scope waarbij de diepere bodemopbouw niet is onderzocht. Tevens is een perceel onderzocht aan de Veenenburgerweg waarvoor Natuurmonumenten ook de potenties en maatregelenadvies in beeld wilde hebben. Tot slot is er een deelgebied bij de Blankenhoefseweg (Figuur 1). Deze is niet door de Bosgroepen onderzocht. Gezien de complexiteit van het gebied (begraven en verstoorde bodems) en de ligging van het deelgebied in een kansrijke zone van Zwarte Broek is het advies alsnog aanvullend onderzoek te doen. Dit bestaat uit een bodemreconstructiekartering en bodemchemische analyses (lithostratigrafisch bemonsterd).

1.3 Werkwijze

Om **inrichtingsmaatregelen** voor de percelen in beeld te kunnen brengen, zijn de volgende stappen uitgevoerd:

1. **Bodemreconstructiekartering** waarbij is beschreven:
 - Het oorspronkelijke bodemtype volgens De Bakker & Schelling (1989)
 - Dikte van opgebrachte en/of verploegde grond
 - Dikte van de bouwvoor (indien van toepassing)
2. **Bodemchemisch onderzoek**: volgend op de lithostratigrafie (bodemopbouw) van het gebied. Door onderzoekcentrum B-WARE zijn vooral voedselrijkdom en buffering onderzocht op verschillende dieptes. Omdat in eerste instantie

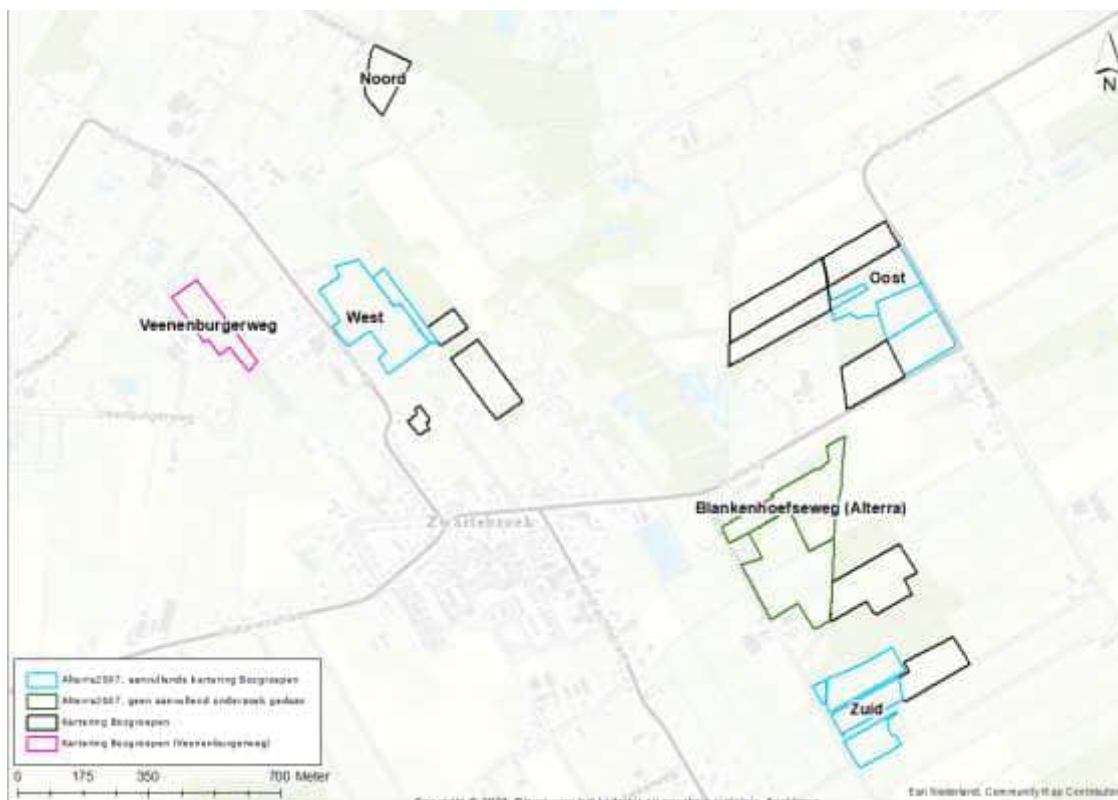
¹ Van Delft et al., 2007.

² Bosgroepen in voorbereiding.

het onderzoeksgebied kleiner was (zie vorige paragraaf) is niet op alle percelen bemonsterd. Figuur 2. Het rapport van B-WARE is opgenomen als bijlage.

3. Uitwerking data in GIS

De bodemkartering is uitgevoerd in november 2022 waarna het bodemchemisch onderzoek is uitgevoerd door onderzoekcentrum B-WARE in diezelfde maand. In februari 2023 is de rest van de bodemkartering uitgevoerd.



Figuur 1: Boorlocaties t.b.v. natuurpotenties en inrichtingsadvies in het oorspronkelijk onderzoeksgebied, later uitgebreid met blauw omliggende percelen en het perceel aan de Veenenburgerweg (bij natuurgebied de Bondte Vos). Onderzoekslocaties t.b.v. bodemchemie zijn gemarkeerd met bruine vierkante symbolen. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten besproken per deelgebied: noord, oost, zuid, west, Veenenburgerweg.



Figuur 2: Monsterlocaties bodemchemie door onderzoekcentrum B-WARE.

1.4 Relatie met watersysteem

De Bosgroep voert in opdracht van Natuurmonumenten een watersysteemanalyse (WASA) uit die in 2023 wordt opgeleverd. Deze geeft inzicht in de hydrologische situatie in Zwarte Broek en daarmee 1) de belangrijkste knoppen om aan te draaien om het gebied hydrologisch te verbeteren en 2) een inschatting welke delen van het gebied de hoogste potentie hebben op basis van de huidige hydrologie. Voorliggend maatregelenadvies is afgestemd op de uitkomsten van de WASA.



2 Afwegingskader potenties en maatregelen

Om tot maatregelen te komen, is allereerst belangrijk de natuurpotenties en de knelpunten van een gebied in kaart te brengen. Bij het inschatten van de natuurpotenties spelen de volgende factoren mee:

- Het aanwezige **bodemtype** en achterliggende hydrologische processen. Zo kunnen er zich vochtige schraallanden ontwikkelen op grondwatergevoede beekbedgronden en elzenbroekbossen op veengronden. Per deelgebied zijn in het volgende hoofdstuk de voorkomende bodemtypen en potentiële vegetatietypen beschreven.
- Mogelijkheden voor **hydrologisch herstel**. Voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur is in het Zwarte Broek hydrologische maatregelen urgent en randvoorwaardelijk. De resultaten van de WASA geven inzicht in de huidige hydrologische situatie en de potenties voor herstel (bijvoorbeeld aanwezigheid van sterk drainerende watergangen waar maatregelen aan kunnen worden uitgevoerd). Een ander punt is dat afgraven kan leiden tot laterale verdroging en daarmee verdere verzuring van aangrenzende natuur. Door het maken van maaiveldprofielen in het AHN is een inschatting gemaakt of dit risico zich voor zal doen na ontgraving. De ontgravingsdiepte dient in zo'n geval te worden teruggebracht boven het risiconiveau.
- Mogelijkheden voor **herstel van oorspronkelijk reliëf**. Herstel houdt in dat opgebrachte grond wordt verwijderd waarmee het oorspronkelijk reliëf in een gebied wordt hersteld. Naast het eerder genoemde risico van laterale verdroging van bestaande natuur kan overwogen worden de opgebrachte grond te behouden, wanneer de hydrologie niet optimaal kan worden hersteld.
- Mogelijkheden voor **afgraven voedselrijke (niet opgebrachte) bovengrond, zoals de bouwvoor**. Wanneer er geen grond is opgebracht maar de toplaag wel zeer voedselrijk is of anderszins verstoord (geploegd), kan worden overwogen alsnog (een deel van) de toplaag te verwijderen.
- **Creëren/behouden van robuuste eenheden**, zoals het uitbreiden van elzenbroekbos in het zuiden van het Zwarte Broek.

In het komende hoofdstuk worden bovenstaande punten besproken per deelgebied: noord, oost, zuid, west en het perceel aan de Veenenburgerweg (bij natuurgebied Bondte Vos). Voor de locatie van de deelgebieden, zie Figuur 1.

3 Potenties en knelpunten per onderzocht deelgebied

3.1 Noord

Deelgebied noord is een weinig kansrijk deelgebied voor natuurontwikkeling vanwege het kleine areaal, geïsoleerde ligging en voedselrijkdom tot op relatief grote diepte (ook onder de bouwvoor). Om voldoende natte en schrale omstandigheden te creëren moet dusdanig worden afgegraven dat het risico's op verdroging van aanliggende percelen met zich mee brengt, waarna de potenties op het perceel onzeker zijn vanwege het kleine areaal.

In Figuur 5 de bodemtypen en locaties met opgebrachte grond weergegeven. De bodemtypen geven inzicht in de vormingsgeschiedenis:

- Moerige eerdgronden: Door permanente natte omstandigheden is bij deze bodems veen ontwikkeld. Bij moerige eerdgronden is de veenlaag dun (<40 cm) en betreft het waarschijnlijk restveen als gevolg van de ontginning.
- Beekeerdgronden: Hier treedt meer grondwater uit, dat ijzerrijk is en in het bodemprofiel zichtbaar is aan roestvlekken. Het grondwater zakt in de zomer/nazomer van nature niet dieper weg dan 60–80 cm.
- Gooreerdgronden: De bodems komen voor op de overgang van ruggen naar de slenken. De randen vormen het kantelpunt tussen infiltratie in de zomer/nazomer en kwel in de winterperiode. Het grondwater treedt zijdelings uit en stroomt oppervlakkig d.w.z. over maaiveld of door de wortelzone van de vegetatie naar de lagere delen van de slenk.



Figuur 3: Gekarteerde bodemtypen in deelgebied noord en locaties met opgebrachte grond. De labels geven de dikte van de opgebrachte grond in cm weer.

3.2 Oost

3.2.1 Kenschets

Deelgebied oost bestaat uit twee bestaande boskernen omringd door voedselrijke graslanden die een stuk hoger liggen dan het bos. De bossen liggen op rabatten. De kern van het zuidelijke bosje bevat een goed ontwikkelde grotezeggenvegetatie en weinig ruigtekruiden (Figuur 4). Aan de randen is er wel verruiging door een combinatie van iets hogere ligging, diepe ontwatering en stikstofinvang. Uit boringen blijkt dat het maaiveld van het bos intact is wat betekent dat het omliggende terrein in het verleden is opgehoogd, waarbij de oorspronkelijke veenbodems zijn begraven (zie volgende paragraaf).



Figuur 4: Zuidelijke bos, redelijk goed ontwikkeld met zegges en weinig ruigtekruiden.

De watersysteemanalyse³ wijst uit dat dit deelgebied de hoogste potentie heeft van de onderzochte deelgebieden voor herstel van natte, basenminnende natuur. Het ligt op de knikpunt van hoog (oost) naar laag (west), wat maakt dat hier grondwater uittreedt. Dat uit zich in een gebufferde bodem met op ca. 1 m diepte zelfs vrije kalk. Om de basen in maaiveld te krijgen, is echter hydrologisch herstel nodig, omdat nu een groot deel van het grondwater wordt afgevangen door de watergangen zoals de Rubberbeek en Bellemansbeek.

³ Watersysteemanalyse Bosgroepen in voorbereiding.



3.2.2 Natuurpotenties o.b.v. bodemtype

Met een bodemkartering zijn de oorspronkelijke bodemtypen van het deelgebied in beeld gebracht. Figuur 5 laat het bodemtype per boorlocatie zien. Deze geven inzicht in de vormingsgeschiedenis:

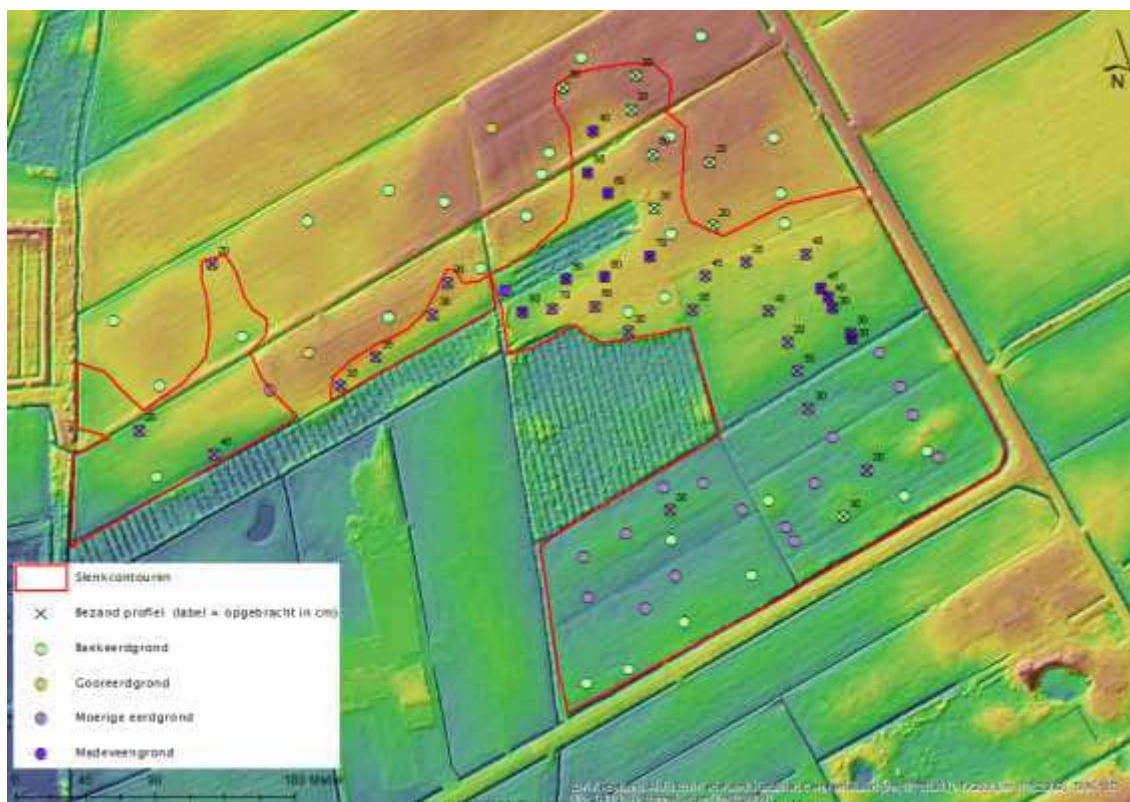
- Moerige eerdgronden en madeveengronden: Door permanente natte omstandigheden is bij deze bodems veen ontwikkeld. Bij broekeerdgronden is de veenlaag dun en betreft het waarschijnlijk restveen als gevolg van de ontginning. Bij madeveengronden is het veenpakket dikker dan 40 cm en is de toplaag verdroogd. Een groot deel van de veenbodems is begraven. Begraven veengronden worden in de bodemkunde ook wel meerveengronden genoemd.
- Beekeerdgronden: Hier treedt meer grondwater uit, dat ijzerrijk is en in het bodemprofiel zichtbaar is aan roestvlekken. Het grondwater zakt in de zomer/nazomer van nature niet dieper weg dan 60–80 cm.
- Gooreerdgronden: De bodems komen voor op de overgang van ruggen naar de slenken. De randen vormen het kantelpunt tussen infiltratie in de zomer/nazomer en kwel in de winterperiode. Het grondwater treedt zijdelings uit en stroomt oppervlakkig d.w.z. over maaiveld of door de wortelzone van de vegetatie naar de lagere delen van de slenk.

Op basis van de bodemtypen zijn historische slenkcontouren ingetekend in Figuur 5. De bodemtypen geven een goed beeld van de potentiële natuurtypen ter plekke. Deze zijn per bodemtype weergegeven in Tabel 1. In afstemming met Natuurmonumenten is gekomen tot een natuurpotentiekaart zoals weergegeven in Figuur 6. Deze is voor de overige deelgebieden niet vervaardigd maar kan worden afgeleid uit de vertaaltabel die voor elk deelgebied is opgenomen.

De oorspronkelijk bodems binnen de historische slenken met veen zijn grotendeels begraven. De dikte van de opgebrachte grond is weergegeven in Figuur 5. Om de natuurpotenties op de oorspronkelijke bodemtypen te kunnen realiseren, is dus herstel van het reliëf noodzakelijk, door de opgebrachte grond te verwijderen.

Tabel 1: Potenties voor korte vegetatie en bos per bodemtype in geval van een hydrologisch en bodem- en hydrochemisch optimale situatie.

Bodemtype	Potentie korte vegetatie	Potentie bos
Gooreerdgronden	Vochtig heischraal grasland	Berken-zomereikenbos
Beekeerdgronden	Blauwgrasland	Vogelkers-essenbos
Moerige eerdgronden, veengronden	Blauwgrasland, dotterbloemhooiland	Elzenbroekbos



Figuur 5: Bodemtype per boorlocatie en de (historische) slenkcontour op basis van de bodemtypen en de hoogtekaart (AHN3). Begraven bodems zijn gemarkeerd met een kruis, het label geeft de dikte van de opgebrachte laag aan in cm (zie paragraaf 3.2.2.). De slenkcontouren lopen door buiten de begrenzing van het plangebied, maar zijn daar niet ingetekend.



Figuur 6: Natuurpotenties op basis van het bodemtype, na uitvoeren van maatregelen t.b.v. hydrologie, voedselrijkdom en buffering.



Figuur 7: Voorbeeld van een oorspronkelijke veenbodem in deelgebied oost met ca. 70 cm opgebracht zand. Om hier elzenbroekbos te kunnen realiseren, is het naast het uitvoeren van hydrologische herstelmaatregelen, noodzakelijk om 70 cm af te graven.

3.2.3 Hydrologie

Gewenst

Voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur zoals elzenbroekbos is noodzakelijk dat de hydrologie op orde is. Per bodemtype zijn de optimale gemiddelde grondwaterstanden volgens het programma Waternood⁴ weergegeven in Tabel 2. In gezonde systemen staan de veengronden tot in het vroege voorjaar onder water. In de zomer zakken de waterstanden daar tot maximaal 30 cm onder maaiveld weg.

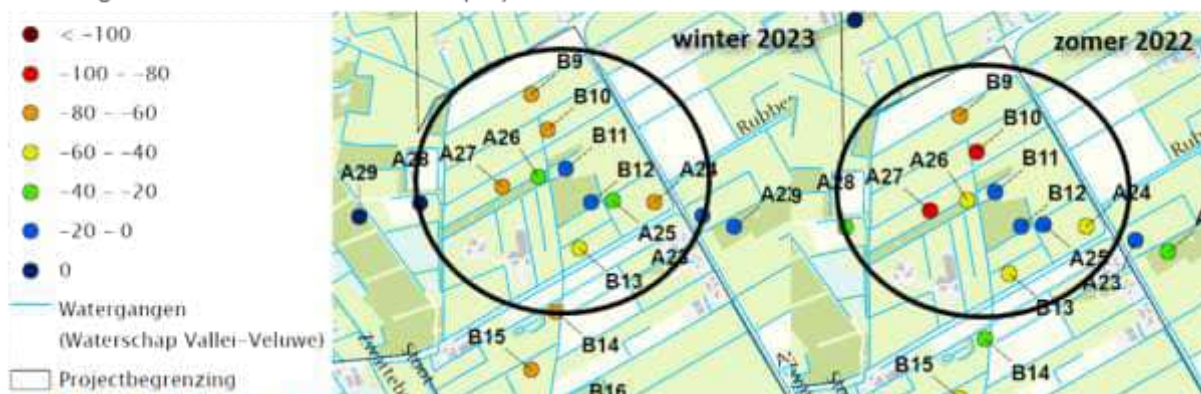
Tabel 2: Optimale GLG en GHG per bodemtype (bron: programma Waternood).

Bodemtype	Optimale GLG (cm-mv)	Optimale GHG (cm-mv)
Beekeerdgronden	60	0
Gooreerdgronden	80	10
Moerige eerdgronden, veengronden	30	0 of water op maaiveld

Huidig

In september 2022 en februari 2023 zijn in boorgaten waterstanden gemeten om een beeld te krijgen van de waterstanden in de GLG- en GHG-periode. Deze zijn vergeleken met de referentiewaterstanden uit Tabel 2. Het resultaat is een kaart met per boorlocatie het verschil tussen de gemeten waterstand en de referentie (Figuur 8), waarbij gecorrigeerd is voor opgebrachte grond. De kern van het gebied is redelijk op orde, tot 20 cm te droog, de hogere randen waren droger, met name tijdens de zomer.

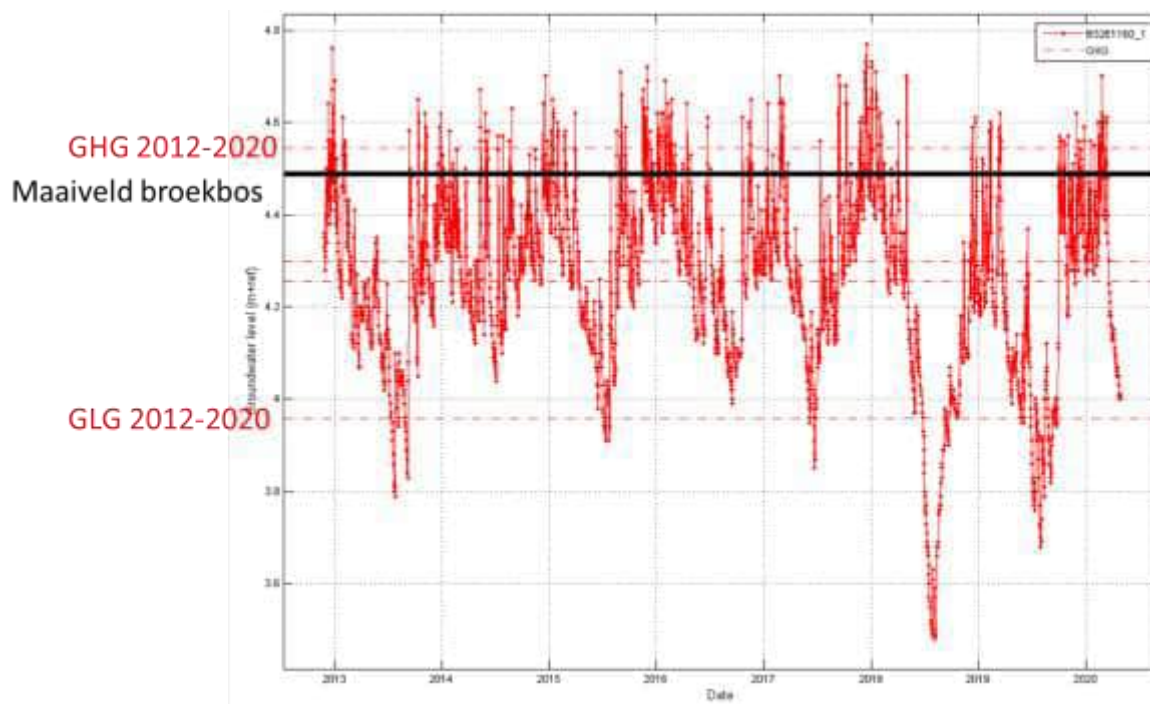
Verskil gemeten en referentiewaterstand (cm)



Figuur 8: Verskil gemeten en referentiewaterstand in de winter (2023) en zomer (2022). De kern (laagst gelegen deel) van het gebied is redelijk op orde (tot 20 cm te droog), de hogere randen hebben een groter verschil. De waarden zijn gecorrigeerd voor opgebrachte grond.

⁴ Applicatie met hydrologische randvoorwaarden, vervaardigd door Alterra en KWR in opdracht van de STOWA.

De peilbuis in het zuidoosten van het gebied heeft meetgegevens van 2012 tot en met 2020 (Figuur 9). De GLG zakt zo'n 50–60 cm weg ten opzichte van het maaiveld van het broekbos. Voor elzenbroekbos op veen mag de waterstand maximaal 30 cm wegzakken, het is dus in de huidige situatie zo'n 20 cm te droog, dat sluit aan bij Figuur 8. In de droge zomers van 2018 en 2019 waren de waterstanden wel nog lager (3,6–3,8 m+NAP; Figuur 9).



Figuur 9: Grondwaterstandsverloop in de peilbuis in het zuidoosten van het gebied. GHG en GLG over de periode 2012–2020 zijn weergegeven met rode stippellijnen. De zwarte lijn betreft het laagst gelegen broekbos.

Na hydrologisch herstel

Er ligt een aantal watergangen in en rondom het gebied die een verdrogende werking hebben.⁵ Het dempen/verondiepen van deze watergangen zal een positieve uitwerking hebben voor de hydrologie ten aanzien van grondwatergevoede natuur. In hoeverre de hogere delen van het gebied na het nemen van deze maatregelen voldoende nat zijn voor ontwikkeling van de potentiële natuurtypen uit Figuur 6, is nog onzeker. Wel zullen natuurwaarden profiteren van de nattere omstandigheden. Voor het bestaande broekbos en het aangrenzende te herstellen broekbos is wel de verwachting dat de hydrologie na de maatregelen op orde gaat zijn. In de huidige situatie is het net te droog.

Om te beoordelen of de voorgenomen ontgravingen niet tot verdroging van de broekbossen gaat leiden, is in Figuur 10 het afgraafadvies per boorlocatie weergegeven en daaronder een aantal maaiveldprofielen met het toekomstig maaiveld. Dit geeft een beeld van het nieuwe maaiveld ten opzichte van de bestaande

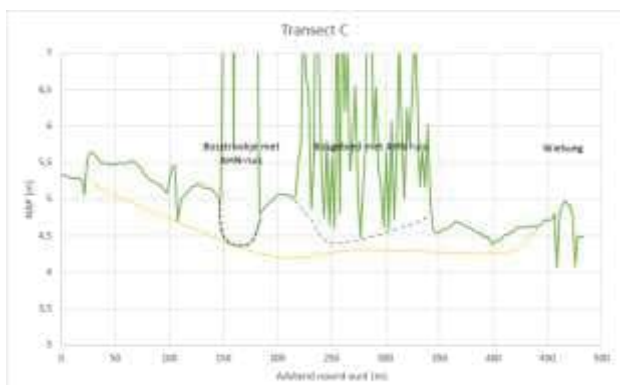
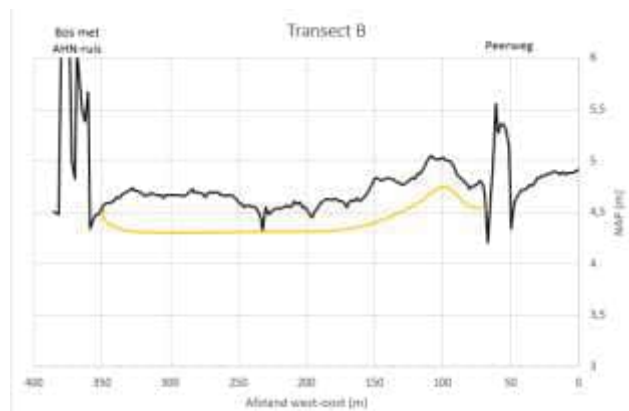
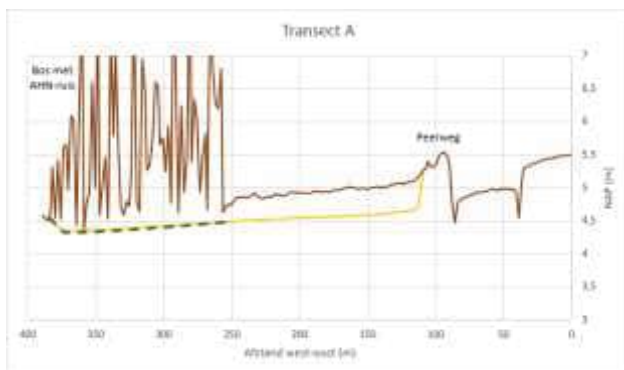
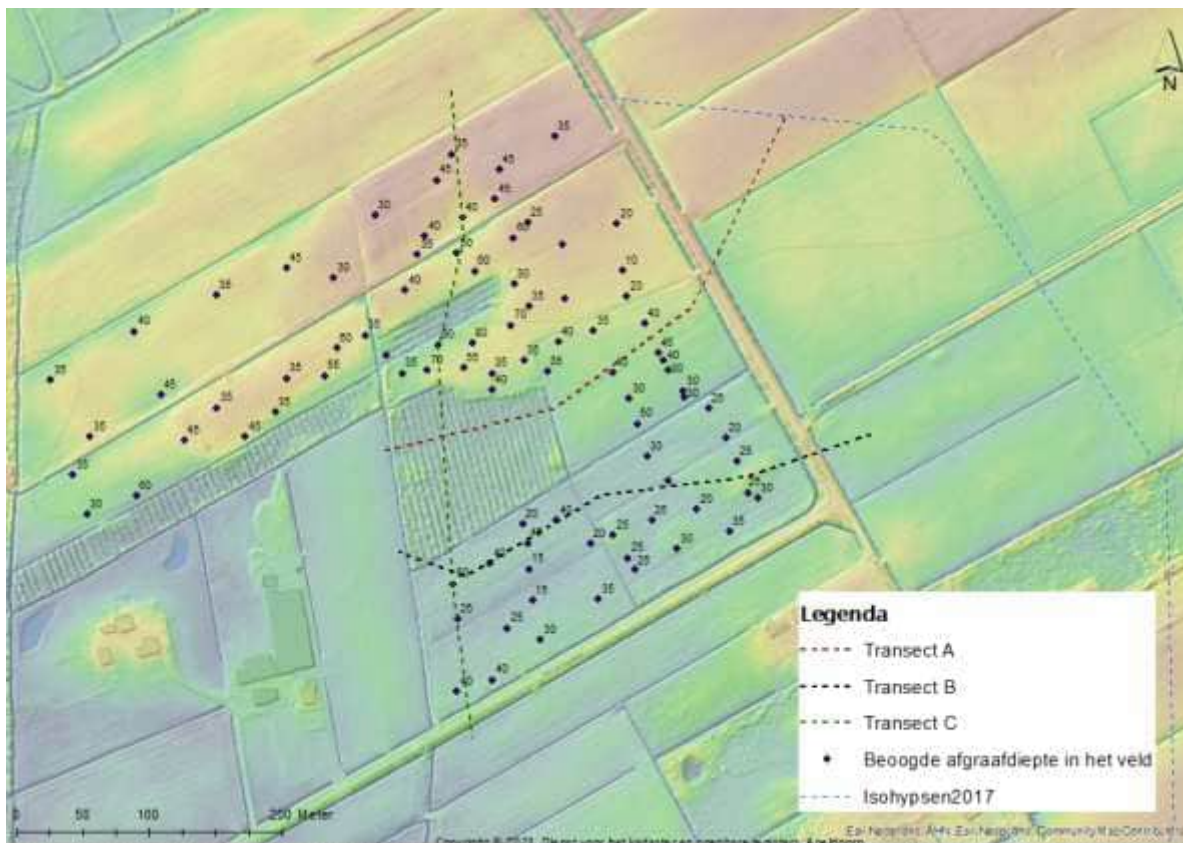
⁵ Watersysteemanalyse Bosgroepen in voorbereiding.



natuur. Het is onwenselijk als de ingerichte percelen lager komen te liggen dan de bestaande natuur, omdat er dan risico op verdroging bestaat van de bestaande natuur. De profielen laten zien dat wanneer alle opgebrachte grond en verstoorde gronden (gemineraliseerde en verploegde toplaag) worden ontgraven, er daar nergens sprake van is.

Het deelgebied ontvangt grondwater vanuit het oosten en noordoosten, op basis van het isohypsenpatroon (Figuur 10).⁶ Het water stroomt richting het westen en zal na ontgraving vermoedelijk via twee slenken richting het westen stromen. In de zuidelijke slenk ligt een kavelsloot.

⁶ www.grondwatertools.nl



Figuur 10: Hydrologische effectinschatting van de ontgraving van opgebrachte en sterk verrommelde grond ten opzichte van bestaande broekbos en mogelijkheden voor doorstroming. De gele lijn in de grafieken bevat het nieuwe maaiveld na ontgraving. Het AHN is sterk vertekend in bestaande bossen, waardoor een inschatting is gemaakt van het huidige maaiveld (groene stippellijnen). Ontgraving van verrommelde en opgebrachte grond leidt niet tot verdere verdroging van bestaande natuur.



3.2.4 Bodemchemie

Zoals in de kenschets beschreven is de ondergrond van het deelgebied gebufferd waarbij er op 1 m diepte vrije kalk is aangetroffen. Aanvullend op deze bevindingen heeft onderzoekcentrum B-WARE op een aantal locaties zowel binnen als buiten de historische slenkcontouren de bodem bemonsterd en geanalyseerd op voedselrijkdom en buffering.⁷

Buiten de slenkcontouren, op de zandgronden, is de bouwvoor rijk aan fosfaat. Dit belemmert de ontwikkeling van schrale natuurtypen. Verwijdering van de bouwvoor leidt tot schralere omstandigheden, maar de inschatting is dat op deze hogere delen hydrologisch herstel voldoende mogelijk is om ontwikkeling van waardevolle natuur van de grond te krijgen. Daarom is in afstemming met Natuurmonumenten besloten de hogere delen niet op te nemen in afgraafadvies.

Binnen de slenkcontouren blijkt de begraven bodem onder de opgebrachte grond zeer kalkrijk en voedselarm. Dit maakt het gebied bij hydrologisch herstel kansrijk voor ontwikkeling van gebufferde vegetatietypen zoals elzenbroekbos.

⁷ Visscher et al., 2023; zie bijlage 1.

3.3 Zuid

3.3.1 Kenschets

Deelgebied zuid bestaat uit een afwisseling van graslanden en broekbossen (Figuur 11). Het broekbos is plaatselijk redelijk goed ontwikkeld maar over het algemeen (sterk) verdroogd. Er zijn wel goede potenties voor ontwikkeling van grondwatergevoede, basenminnende natuur. Net als bij deelgebied oost is ook hier de bodem namelijk gebufferd en is er vrije kalk aangetroffen.⁸ Dat maakt dat het gebied hoge natuurlpotenties heeft indien er hydrologisch herstel kan plaatsvinden.



Figuur 11: Deelgebied zuid met rechts een sterk verruigd broekbos.

3.3.2 Natuurpotenties o.b.v. bodemtype

Via een bodemkartering zijn de oorspronkelijke bodemtypen van het deelgebied in beeld gebracht. Figuur 12 laat het bodemtype per boorlocatie zien. De bodemtypen geven inzicht in de vormingsgeschiedenis:

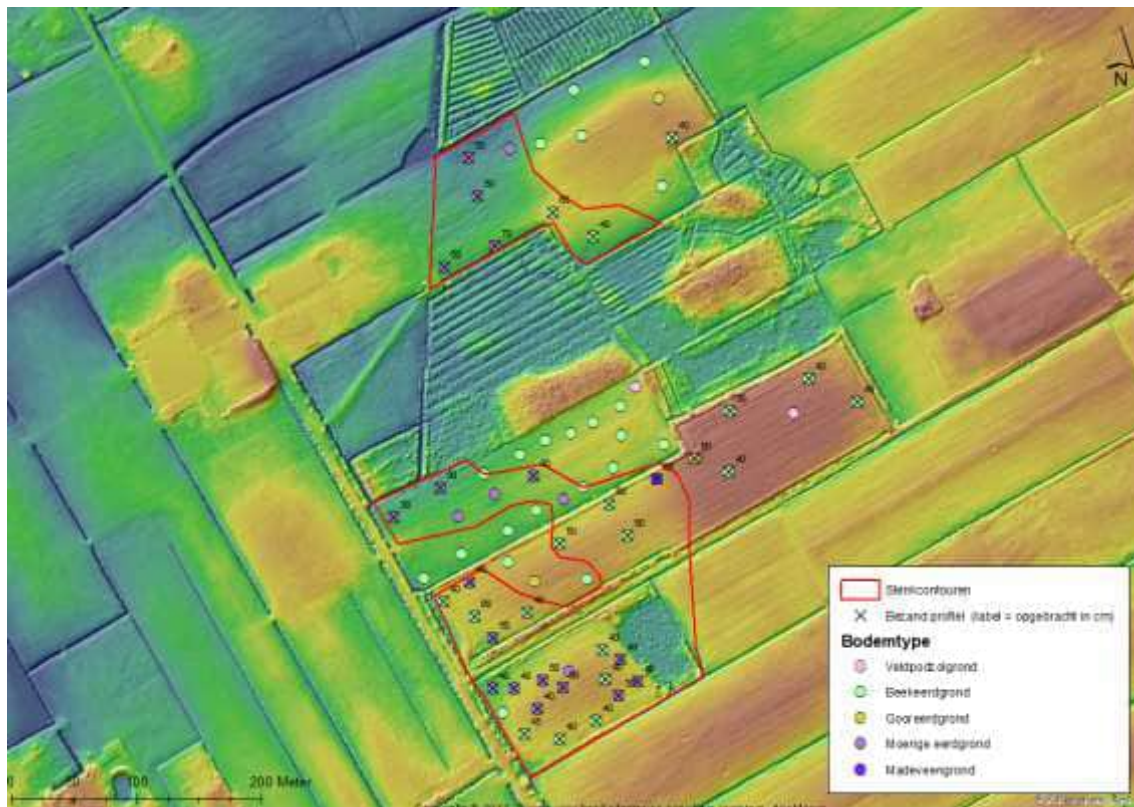
- Veldpodzolgronden: Deze zijn gevormd in dekzandkopjes/-ruggen door infiltrerend regenwater. De aangetroffen veldpodzolgrond in dit gebied bleek 'onthoofd', dat wil zeggen dat zand onder andere vanaf deze locatie waarschijnlijk is gebruikt om de omringende laagtes op te vullen.
- Moerige eerdgronden en madeveengronden: Door permanente natte omstandigheden is bij deze bodems veen ontwikkeld. Bij broekeerdgronden is de veenlaag dun en betreft het waarschijnlijk restveen als gevolg van de ontginning. Bij madeveengronden is het veenpakket dikker dan 40 cm en is

⁸ Watersysteemanalyse Bosgroepen in voorbereiding.

de toplaag verdroogd. Een groot deel van de veenbodems is begraven. Begraven veengronden worden in de bodemkunde ook wel meerveengronden genoemd.

- **Beekeerdgronden:** Hier treedt meer grondwater uit, dat ijzerrijk is en in het bodemprofiel zichtbaar is aan roestvlekken. Het grondwater zakt in de zomer/nazomer van nature niet dieper weg dan 60–80 cm.
- **Gooreerdgronden:** De bodems komen voor op de overgang van ruggen naar de slenken. De randen vormen het kantelpunt tussen infiltratie in de zomer/nazomer en kwel in de winterperiode. Het grondwater treedt zijdelings uit en stroomt oppervlakkig d.w.z. over maaiveld of door de wortelzone van de vegetatie naar de lagere delen van de slenk.

Een groot deel van de bodems is begraven en zouden volgens de kadastrale kaart uit 1832 kunnen worden geclassificeerd als 'jonge enkeerdgronden'. Dit wordt verder toegelicht na Figuur 12.



Figuur 12: Bodemtype per boorlocatie en de (historische) slenkcontour op basis van de bodemtypen en de hoogtekarte (AHN3). Begraven bodems zijn gemarkeerd met een kruis, het label geeft de dikte van de opgebrachte laag aan in cm (zie paragraaf 3.2.2.). De slenkcontouren lopen door buiten de begrenzing van het plangebied, maar zijn daar niet ingetekend.

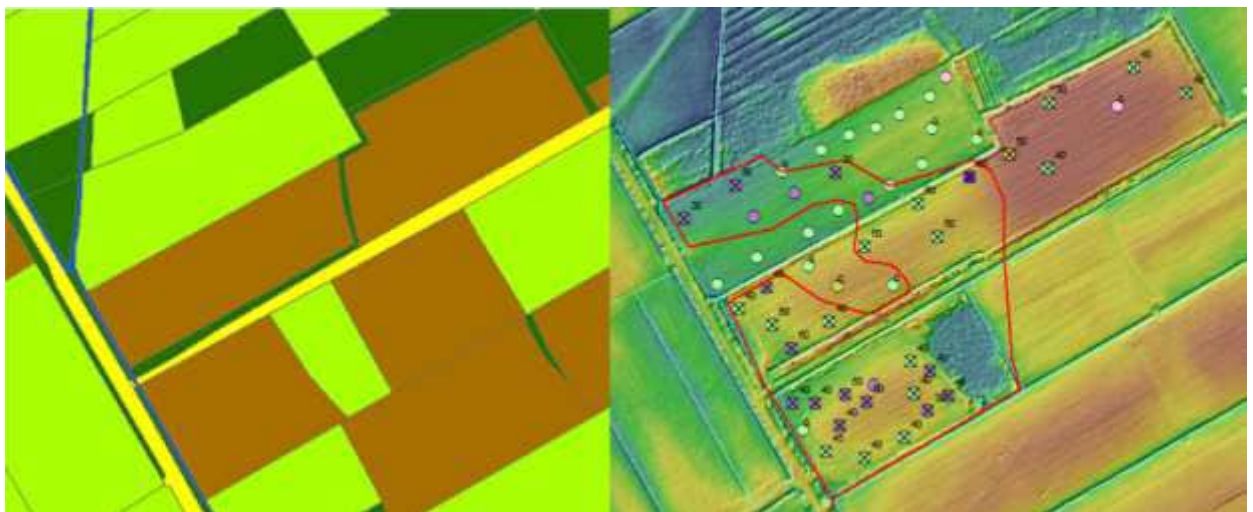
Een deel van het gebied is op de kadastrale kaart uit 1832 weergegeven als akker (Figuur 13). Dat suggereert dat de bodems kunnen classificeren als enkeerdgronden. Bij enkeerdgronden is (eeuwenlang) plaggen van de heide of uit beekdalen opgebracht om de vruchtbaarheid van het perceel te verhogen, voorafgaand aan de uitvinding van kunstmest in pakweg 1900. Enkeerdgronden zijn van

cultuurhistorische waarde en het is waardevol om dergelijke gronden te benutten als (kruiden- en faunarijke) akker. In Zwarte Broek is het echter onduidelijk in hoeverre het historische akkers met een plaggendeak betreft. Het is namelijk een historisch veengebied, dat buiten de oude bewoningsplaatsen valt, die juist op de hogere en drogere gronden gevestigd waren. Dit betekent dat de ontginningen relatief recent moeten zijn. Een mogelijkheid is dat tijdens de ontginning van het veengebied grond is vrijgekomen wat is benut voor het ophogen van percelen zoals in dit deelgebied.

Er zijn qua natuurpotenties en inrichting voor deze ‘jonge enkeerdgronden’ verschillende richtingen denkbaar:

1. Kruiden- en faunarijke akker ontwikkelen (de gronden zijn nu als grasland in gebruik)
2. De gronden blijven beheren als kruiden- en faunarijke grasland
3. De veengronden herstellen door de opgebrachte grond te verwijderen binnen de historische slenkcontour zoals aangegeven in Figuur 12.

Het vermoeden is dat het geen historisch waardevolle enkeerdgronden zijn in dit deelgebied, maar een relatief late ontginning van veengrond. Daarom is het advies om voor het westelijke deel van het gebied, waar van nature een doorlopende slenk aanwezig is, te gaan voor de derde optie en hier dus de slenk te herstellen door de opgebrachte grond te verwijderen. Deze richting draagt bij aan het robuuster maken van de bestaande boskernen via hydrologisch herstel en desgewenst kan het bos in de te herstellen slenken worden uitgebreid. Aan de oostzijde en op het dekzandkopje aan de noordzijde van het gebied liggen de akkers op een logischere plek in landschap, niet in een slenk. Daarom kan hier worden overwogen de gronden te blijven gebruiken als grasland of om te vormen naar akker (optie 1 of 2).



Figuur 13: Kadastrale kaart uit 1832 (HISGIS) met akkers (bruin), graslanden (lichtgroen) en bos (donkergroen). Rechts dezelfde uitsnede van de kaart uit



De natuurpotenties op basis van het bodemtype zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Potenties voor korte vegetatie en bos per bodemtype in geval van een hydrologisch en bodem- en hydrochemisch optimale situatie.

Bodemtype	Potentie korte vegetatie	Potentie bos
Veldpodzolgronden	Natte heide	Berken-zomereikenbos
Gooreerdgronden	Vochtig heischraal grasland	Berken-zomereikenbos
Beekeerdgronden	Blauwgrasland	Vogelkers-essenbos
Moerige eerdgronden, veengronden	Blauwgrasland, dotterbloemhooiland	Elzenbroekbos
'Jonge enkeerdgronden'	Kruiden- en faunarijk grasland Kruiden- en faunarijke akker	n.v.t.

3.3.3 Hydrologie

Gewenst

Uitgangspunt voor deze paragraaf is dat de slenken zoals weergegeven in Figuur 12 worden hersteld met ontwikkeling en versterking van grondwaterafhankelijke natuur als doel. Voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur zoals elzenbroekbos is noodzakelijk dat de hydrologie op orde is. Per bodemtype zijn de optimale gemiddelde grondwaterstanden volgens het programma Waternood⁹ weergegeven in Tabel 2. In gezonde systemen staan de veengronden tot in het vroege voorjaar onder water. In de zomer zakken de waterstanden daar tot maximaal 30 cm onder maaiveld weg.

Tabel 4: Optimale GLG en GHG per bodemtype (bron: programma Waternood).

Bodemtype	Optimale GLG (cm-mv)	Optimale GHG (cm-mv)
Beekeerdgronden	60	0
Gooreerdgronden	80	10
Moerige eerdgronden, veengronden	30	0 of water op maaiveld

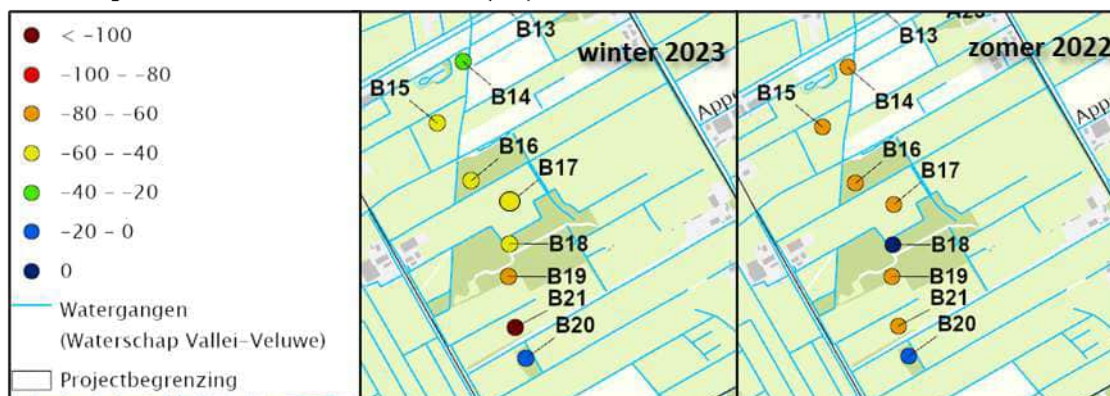
Huidig

In september 2022 en februari 2023 zijn boorgaten waterstanden gemeten om een beeld te krijgen van de waterstanden in zomer- en winterperiode. Deze zijn vergeleken met de referentiewaterstanden uit Tabel 4. Het verschil daartussen is opgenomen in Figuur 14. Het gebied is nu te droog voor de ontwikkeling van de potentiële natuurtypen uit Tabel 3. Het bosje in het zuidelijk deel is redelijk op orde.

⁹ Applicatie met hydrologische randvoorwaarden, vervaardigd door Alterra en KWR in opdracht van de STOWA.

Er staat geen peilbuis in of nabij het deelgebied om het verloop van de waterstanden gedurende een aantal jaren te kunnen raadplegen.¹⁰

Verskil gemeten en referentiewaterstand (cm)



Figuur 14: Verskil gemeten en referentiewaterstand in de winter (2023) en zomer (2022).

Na hydrologisch herstel

Het broekbos in het zuiden en het noordelijk deel van het noordelijke broekbos zijn hydrologisch gezien redelijk op orde. De rest van het gebied heeft te lage waterstanden in de huidige situatie voor grondwaterafhankelijke natuur. Naar verwachting zal het dempen en verondiepen van de watergangen in het gebied in combinatie met reliëfherstel (verwijderen op gebrachte grond) een aanzienlijke bijdrage leveren aan hydrologisch herstel. Uit de watersysteemanalyse blijkt dat de Bellemansbeek een stuk ten noorden een verdrogende invloed heeft, maar met name de watergang langs het westen voert veel water af in de winter en in het voorjaar (Figuur 15).

Als de af te graven percelen lager komen te liggen dan de bestaande natuur bestaat er een risico op verdroging van de bestaande natuur. Op basis van het AHN in combinatie met de dikte van de opgebrachte grond lijkt daar geen sprake van.

¹⁰ DINO-/BRO-loket



Figuur 15: Watergang ten westen van het deelgebied, harde stroming en afvoer van kwel (februari 2023; meting door W. Zwaneveld van Natuurmonumenten in samenwerking met de Bosgroepen).

3.3.4 Bodemchemie

Zoals in de kenschets beschreven is de ondergrond van het deelgebied gebufferd waarbij er op 1 m diepte vrije kalk is aangetroffen. Aanvullend op deze bevindingen heeft onderzoekcentrum B-WARE op een aantal locaties zowel binnen als buiten de historische slenkcontouren de bodem bemonsterd en geanalyseerd op voedselrijkdom en buffering.¹¹

De potenties zijn wisselend, op een aantal plekken is de bodem tot op grote diepte (ook onder de opgebrachte grond) voedselrijk, hoge concentraties Olsen-P (vrij beschikbaar fosfaat). Op een aantal locaties is de bodem daaronder voldoende schraal voor natuurontwikkeling. De ontwikkeling is dus mogelijk na afgraven en hydrologisch herstel wisselend succesvol. De verwachting is dat als de hydrologie voldoende op orde is, dus voldoende hoge waterstanden én voldoende doorstroming en geen stagnatie, de ontwikkeling de goede kant op zal gaan.¹²

3.4 West

3.4.1 Kenschets

Deelgebied west bestaat uit graslanden (Figuur 16) ingeklemd tussen een moerasbos (zuidoost), broekbos op rabat (oost) en een huisperceel en de weg in het westen. Dwarsprofielen uit de watersysteemanalyse laten zien dat het gebied op een locatie ligt waar ondiepe leemlagen ontbreken waardoor grondwater omhoog komt. De ondergrond is echter minder gebufferd dan bij de deelgebieden zuid en oost.



Figuur 16: Deelgebied west.

¹¹ Visscher et al., 2023; zie bijlage 1.

¹² Visscher et al., 2023; zie bijlage 1.

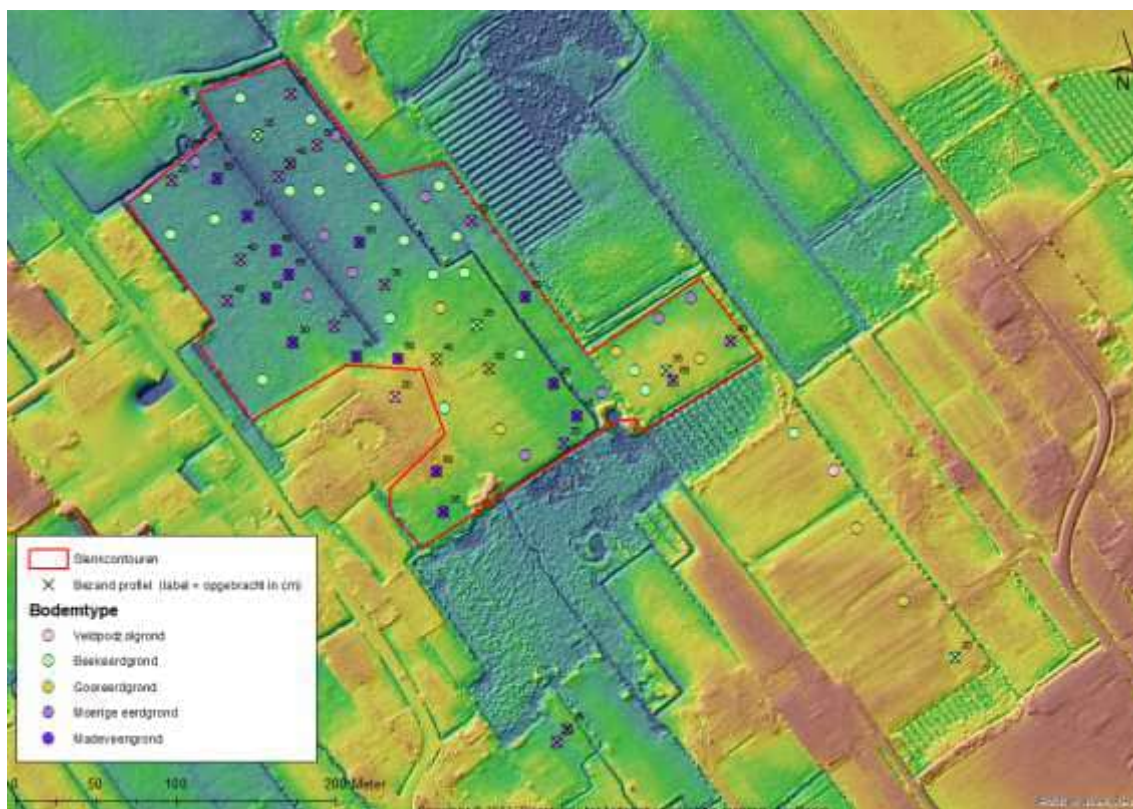


3.4.2 Natuurpotenties o.b.v. bodemtype

Met een bodemkartering zijn de oorspronkelijke bodemtypen van het deelgebied in beeld gebracht. Figuur 17 laat het bodemtype per boorlocatie zien. De bodemtypen geven inzicht in de vormingsgeschiedenis:

- Veldpodzolgronden: Deze zijn gevormd in dekzandkopjes/-ruggen door infiltrerend regenwater. Het zijn de hoogste delen in het landschap en in dit gebied veelal in gebruik als huisplaats. Vanuit deze huisplaatsen heeft men grond op de nabije omgeving uitgereden om de huisplaats te vergroten of het land beter te kunnen benutten. Dit betekent dat het AHN slechts beperkt bruikbaar is om natuurlijk reliëf af te lezen.
- Gooreerdgronden: De bodems komen voor op de overgang van ruggen naar de slenken. De randen vormen het kantelpunt tussen infiltratie in de zomer/nazomer en kwel in de winterperiode. Het grondwater treedt zijdelings uit en stroomt oppervlakkig d.w.z. over maaiveld of door de wortelzone van de vegetatie naar de lagere delen van de slenk.
- Beekeerdgronden: Hier treedt meer grondwater uit, dat ijzerrijk is en in het bodemprofiel zichtbaar is aan roestvlekken. Het grondwater zakt in de zomer/nazomer van nature niet dieper weg dan 60–80 cm.
- Moerige eerdgronden en madeveengronden: Door permanente natte omstandigheden is bij deze bodems veen ontwikkeld. Bij broekeerdgronden is de veenlaag dun en betreft het waarschijnlijk restveen als gevolg van de ontginning. Bij madeveengronden is het veenpakket dikker dan 40 cm en is de toplaag verdroogd. Een groot deel van de veenbodems is begraven. Begraven veengronden worden in de bodemkunde ook wel meerveengronden genoemd.

Op basis van de bodemtypen zijn historische slenkcontouren ingetekend in Figuur 17. De bodemtypen geven een goed beeld van de potentiële natuurtypen ter plekke. Deze zijn per bodemtype weergegeven in Tabel 5.



Figuur 17: Aangetroffen bodemtypen, waarvan grote delen zijn bezand in het verleden. Een groot deel van het onderzochte gebied was onderdeel van een slenk, die ook buiten het onderzochte gebied doorloopt, maar daar niet is ingetekend op kaart.

Tabel 5: Potenties voor korte vegetatie en bos per bodemtype in geval van een hydrologisch en bodem- en hydrochemisch optimale situatie.

Bodemtype	Potentie korte vegetatie	Potentie bos
Veldpodzolgronden	Natte heide	Berken-zomereikenbos
Gooreerdgronden	Vochtig heischraal grasland	Berken-zomereikenbos
Beekveerdgronden	Blauwgrasland	Vogelkers-essenbos
Moerige eerdgronden, veengronden	Blauwgrasland, dotterbloemhooiland	Elzenbroekbos

3.4.3 Hydrologie

Gewenst

Voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur zoals elzenbroekbos is noodzakelijk dat de hydrologie op orde is. Per bodemtype zijn de optimale gemiddelde grondwaterstanden volgens het programma Waternood¹³ weergegeven in Tabel 6. In gezonde systemen staan de veengronden tot in het vroege voorjaar onder water. In de zomer zakken de waterstanden daar tot maximaal 30 cm onder maaiveld weg.

¹³ Applicatie met hydrologische randvoorwaarden, vervaardigd door Alterra en KWR in opdracht van de STOWA.

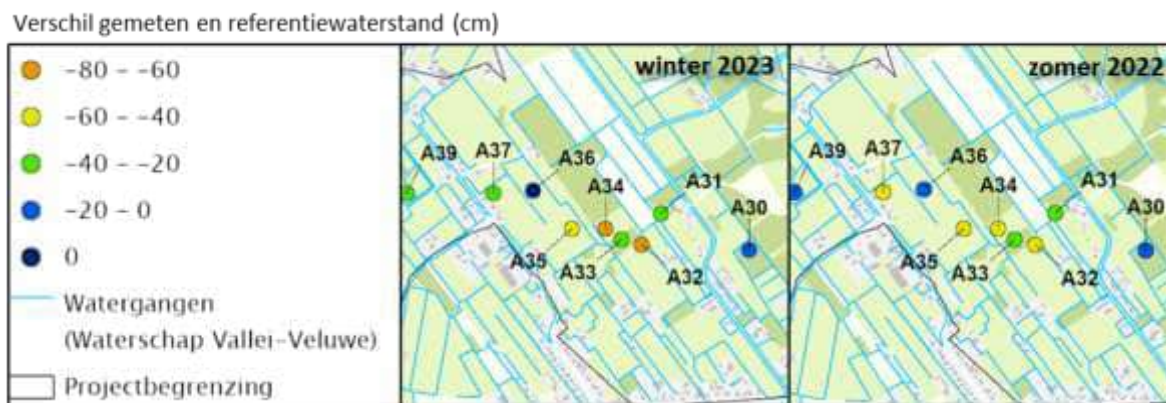
Tabel 6: Optimale GLG en GHG per bodemtype (bron: programma Waternood).

Bodemtype	Optimale GLG (cm-mv)	Optimale GHG (cm-mv)
Beekeerdgronden	60	0
Gooreerdgronden	80	10
Moerige eerdgronden, veengronden	30	0 of water op maaiveld

Huidig

In september 2022 en februari 2023 zijn boorgaten waterstanden gemeten om een beeld te krijgen van de waterstanden in zomer- en winterperiode. Deze zijn vergeleken met de referentiewaterstanden uit Tabel 6. Het verschil daartussen is opgenomen in Figuur 148. Locatie A36 is vrijwel op orde. De overige locaties waren ten tijde van de metingen veelal te droog voor de ontwikkeling van de potentiële natuurtypen uit Tabel 5.

Er staat geen peilbuis in of nabij het deelgebied om het verloop van de waterstanden gedurende een aantal jaren te kunnen raadplegen.¹⁴



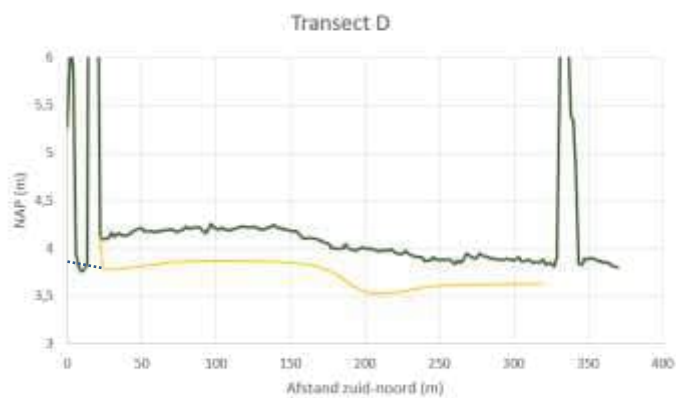
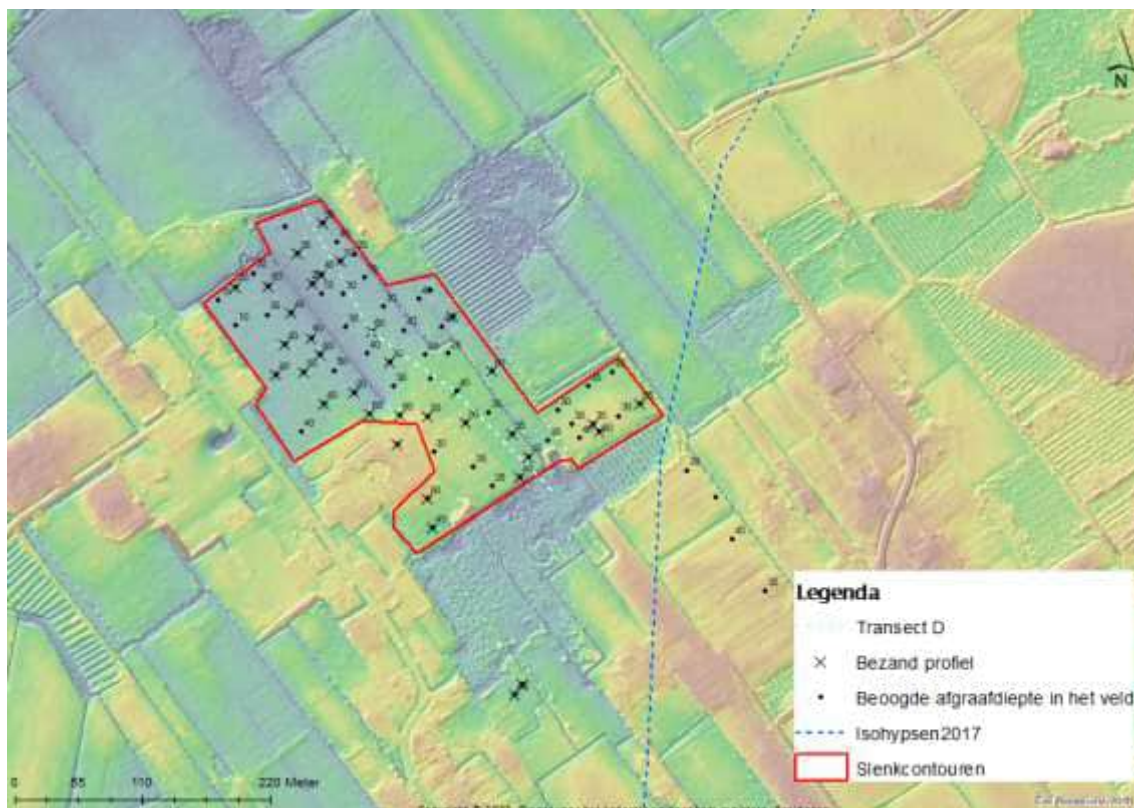
Figuur 18: Verskil gemeten en referentiewaterstand in de winter (2023) en zomer (2022).

Na hydrologisch herstel

De watergang tussen A34 en A35 (Figuur 18) heeft een verdrogend effect op het gebied en voerde ook na de droge zomer van 2022 nog water af. Er zijn dus goede kansen voor vernatting wanneer deze sloot wordt verondiept.

Verwijderen van opgebrachte grond leidt tot herstel van het gradiënt en lijkt op basis van Figuur 19 geen negatieve invloed te hebben op de aanliggende natte natuur (bos). Belangrijk is om een zekere doorstroming te garanderen om verzuring door stagnerend regenwater te voorkomen. De afvoer kan vanuit bestaande watergangen in de meest noordoostelijke punt van het gebied plaatsvinden. De huidige sloten kunnen daarvoor als basis dienen.

¹⁴ Geraadpleegd: DINO-loket.

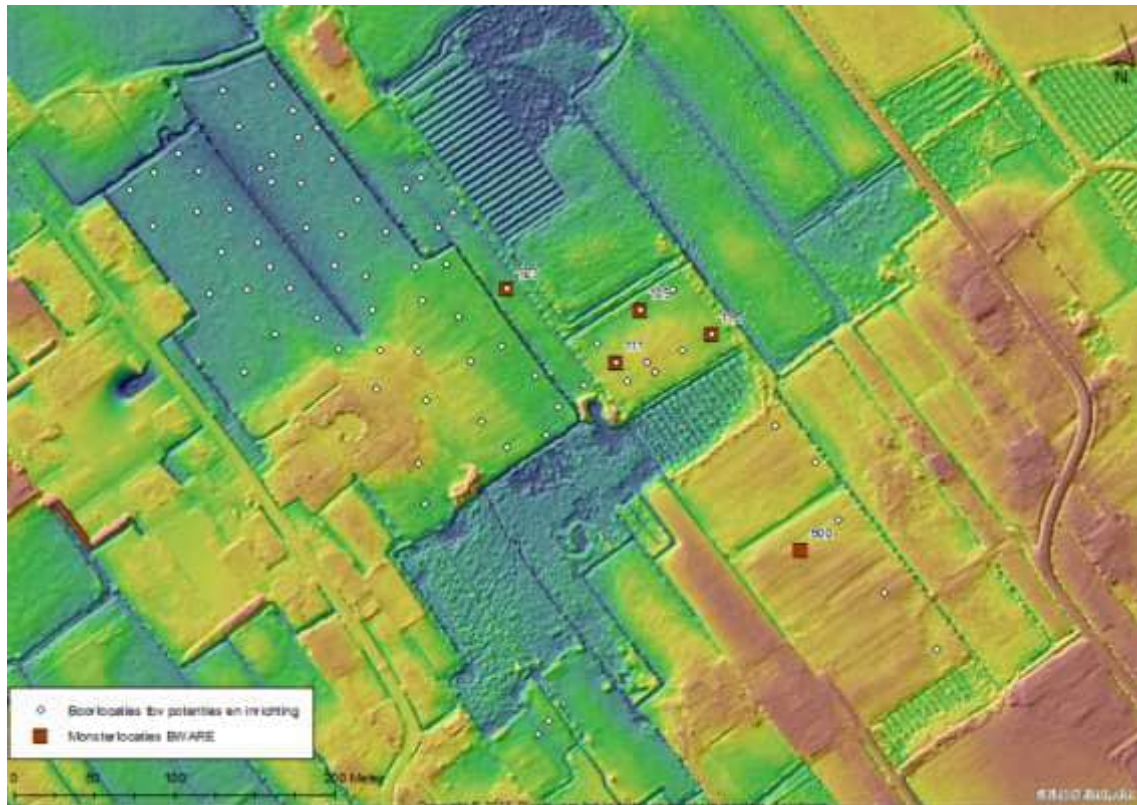


Figuur 19: Huidig maaiveld (groen) en na afgraven van opgebrachte/verstoorde grond (geel) van zuid naar noord, zie lichtblauwe stippellijn op de kaart. Het maaiveld van het bos in het zuiden is afgeleid van het AHN en metingen in het veld.

3.4.4 Bodemchemie

In het grootste gedeelte van het gebied (het westelijke perceel) heeft geen bodemchemisch onderzoek plaatsgevonden omdat dit perceel in een later stadium is toegevoegd aan het onderzoek. Het is daarom niet met zekerheid te zeggen of na ontgraving van opgebrachte grond eventuele problemen met fosfaatnalevering gaan plaatsvinden. Eventueel kan men de bodem onder de beoogde ontgravingsdiepte bemonsteren en onderzoeken om dit risico uit te sluiten. In het oosten is wel een aantal locaties onderzocht. Hieruit blijkt dat de begraven bodems kansrijk zijn voor

ontwikkeling van natuur zoals elzenbroekbos of soortenrijk moeras. De voedselrijkdom is beperkt tot de opgebrachte grond. In het zuiden is op één plek bemonsterd. Hier blijkt de voedselrijkdom beperkt tot de bouwvoor. Echter is in dit gebied de potentie lager dan in de rest van het deelgebied vanwege de hogere ligging en minder natuurlijke buffering. Het advies is in te zetten op herstel van grondwaterafhankelijke gebufferde vegetaties in de rest van het deelgebied.¹⁵



Figuur 20: Locaties bodemchemische analyses (bruine vierkante symbolen) in het westelijk deelgebied.

¹⁵ Visscher et al., 2023; zie bijlage 1.

3.5 Perceel Veenenburgerweg (naast natuurgebied Bondte Vos)

3.5.1 Kenschets

Het perceel aan de Veenenburgerweg betreft een terrein grenzend aan natuurgebied Bondte Vos (Figuur 21). Net als deelgebied west ligt dit terrein op een plek waar de ondiepe leemlagen in de bodem lijken te ontbreken waardoor in potentie dieper grondwater omhoog kan komen.¹⁶



Figuur 21: Natuurgebied Bondte Vos met op de voorgrond de watergang die tussen het natuurterrein en het perceel Veenenburgerweg ligt. Opvallend zijn de bacterievliezen op het water in de sloot die ijzerhoudend grondwater indiceren. De sloot heeft een negatief effect op het natuurreservaat.

3.5.2 Natuurpotenties o.b.v. bodemtype

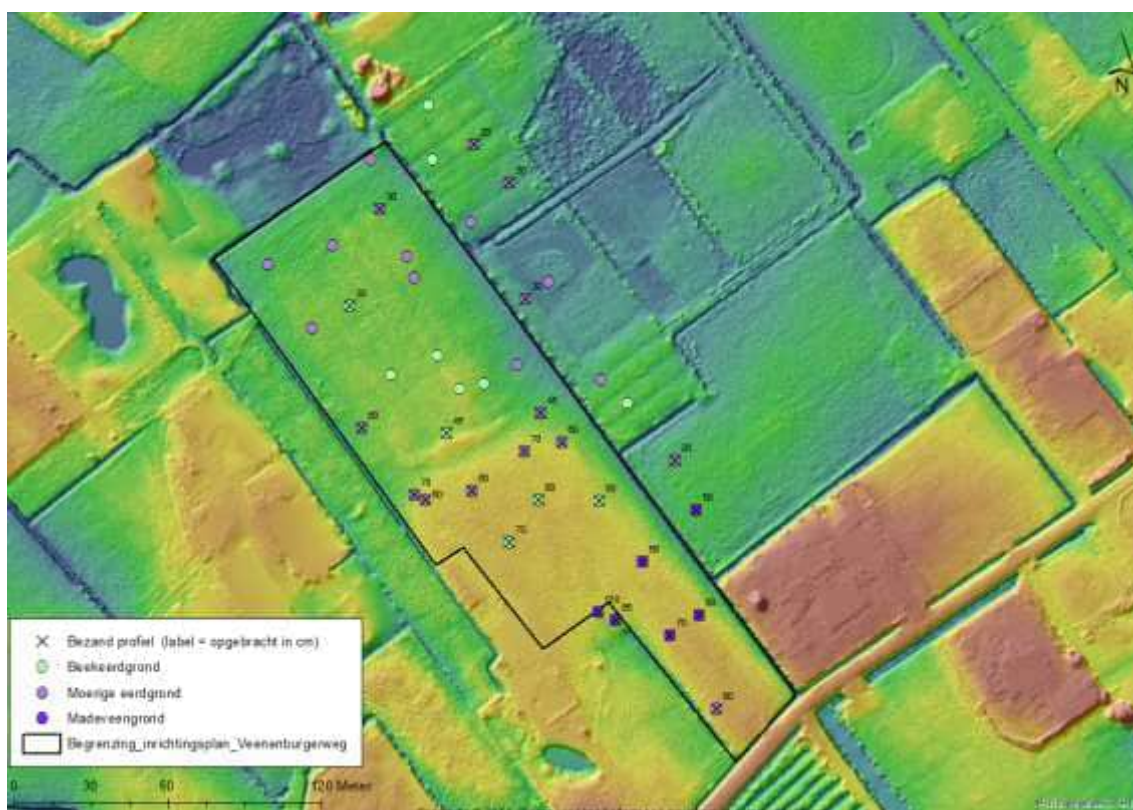
Met een bodemkartering zijn de oorspronkelijke bodemtypen van het deelgebied in beeld gebracht. Figuur 22 laat het bodemtype per boorlocatie zien. Het gehele zuidelijke deel was tot 1962 bos en is toen ontgonnen.¹⁷ Het maaiveld is toen met ongeveer 70 cm zand uit Nijkerk verhoogd (mon. med. Dhr. Van Veen). Het noordelijk deel is redelijk intact. De volgende bodemtypen zijn aangetroffen:

¹⁶ Watersysteemanalyse Bosgroepen in voorbereiding.

¹⁷ Topotijdreis.nl

- **Beekeerdgronden:** Hier treedt meer grondwater uit, dat ijzerrijk is en in het bodemprofiel zichtbaar is aan roestvlekken. Het grondwater zakt in de zomer/nazomer van nature niet dieper weg dan 60–80 cm.
- **Moerige eerdgronden en madeveengronden:** Door permanente natte omstandigheden is bij deze bodems veen ontwikkeld. Bij broekeerdgronden is de veenlaag dun en betreft het waarschijnlijk restveen als gevolg van de ontginning. Bij madeveengronden is het veenpakket dikker dan 40 cm en is de toplaag verdroogd. Een groot deel van de veenbodems is begraven. Begraven veengronden worden in de bodemkunde ook wel meerveengronden genoemd.

De natuurpotenties per bodemtype zijn weergegeven in Tabel 7.



Figuur 22: Aangetroffen bodemtypen in het eigendom van Van Veen, grenzend aan natuurgebied de Bondte Vos ten noordoosten waar ook enkele boringen zijn gedaan. De stippen met een kruisje zijn bezande profielen (opgebrachte grond).

Tabel 7: Potenties voor korte vegetatie en bos per bodemtype in geval van een hydrologisch en bodem- en hydrochemisch optimale situatie.

Bodemtype	Potentie korte vegetatie	Potentie bos
Beekeerdgronden	Blauwgrasland	Vogelkers-essenbos
Moerige eerdgronden, veengronden	Blauwgrasland, dotterbloemhooiland	Elzenbroekbos

De oorspronkelijk bodems zijn grotendeels begraven. De dikte van de opgebrachte grond is weergegeven in Figuur 22. Om de natuurpotenties op de oorspronkelijke



bodemtypen te kunnen realiseren, is herstel van het reliëf noodzakelijk, door de opgebrachte grond te verwijderen.

3.5.3 Hydrologie

Gewenst

Voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur zoals elzenbroekbos is noodzakelijk dat de hydrologie op orde is. Per bodemtype zijn de optimale gemiddelde grondwaterstanden volgens het programma Waternood¹⁸ weergegeven in Tabel 8. In gezonde systemen staan de veengronden tot in het vroege voorjaar onder water.

Tabel 8: Optimale GLG en GHG per bodemtype (bron: programma Waternood).

Bodemtype	Optimale GLG (cm-mv)	Optimale GHG (cm-mv)
Beekeerdgronden	60	0
Moerige eerdgronden, veengronden	30	0 of water op maaiveld

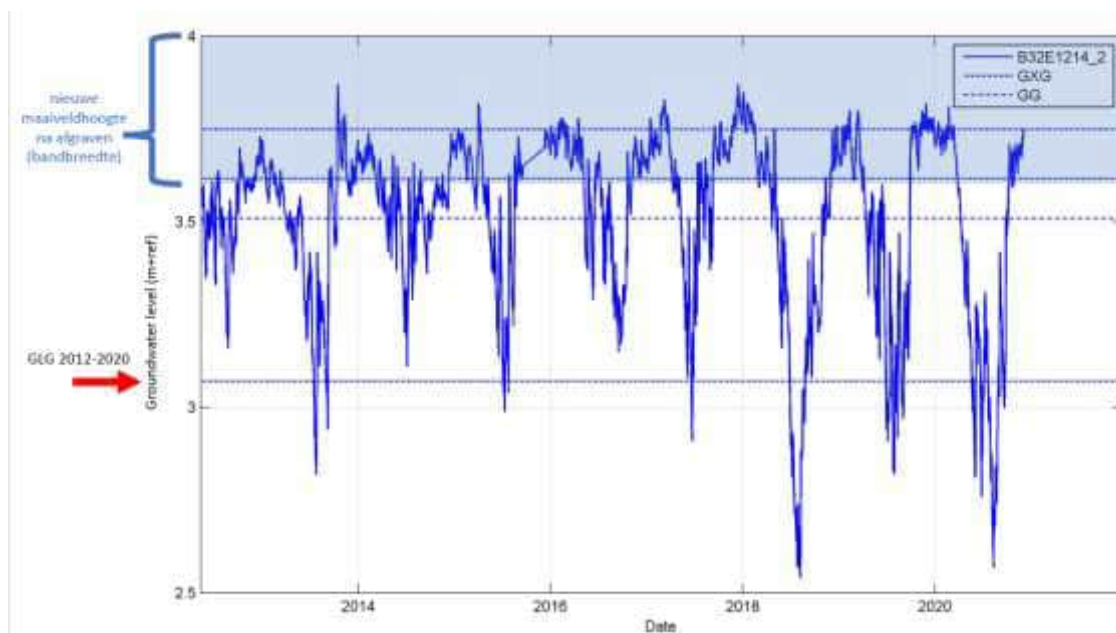
Huidig

De peilbuis in het aangrenzende perceel (Bondte Vos) in het oosten heeft meetgegevens van 2012 tot en met 2020. De GLG, GVG en GHG over deze periode zijn respectievelijk ca. **3,1, 3,6 en 3,75 m+NAP** (Figuur 23). Het maaiveld na afgraven van opgebrachte en verstoorde grond varieert tussen de 3,7 en 4,0 m+NAP (zie ook verderop in Figuur 24). Figuur 23 met het waterstandverloop in de peilbuis geeft in blauw deze bandbreedte weer in relatie tot de GxGs volgens de peilbuis. De waterstanden komen uitgaande van de huidige hydrologie (zonder maatregelen aan de watergangen) tot in of net onder maaiveld in de winter. In de zomer zakken de waterstanden dan tot 50–90 cm onder maaiveld weg. Dat is voor beekeerdgronden aan de droge kant (maximaal 60 cm-mv), voor veengronden te droog (maximaal 30 cm-mv). Vernatting is dus nodig voor optimale ontwikkeling grondwaterafhankelijke natuur.

In de watersysteemanalyse zijn geen waterstandsmetingen gedaan in het perceel zelf, maar wel op twee locaties in de Bondte Vos, in september 2022 en februari 2023. Vergelijking van deze waterstanden met de referentiewaterstanden uit Tabel 8 laat zien dat de waterstanden 20 tot 40 cm lager waren ten tijde van de metingen dan de referentiewaterstanden.¹⁹ Dit sluit aan bij de conclusies over de peilbuismeetreeks.

¹⁸ Applicatie met hydrologische randvoorwaarden, vervaardigd door Alterra en KWR in opdracht van de STOWA.

¹⁹ Watersysteemanalyse Bosgroepen in voorbereiding.



Figuur 23: Waterstandsverloop in de peilbuis in relatie tot het maaiveld na afgraven (blauwe balk) en de GLG 2012–2020. Het water komt na afgraven tot net onder of in maaiveld 's winters. In de zomer zakken de waterstanden dan tot 50 á 90 cm diep weg.

Na hydrologisch herstel

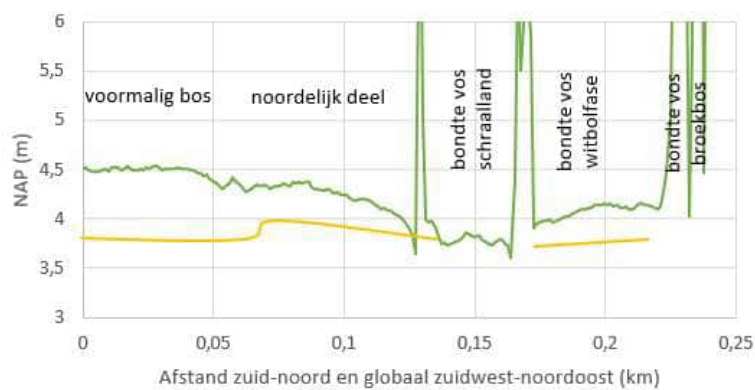
Op basis van de peilbuisgegevens is de huidige situatie niet geschikt voor de ontwikkeling van de eerder genoemde natuurdoeltypen. Het afgraven van de opgebrachte en verstoorde bovengrond verbetert de hydrologische situatie voor het perceel. Na afgraven van de bovengrond komt in het noordelijk deel de GHG tot aan maaiveld te staan. De GLG is na afgraven nog steeds aan de lage kant.

In het zuidelijk deel varieert de GHG tussen de +10 en –25 cm–mv na afgraven. De GLG varieert tussen de 50 en 90 cm–mv. De GHG komt in de buurt van de optimale GHG voor de ontwikkeling van blauwgrasland, dotterbloemhooiland of elzenbroekbos. De GLG zakt na afgraven nog steeds te diep weg.

Het verhogen van de GLG en GHG in het gebied door het dempen van watergangen vergroot de potentie voor de ontwikkeling van blauwgrasland, dotterbloemhooiland of elzenbroekbos. Op basis van het isohypsenpatroon is de stromingsrichting van het freatisch watervoerende pakket in west tot noordwestelijke richting. Het is belangrijk om een zekere doorstroming te garanderen om verzuring door stagnerend regenwater te voorkomen. Daarnaast is het belangrijk dat het bestaande schraalland Bondte Vos niet verdroogt doordat het onderzochte perceel te ver wordt afgegraven. Op basis van de hoogtekaart is dit geen risico, de maaiveldhoogte blijft hoger dan op Bondte Vos (Figuur 24).



Transect E



Figuur 24: Huidig maaiveld (groen) en na afgraven opgebrachte en verstoorte grond (geel) door het onderzochte gebied. Er wordt niet dieper afgegraven dan het maaiveld van Bondte Vos waardoor er geen risico is op verdroging van dit reservaat.



4 Maatregelen

Op basis van de potenties en knelpunten zijn in dit hoofdstuk per deelgebied de geadviseerde maatregelen beschreven die nodig zijn om de hydrologie, voedselrijkdom en buffering te herstellen.

4.1 Noord

Vanwege de beperkte potenties in het noordelijke deelgebied is het advies hier de vershraling te continueren via maaien/ afvoeren en verder in te zetten op herstel en verbetering van de natuur in de andere deelgebieden.

4.2 Oost

De geadviseerde maatregelen om goed ontwikkeld elzenbroekbos en dotterbloemhooiland (3.2.1) te kunnen realiseren, zijn weergegeven in Figuur 25. De maatregelen omvatten het volgende:

- Dempen van inliggende watergangen tot het nieuwe maaiveldniveau (na afgraven).
- Dempen van de bermsloot langs de Peerweg. Het water dat nu ten westen van de Peerweg stroomt, wordt bovenstrooms (vanuit het noorden) afgeleid richting het westen via een bestaande watergang.²⁰
- Dempen van de bermsloot langs de Wielweg.
- Verondiepen van de rest van de watergangen rondom de percelen.
- Afgraven opgebrachte grond (kruisjes in Figuur 25) en plaatselijk van voedselrijke/verstoorde grond. Benedenstrooms van de slenken (dus aan de westrand van het gebied) wordt een strook van een paar meter breed behouden. Deze strook kan dienen als onderhoudspad en voorkomt dat bij hoge waterstanden in parallelle watergangen voedselrijk water het natuurgebied in stroomt.
- Aanleg regelwerken in de onderhoudspaden (zie vorige punt) om te verzorgen dat water in het vroege voorjaar en bij piekbuien in de zomer afgelaten kan worden. Dit is noodzakelijk om verdrinking van flora en fauna te voorkomen in het groeiseizoen. Vanaf oktober mag het gebied weer vollopen met water.

²⁰ Mondelinge mededeling Natuurmonumenten werksessie mei 2023.



Figuur 25: Maatregelenadvies, voor toelichting zie tekst. Cijfers in de contouren zijn de afgraaftediepte in cm.

4.3 Zuid

Voor deelgebied Zuid zijn meerdere richtingen mogelijk die zijn geschetst in paragraaf 3.3. Als wordt gekozen de historische slenkstructuur te herstellen en te gaan voor grondwaterafhankelijke natuur (o.a. elzenbroekbos), zijn de volgende maatregelen noodzakelijk (Figuur 26):

- Hydrologisch herstel, waarbij interne ontwatering wordt gedempt en de diepe watergang ten westen van het perceel wordt verondiept
- Opgebrachte en verstoorte grond verwijderen
- Advies is om op twee locaties in het zandpad doorstroming vanuit het zuiden (o.a. bestaande bos) te kunnen garanderen. Dit kan bijvoorbeeld door middel van een voorde of duiker.

Als wordt gekozen voor herstel van kruiden- en faunarijke akkers (zie 3.3) wordt in ieder geval aanbevolen het gebied zoveel mogelijk hydrologisch te herstellen, ook ten behoeve van de bestaande natte natuur (broekbos).

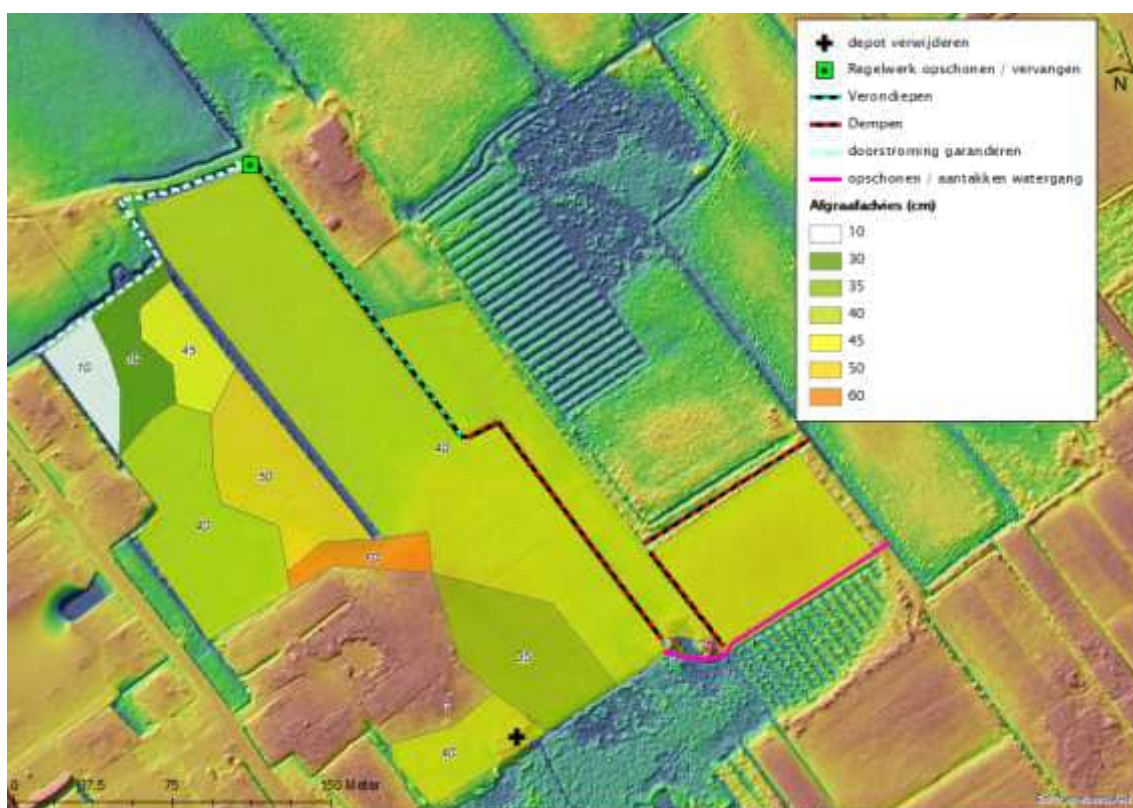


Figuur 26: Maatregelenadvies, voor toelichting zie tekst. Cijfers in de contouren zijn de afgraafdiepte in cm.

4.4 West

In deelgebied West zijn de volgende maatregelen noodzakelijk om grondwaterafhankelijke natuur te ontwikkelen en de bestaande natuur te versterken (Figuur 27):

- Dempen van de ontwatering op de zandrug waar kwel uitteedt
- Verondiepen van de watergang door veengrond tot gewenst GLG-niveau (30 cm diep)
- Om afwatering vanuit het zuiden te kunnen garanderen, is het nodig om de watergang vanuit het bos richting het oosten op te schonen en aan te takken op de ontwatering aan de oostzijde van het deelgebied.²¹
- Opgebrachte en verstoorde grond verwijderen
- Gronddepot met ruigtevegetatie (o.a. brandnetel) in het zuiden verwijderen
- Om afwatering in het vroege voorjaar en tijdens piekbuien te kunnen garanderen, moet doorstroming via de noordelijke watergang worden geoptimaliseerd. Waarschijnlijk moet de duiker onder de dam worden opgeschoond of vergroot. Ook is een regenwerk nodig in het noordoosten om het water goed te laten doorstromen richting het noorden. Hierdoor moet langdurige stagnatie van regenwater op grote schaal (het hele gebied) vanaf het vroege voorjaar worden voorkomen. Vanaf oktober mag het gebied weer vollopen met water.



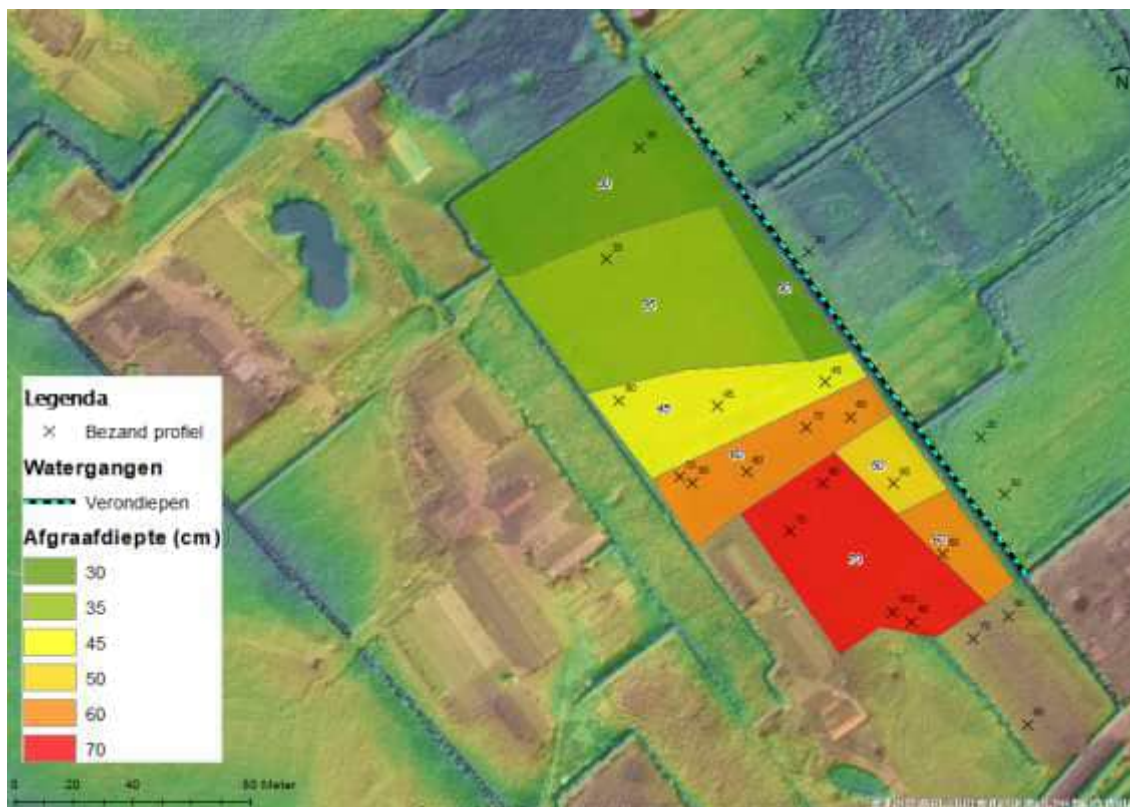
Figuur 27: Maatregelenadvies, voor toelichting zie tekst. Cijfers in de contouren zijn de afgraafdiepte in cm.

²¹ Besproken met Natuurmonumenten, werksessie mei 2023.

4.5 Veenenburgerweg (Bondte Vos)

Ondanks dat de hydrologie niet wordt aangetast na ontgraving van de opgebrachte en verstoorde grond, is er nog wel een kans op nalevering van voedingsstoffen. Er is geen bodemchemisch onderzoek uitgevoerd vanwege latere toevoeging van dit perceel aan de bodemkartering. Het is hoe dan ook van belang dat in de winter overtollig en mogelijk nog wat voedselrijk water kan worden afgevoerd via de watergangen.

Het dempen van de tussenliggende sloot en verbinden van beide percelen kan pas plaatsvinden als duidelijk wordt dat de maatregelen goed uitpakken. De oostelijke slootoever (rijpad van Bondte Vos) en eventuele ontgraving van opgebrachte grond uit de matig ontwikkelde delen van het natuurreservaat zijn daarom aan te bevelen als fase 2.



Figuur 28: Ontgravingsvlakken op basis van bodemverstoring.



4.6 Oosten Blankenhoefseweg (Alterra)

Tot slot is er een terrein van Natuurmonumenten dat niet is onderzocht door de Bosgroepen maar wel eerder door Alterra.²² Zij geven aan dat het perceel veelal uit beekeerdgronden (Zg) bestaat met op de hogere delen gooreerdgronden (Zn) en in het zuiden moerige eerdgronden (zWz) (Figuur 30). In de ondergrond is door hen 'lössleem' aangetroffen. Deze leem is ook tijdens de boringen van de watersysteemanalyse²³ aangetroffen (Figuur 29). De leem zorgt dat water minder goed kan infiltreren, waardoor het gebied van nature relatief snel nat is en blijft. In de huidige situatie is het terrein echter ontwaterd door onder andere de Bellemansbeek (Figuur 32). Alterra beschrijft dat de bouwvoor een te hoge fosfaattoestand heeft om succesvol schrale vegetaties te ontwikkelen. Bovendien is de laag onder de bouwvoor vaak ook te rijk.²⁴ Dit is het gevolg van bewerking van de percelen (horizontale pijlen in Figuur 30). Daarom adviseert Alterra geen ontgraving te doen en het natuurdoel bij te stellen c.q. de ambities te verlagen (Figuur 31). Uitzonderingen hierop zijn de vak 6B en 6G. Hier zou door afgraven van een deel van het perceel een betere uitgangssituatie verkregen worden. Door het niet afgraven van de hogere delen van het perceel kan de lokale kwelstroom versterkt worden.

De bodemreconstructiekartering op de andere deelgebieden wijzen uit dat de ondergrond complex is (opgebrachte en verstoorde grond). Daarom wordt geadviseerd ook in dit deelgebied een aanvullende bodemreconstructiekartering te doen. Bovendien ligt dit perceel in een kansrijke zone in Zwarte Broek met een gebufferde ondergrond (vrije kalk). Dat pleit eveneens voor het goed uitzoeken van de potenties en knelpunten op dit perceel. De verwachting is dat er meer uit dit perceel te halen is dan Alterra heeft ingeschat.

Uit de watersysteemanalyse blijkt dat Bellemansbeek in de huidige situatie een ontwaterend effect heeft op de percelen. De beek is ter hoogte van het deelgebied 1 meter diep.²⁵ De hydrologie van het deelgebied kan niet worden hersteld zonder de beek aan te pakken.

²² Van Delft et al., 2007.

²³ Watersysteemanalyse Bosgroepen in voorbereiding

²⁴ Van Delft et al., 2007. Er is bemonsterd variërend van 55 tot 70 cm diepte.

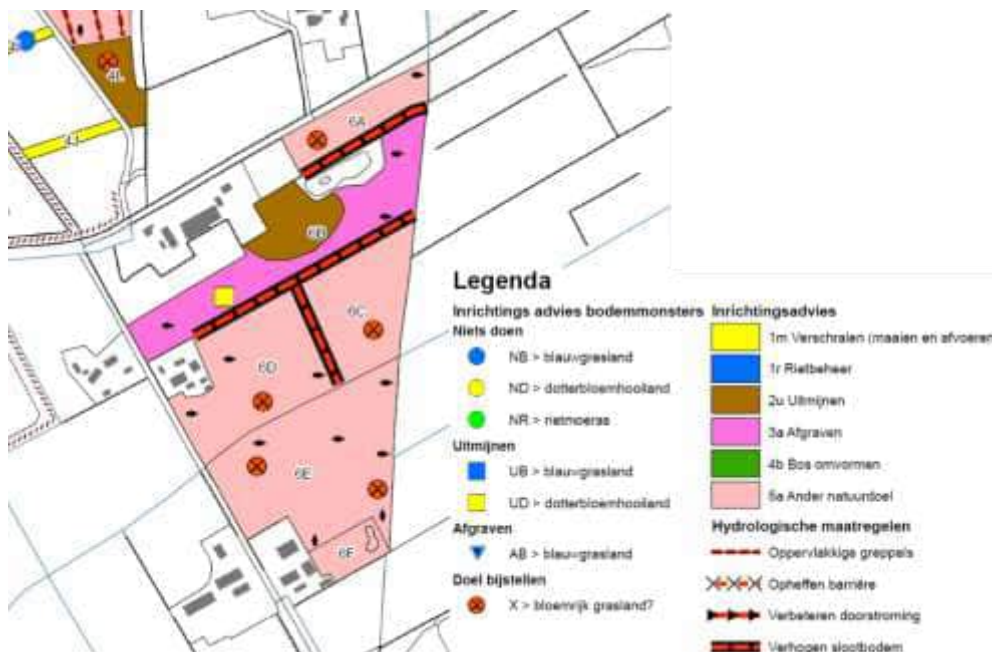
²⁵ Watersysteemanalyse Bosgroepen in voorbereiding



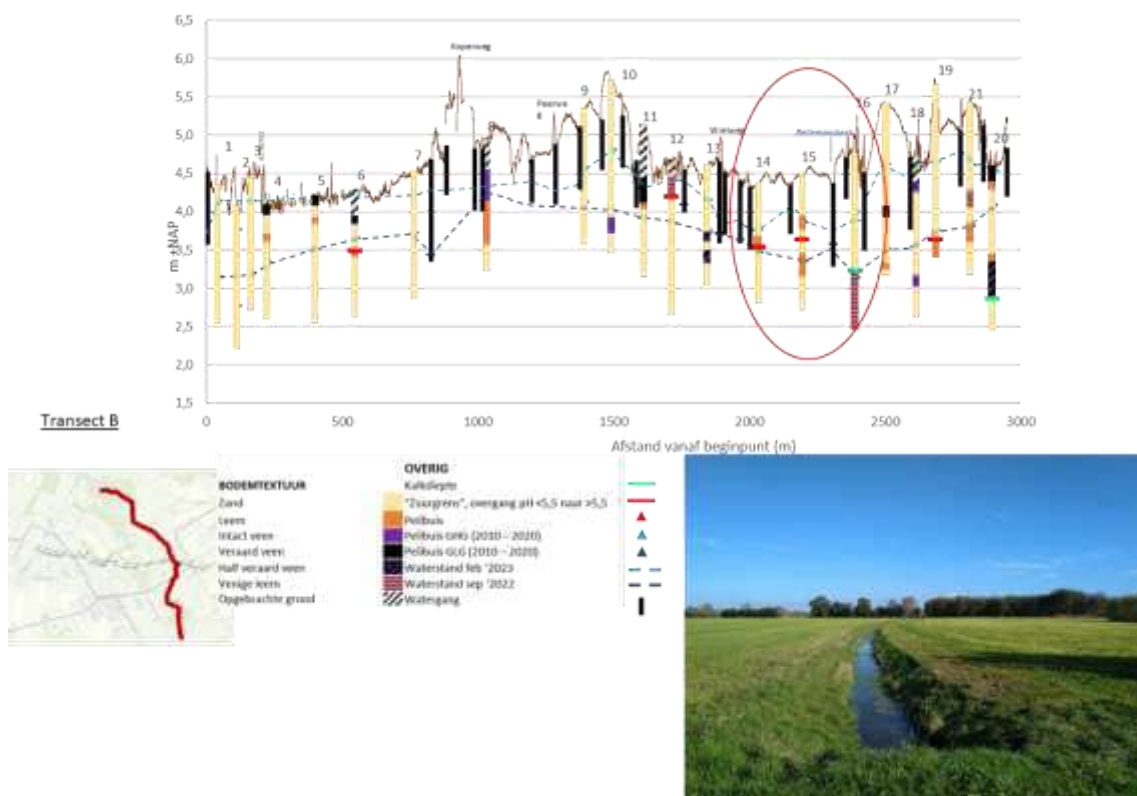
Figuur 29: Boorlocatie 15 in het perceel ten oosten van de Blankenhoefseweg. Een beekerdgrond met op 1 m diepte een ca. 30 cm dikke leemlaag (oranje omlijnd) (watersysteemanalyse, Bosgroepen in voorbereiding).



Figuur 30: Bodemtypen, verwerking van de bodem en bijzonderheden in de ondergrond. Percelen ten oosten van de Blankenhoefseweg (vlakbij deelgebied zuid) (bron: Van Delft et al., 2007).



Figuur 31: Inrichtingsadvies voor de percelen ten oosten van de Blankenhoefseweg, vlakbij deelgebied zuid (bron: Van Delft et al., 2007).



Figuur 32: Hydro-ecologisch dwarsprofiel van zuid naar noord door Zwarte Broek met rood omlind de zone waar zich het deelgebied ten oosten van de Blankenhoefseweg bevindt. Het gebied bevindt zich in een zone waar beekleem in de ondergrond zit en waarschijnlijk van nature invloed is van diep, rijk grondwater, getuige de relatief hoge pH-waarden en aanwezigheid van vrije kalk (boring 16 in het bos ten zuiden). Het perceel wordt ontwaterd door onder andere de Bellemansbeek (foto).



Literatuur

Van Delft, S.P.J., G.H. Stoffelsen & F. Brouwer, 2007. Natuurpotentie van Zwarte Broek en Allemanskamp: Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Alterra-rapport 1550, ISSN 1566-7197.



Bijlagen

Bijlage 1: Bodem- en hydrochemisch onderzoek Zwarte Broek (onderzoekcentrum B-WARE)

Bijlage 2: Stuwhoogtes deelgebied west en oost



Bijlage 1 **Bodem- en hydrochemisch onderzoek Zwarte Broek
(onderzoekcentrum B-WARE)**



BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK ZWARTEBROEK



- Eindrapport -

Opdrachtgever: Natuurmonumenten • Auteurs: Amber Visscher, Mark van Mullekom & Fons Smolders • Projectnummer: PR-22.089 • Rapportnummer: RP-22.089.23.2 • Datum: 09-03-2023

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK ZWARTEBROEK

Eindrapport

*Amber Visscher
Mark van Mullekom
Fons Smolders*



Titel rapport:

Bodem- en hydrochemisch onderzoek Zwartebroek, eindrapport

Auteurs:

Amber Visscher, Mark van Mullekom & Fons Smolders

Rapportnummer: RP-22.089.23.2

Opdrachtgever:

Natuurmonumenten



Informatie:

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

Contactpersoon:

Mark van Mullekom
Tel: 024-2122207
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek	8
1.3 Leeswijzer	9
2. Abiotiek beoogde natuurtypen	11
2.1 Inleiding	11
2.2 Rietland en soortenrijk moeras	11
2.3 Natte heide, heischraalgrasland en vochtig hooiland	13
2.4 Kruiden- en faunarijk grasland	14
2.5 Rivier- en beekbegeleidend bos	15
2.6 Bosontwikkeling op voormalige landbouwgrond (Emiel Brouwer, B-WARE)	18
3. Materiaal en methoden	23
3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek	23
3.2 Chemische analyse	28
3.3 Verschrallingsduur	30
4. Resultaten hydrochemisch onderzoek	31
5. Resultaten bodemchemisch onderzoek	39
5.1 Inleiding	39
5.2 Bodemtype	39
5.3 Algemene bodemchemie	40
5.4 Kansen voor natuurontwikkeling	42
6. Synthese, conclusies en aanbevelingen	67
6.1 Aanleiding en aanpak van het onderzoek	67
6.2 Belangrijkste conclusies hydrochemisch onderzoek	67
6.3 Belangrijkste conclusies bodemchemisch onderzoek	67
6.4 Aanbevelingen	69
7. Bijlagen	71
7.1 Bijlage 1. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond	71
7.2 Bijlage 2. Profielbeschrijvingen locaties bodemonsters	78
7.3 Bijlage 3. Profielbeschrijvingen locaties watermonsters	79
7.4 Bijlage 4. Stiff-diagrammen watermonsters	80

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Het Zwarteboek, in de buurt van Barneveld in de Gelderse Vallei, is een kleinschalig, eeuwenoud cultuurlandschap en vermoedelijk onderdeel van een randzone van een (historisch) groot veencomplex. Dit betreft het ten westen van de Veluwe gelegen Harderwijker Veen en Nijkerksche Veen. Vanaf de middeleeuwen is dit veen ontgonnen. Het ontwateringssysteem is in de loop der jaren verder verfijnd. In het gebied Zwarteboek is deze ontginning pas begonnen vanaf circa 1850 waarbij rond 1900 de meeste grond ondertussen in cultuur was gebracht. Hierdoor is een kleinschalig cultuurlandschap met akkers, graslanden en bos ontstaan. De laagste delen in het gebied zijn meestal niet ontgonnen, hier komen dan bijvoorbeeld elzenbroekbos en wilgenstruweel voor. Diverse percelen in het Zwarteboek zijn in eigendom van Natuurmonumenten.

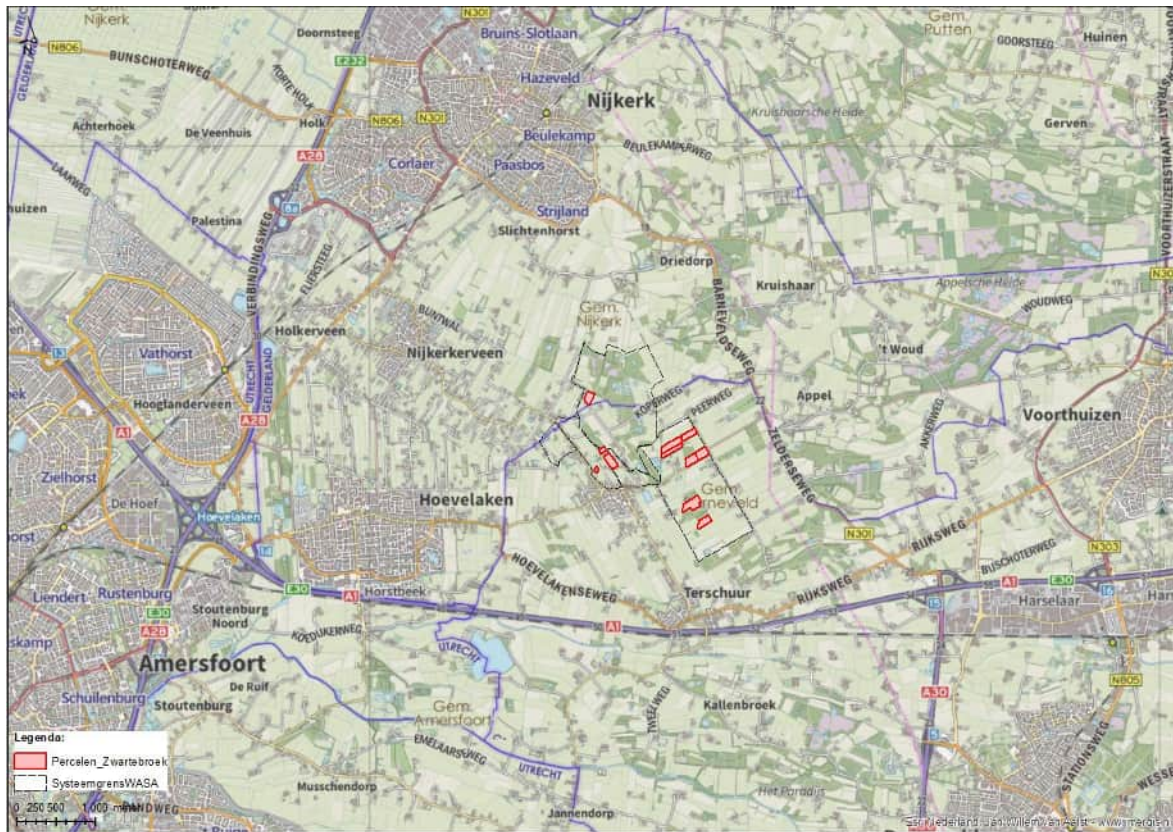
Voor een groot deel van deze percelen heeft Alterra (nu: WENR) in 2007 onderzoek gedaan naar o.a. de bodem- en humusopbouw, grondwatertrappen en bodem-pH. Ook is er fosfaatonderzoek uitgevoerd. Op basis daarvan hebben zij vastgesteld dat het gebied is verdroogd, verzuurd en vermest. Zij geven aan dat vooral gezocht moet worden naar mogelijkheden de bestaande natuur te versterken door de hydrologie te verbeteren. Binnen de natuurontwikkelingspercelen zijn namelijk beperkte mogelijkheden voor het ontwikkelen van schrale natuur vanwege de hoge fosfaatconcentraties tot op grote diepte.

Natuurmonumenten heeft als wens om uit te zoeken welke maatregelen moeten worden genomen om de knelpunten (verdroging, verzuring en vermesting) op te heffen. Daarvoor is het van belang meer inzicht te hebben in het functioneren van het systeem: welke (hydrologische) knoppen zijn er om aan te draaien?

Daartoe wordt door de Bosgroepen een watersysteemanalyse (WASA) uitgevoerd om de samenhang van hydrologie en bodem te onderzoeken, en de rol van de ontwatering daarin. Daarnaast worden inrichtingsmaatregelen geformuleerd voor percelen die nog niet door Alterra zijn meegenomen in 2007 (16,7 ha).

Onderzoekcentrum B-WARE is door Natuurmonumenten gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren om de natuurpotenties en de hieruit volgende inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen. Omdat Natuurmonumenten en Bosgroepen tot op heden ervan uitgaan dat de hydrologie op orde komt en (flinke) vernatting plaats gaat vinden wordt er bij het inschatten van de potenties ervan uit gegaan dat het gebied natter zal worden.

Daarnaast wordt een bijdrage geleverd aan de watersysteemanalyse, het onderzoek wordt uitgevoerd samen met de Bosgroepen. In Figuur 1 wordt de globale ligging van het onderzoeksgebied en de percelen weergegeven.



Figuur 1. Globale ligging van het onderzoeksgebied.

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek

De fosfaatrijckdom, mate van buffering en overige concentraties van de bodem zijn bepaald aan de hand van een bodemchemisch onderzoek. Op 33 locaties in het gebied (vastgesteld door de Bosgroepen) werd de bodem half november bemonsterd op verschillende diepten (eveneens vastgesteld door de Bosgroepen). Op basis van het bodemchemische onderzoek wordt in deze rapportage aangegeven op welke locaties een geschikte Ausgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschrallingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Voor de watersysteemanalyse zijn diverse watermonsters genomen door B-WARE. In totaal zijn 17 grondwatermonsterlocaties en 2 oppervlaktewatermonsterlocaties geselecteerd en deze locaties werden eind januari 2023 bemonsterd. Op deze manier wordt duidelijk of de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit kansen biedt voor de beoogde ontwikkeling of juist een knelpunt vormt.

Door middel van dit onderzoek worden de verschillende zones voor een hoogwaardige natuurontwikkeling in elk geval in beeld gebracht. Vervolgens kunnen gerichter keuzes worden gemaakt bij de gebiedsontwikkeling. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht.

Concreet worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschrallingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (lager ambitieniveau)?
2. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor (zowel in de slenk als op de flanken), wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde

.....

soortenrijke, vochtige/natte natuur? In de dichtgeschoven slenk zijn de monsterdieptes vooral gericht op het oorspronkelijke maaiveld.

3. Zijn er mogelijkheden om natuur te ontwikkelen door middel van een beperkte ontgroning in combinatie met aanvullend verschrallingsbeheer?
4. Biedt de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit kansen voor de beoogde natuurontwikkeling of vormt deze een knelpunt? En wat zijn de risico's? (Februari/maart 2023)
5. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie en de grondwaterstanden?
6. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschrallingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de vochtige tot natte natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Ook de overstromingsfrequenties speelt hierbij een rol. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgroning kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de algemene bodemchemie voor de verschillende vegetatietypen en in hoofdstuk 3 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het hydrochemisch onderzoek besproken. In hoofdstuk 5 wordt het bodemchemische onderzoek, de kansen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur en welke (inrichtings)maatregelen daarvoor nodig zijn besproken. In hoofdstuk 6 staan de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. In hoofdstuk 7 staan de bijlagen, gevolgd door een overzicht van de gebruikte literatuur in hoofdstuk 8.

.....

2. ABIOTIEK BEOOGDE NATUURTYPEN

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden enkele karakteristieken en abiotische kenmerken van de beoogde natuurtypen besproken. Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Daarnaast zijn het bodemtype, de mate van buffering, ijzerconcentraties, grondwaterstanden en labiele nutriëntenconcentraties voor diverse vegetatietypen ook belangrijk.

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage hoofdzakelijk uitgedrukt per liter verse bodem.

2.2 Rietland en soortenrijk moeras

Dynamisch moeras (N05.04) zijn moerassen met een hoge waterstand en een dynamisch waterpeil met soorten als riet en rietgras, grote zeggen, lisodde en biezen. Dit kunnen dus ook voedselrijke (voormalige) landbouwbodems zijn (mesotroof tot hypertroof). Soortenrijk rietland/grote zeggenmoeras komt vooral voor op matig voedselrijke bodem (mesotroof) en komt over het algemeen tot ontwikkeling bij Olsen-P concentratie van 300-800 μmol per liter bodem, vergelijkbaar met een grote zeggenmoeras.

Bij een optimaal rietlandbeheer is het van belang dat de waterstanden regelbaar zijn. In het voorjaar worden de waterstanden kunstmatig hooggehouden zodat riet met de voeten in het water staat. Naar de zomer kan een rietveld licht uitdrogen en eventueel eens in de 3-4 jaar droogvallen, waardoor helofyten zich kunnen vestigen. Dit zal ervoor zorgen dat er meer zuurstof in de bodem van helofytenmoerassen doordringt waardoor strooiselophoping wordt tegengegaan en minder giftige stoffen (sulfide, ammonium) geproduceerd worden. Door lagere waterstanden in de zomer (Tabel 3) zullen riet en grote zegges weer kunnen ontkiemen. Door oxidatie van ijzer in de bodem wordt meer fosfaat in de bodem vastgelegd, waardoor algenbloei in het water zal verminderen en de belasting van de helofytenzones met dood organisch materiaal (detritus) afneemt. In de winter kan bij het maaien van riet, de waterstand tijdelijk beneden het maaiveld zakken, waarna de waterstand ruim voor het voorjaar (februari) weer opgezet wordt tot in het maaiveld (vestigingsperiode rietvogels). Deze cyclus is optimaal voor riet (www.natuurkennis.nl).

Overigens speelt ook de voedselrijkdom van de bodem een rol. Een voldoende beschikbaarheid van nutriënten in de bodem is belangrijk voor de groei van riet. In veel studies is gevonden dat nutriëntenrijke bodems leiden tot hoger en dikker riet (Engloner, 2009). Daarnaast is een juiste verhouding tussen de verschillende nutriënten (vooral stikstof en fosfor) van belang voor een optimale groei en ontwikkeling. De nutriëntenbeschikbaarheid beïnvloedt de groei, kwaliteit en uitbreidingscapaciteit (Ulrich & Burton, 1985; Engloner, 2009).

Op voedselrijke bodems kan riet in de regel goed groeien. Onder permanent natte omstandigheden bestaat het risico dat riet de competitie verliest van soorten die meer zuurstof in de bodem kunnen brengen, sneller kunnen groeien bij een hogere nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem en goed

onder water kunnen kiemen, zoals Grote Lisdodde (*Typha latifolia*) (Belgers & Arts, 2003; Lucassen e.a., 2017).

De ontwikkeling van moerassen op voedselrijke bodems, waaronder voormalige landbouwgronden, kunnen voorzien in het tekort aan geschikte leefgebieden voor riet- en moerasvogels in Nederland. Niet alleen riet- en moerasvogels profiteren hiervan, maar ook tal van andere plant- en diersoorten. Recent is een OBN-onderzoek uitgevoerd waarbij beschikbare informatie is verzameld over de inrichting, ontwikkeling en het beheer van eutrofe moerassen (De Fouw et al., 2021).

Tabel 1. Overzicht moerasstadia en vogelgezelschappen, ontwikkeld voor de laagveengordel rond Groningen (gebaseerd op van der Hut et al. 2018). De foto nummers verwijzen naar een van de moerasstadia waargenomen in de bezochte gebieden (De Fouw et al., 2021).

Moerasstadium	Vegetatiestructuur	Gemiddelde grondwater t.o.v. mv		Vegetatiehoogte	Vogelgezelschap	Overige broedvogels	Overige fauna
		Hoog	Laag				
1. Open water Foto 3.19	Open water, eventueel met drijvende of ondergedoken waterplanten.	100+	50+	0	Eenden/ganzen	N.v.t.	Leefgebied vissen (o.a. blankvoorn, Brasem), Otter
2. Waterplantenmoeras Figuur 3.8	Voornamelijk ondiep open water, met drijvende en/of ondergedoken waterplanten (waterplantenmoeras).	50+	30+	0-0,1m	Geoorde fuut/ moerassterns	Geoorde fuut, Witwangstern, Witvleugelstern, Zwarte stern, Kokmeeuw	Paai-, opgroei en leefgebied planten minnende vissen (o.a. Snoek, Ruisvoorn, Zeelt), Groene glazenmaker, Otter
3. Pioniermoeras Figuur 3.1	Vrijwel kale grond en zeer ondiep water in combinatie met pioniervegetatie (vooral zomerannuellen) op droogvallende delen.	10+	0	0-0,25	Kluut/Kleine plevier	Kluut, Steltkluut, Kleine plevier, Kievit	Waterspitsmuis, Heikikker, Otter
4. Laag mozaïekmoeras Figuur 3.3	Mozaïek van relatief laagblijvende vegetatie, ondiep water en droogvallende delen.	10+ (z) 30+ (w)	0	0,5-1m	Porseleinhoen	Porseleinhoen, Kleinst waterhoen, watersnip, grauwe gans	Zeggekorfslak, Dwergmuis, Waterspitsmuis, Heikikker, Otter
5. Hoog mozaïekmoeras Figuur 3.4	Afwisseling van opgaand overjarig in water staand Riet met open water en/of structuurrijk nat grasland of laag moeras.	50+	20+	1,5-3m	Roerdomp	Roerdomp, Fuut, Dodaars, Tafelend, Waterral, Baardman	Otter, deels ook paai- en opgroei gebied vis
6. Hoog mozaïekmoeras met krachtig watermet. Figuur 3.10	Hoge, brede rietkragen met zwaar riet, lisdodde en mattenbies in diep (> 50 cm) water langs waterplantrijk open water	50+	20+	1,5-3m	Grote karekiet	Tafelend, Dodaars, Fuut, Grote karekiet, Woudaap, Roerdomp, Waterral, Baardman	Otter, Bever, paai- en opgroei gebied vis
7. Nat rietland Figuur 3.8	Vlakdekend opgaand overjarig riet.	20+	10-	1,5-3m	Snor	Snor, Bruine kiekendief	Dwergmuis, Otter
8. Droog rietland Figuur 3.14	Aaneengesloten ruigte/rietruigte vegetatie of (Blauwborst) lijnvormig/mozaïek	5+	10-	1,5-3m	Rietzanger	Rietzanger, Sprinkhaanzanger, Blauwborst	Waterspitsmuis, Dwergmuis

In Nederlandse moerasgebieden met rietooft bereiken de meeste moerasvogels de hoogste dichtheid in overjarig riet; het porseleinhoen is in dit opzicht een uitzondering en komt het meest voor in jonge, open en nog lage rietvegetaties (De Fouw et al., 2021). Het is niet geheel duidelijk in welke mate de voedselrijkdom op zichzelf in eutrofe moerassen sturend is voor de vegetatieontwikkeling, macrofauna en vogelstand. Moerassen op voormalige landbouwgrond zijn per definitie voedselrijk, vaak eutroof of zelfs hypertroof. Voor eutrofe moerassen bestaan (nog) geen referentiewaarden, maar uit de metingen die beschikbaar zijn kan voorzichtig worden gesteld dat bij een hogere beschikbaarheid aan fosfaat (Olsen-P ca. 1200 µmol/l) snelgroeiende eutrofe soorten domineren en dat verzuuring optreedt. Het is echter onduidelijk of er 'ecologische grenzen' zijn aan te brengen boven de waarde van Olsen-P ~1200 µmol/l. Het is dus onduidelijk hoe voedselrijk (eutroof > hypertroof) een moeras kan zijn wil het zijn beoogde functie behouden. Wel is duidelijk dat wanneer in deze situatie actief beheer uitblijft de natuurwaarden voor vogels weer kunnen afnemen. Wanneer bijvoorbeeld een plas-dras laag mozaïekmoeras dicht groeit, wordt het ongeschikt voor porseleinhoen. Na vernatting veranderen de bodemcondities: de kans op nalevering van nutriënten is groot. Voor eutrafente plantensoorten zoals pitrus, liesgras, wilgen, riet en lisdodden is deze situatie gunstig waardoor deze soorten dominant worden (De Fouw et al., 2021).

2.3 Natte heide, heischraalgrasland en vochtig hooiland

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



Figuur 2. Foto van een vochtig heischraal grasland (foto: Mark van Mullekom) en dotterbloemhooiland (foto: Harm Smeenge).

Voor de ontwikkeling van blauwgrasland en vochtig hooiland is niet alleen de buffering van belang maar ook de grondwaterstanden. Alleen als er voldoende grondwaterinvloed in maaiveld is zijn deze vegetaties mogelijk. Voor vochtig heischraal grasland kan aanrijking van de wortelzone met grondwater via capillaire opstijging ook al voldoende zijn. De periode waarin grondwater in de wortelzone uittreedt bepaalt in combinatie met de mate van buffering met het grondwater en de zuurproductie als gevolg droogval van de toplaag in de zomerperiode en verzurende (stikstof)depositie of bodems voldoende gebufferd blijven of (langzaam) verzuren.

Wanneer na een eventuele ontgronding aanvullend verschrallingsbeheer vereist is duidt dit erop dat de bodem na ontgronding nog niet voldoende P-arm is voor de beoogde ontwikkeling. Een aanvullend verschrallingsbeheer biedt hier wel mogelijkheden om de gewenste P-concentraties binnen redelijke termijn te realiseren. Dit brengt echter ook risico's met zich mee. Onder licht/matig voedselrijke, vochtige tot natte omstandigheden kan de eerste jaren (wanneer aanvullende verschralling vereist is of wanneer voedselrijke toplagen worden vernat) verruiging met bijvoorbeeld pitrus optreden die een belemmering kan vormen voor de beoogde ontwikkeling (Figuur 3). Overigens is pitrus op beperkt verrijkte bodems veelal ijzler in vergelijking met voedselrijke bodems. Hiermee moet worden afgewogen of dit risico zal worden genomen of dat 10 cm extra wordt afgegraven waardoor de ontwikkeling van de doelvegetatie meteen kan gaan plaatsvinden en het risico op (tijdelijke) pitrusontwikkeling wordt beperkt.



Figuur 3. Pitrusontwikkeling op percelen die na inrichting nog beperkt tot matig verruigd zijn met fosfaat. Aanvullend verschalingsbeheer biedt hier wel perspectief. Door voldoende P-gelimiteerde omstandigheden te creëren en maaisel uit een referentiegebied op te brengen kan dit worden voorkomen. Foto's: Jan Vermeer en Maarten Veldhuis.

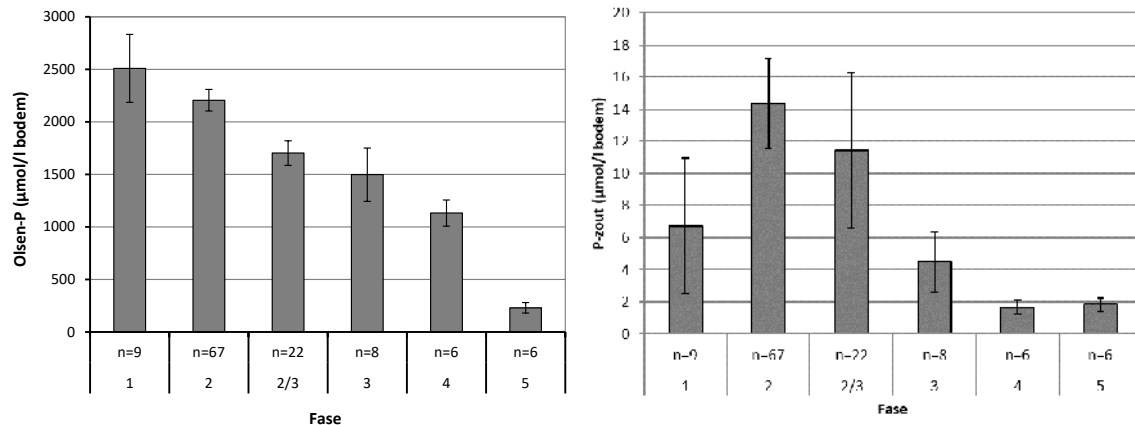
2.4 Kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is ($<900\text{-}1200/1500\text{ }\mu\text{mol/l}$; Figuur 14). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Op bijvoorbeeld droge, voedselrijkere zandgronden (zoals ook op de hoge, droge kop) kunnen ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020). Dit lijkt echter niet het geval in het onderzoeksgebied waar sprake is van vochtige condities.



Figuur 4. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: Mark van Mullekom.

Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Met name onder droge en ijzer- en calciumrijke condities lijkt de ontwikkeling van een (wat) kruidenrijker grasland kansrijk. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is ($P\text{-}z < 1\text{-}2\text{ }\mu\text{mol/l}$) en/of de nitraatconcentratie laag is ($<50\text{-}100\text{ }\mu\text{mol/l}$). Dit biedt perspectief bij hogere Olsen-P concentraties.



Figuur 5. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).

Wanneer sprake is van vochtige tot natte omstandigheden (wellicht het geval in het onderzoeksgebied wanneer hydrologische maatregelen worden genomen) zijn voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijke graslanden voedselarmere condities gewenst (circa 1200-1500 µmol/l) waarbij droogval van de toplaag in de zomerperiode belangrijk is voor de fosfaatbinding.

Bureau Natuurbalans (contactpersoon: Peter Verbeek) heeft de laatste jaren goede resultaten ondervonden met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgrasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijderd en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgrasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase.

2.5 Rivier- en beekbegeleidend bos

Hoge ijzer- en/of calciumconcentraties in de bodem dragen bij aan een lage fosfaatbeschikbaarheid, maar ook de aanvoer van ijzer- en/of calciumrijk grondwater. Voor het natuurbeheertype rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01) is vooral het habitatype vochtige alluviale bossen (H91Eo_C) van belang. In Tabel 2 worden een aantal relevante bodemchemische kenmerken van goed ontwikkelde en meer eutrofe elzenbroekbossen gegeven. Goed ontwikkelde elzenbroekbossen komen voor op goed gebufferde bodems en bij een relatief lage P-beschikbaarheid (<800 µmol Olsen-P/l en <2 µmol P-z/l). Eutrofe rompgemeenschappen komen voor bij een vergelijkbare P-voorraad in de bodem, maar bij een hogere P-beschikbaarheid als gevolg van een lagere Fe/P-ratio van de bodem. Ook in goed ontwikkelde elzenbroekbossen worden, waarschijnlijk als gevolg van de natte omstandigheden en het feit dat het om organische bodems gaat, hoge ammoniumconcentraties in het zoutextract gemeten (Tabel 2).

Ontwikkeling van elzenbroekbos op een bouwvoor vereist veelal als eerste een forse vernatting. Dit leidt vrijwel altijd tot een sterke mobilisatie van fosfaat, wat in lage vegetaties doorgaans tot pitrusontwikkeling leidt. In zulk broekbos is te verwachten dat pitrus, liesgras en kroos dominant zullen worden. In elzenbroekbossen kan een hoge fosfaatbeschikbaarheid kan leiden tot verzuuring omdat de N-beschikbaarheid in deze bossen nooit echt laag is. Dit komt door stikstofbinding door de elzen zelf, atmosferische depositie en verrijking vanuit het grond- en/of oppervlaktewater (Smolders et al., 2021). Voor een soortenrijke ondergroei zijn voedselarme tot matig voedselrijke omstandigheden vereist. Ook in broekbossen lijkt verwijdering van de bouwvoor dus de enige oplossing. Uitzonderingen zijn wellicht locaties met een sterke kwel van (zeer) ijzerhoudend grondwater, waardoor fosfaat niet vrij kan komen. Zie kader 1 voor informatie het herstel van verdroogde broekbossen.

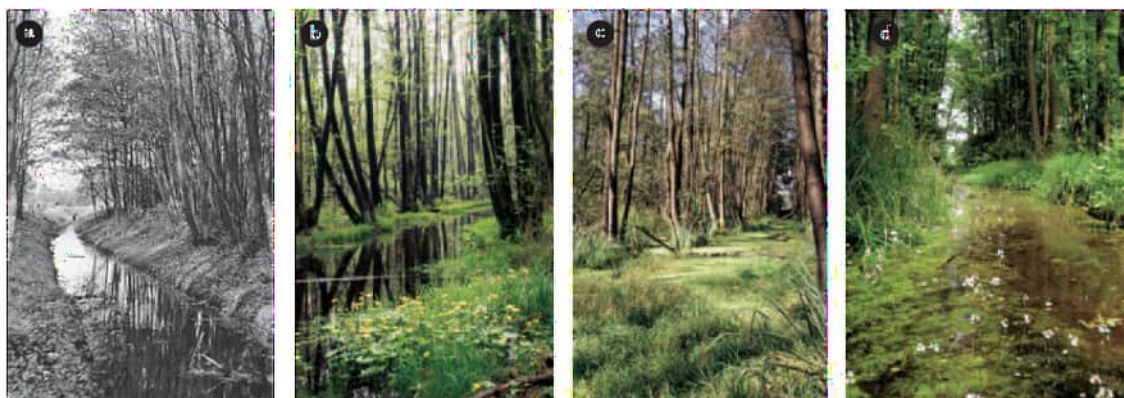
Het oppervlaktewater kan invloed hebben door overstroming van de vegetatie, mede doordat het Nederlandse beekwater vaak rijk is aan nutriënten. Maar vooral de afzetting van beekslib kan een oorzaak zijn van verzuuring door de aanvoer van nutriënten (Smolders et al., 2021).

Tabel 2. Overzicht van een aantal belangrijke bodemchemische kenmerken van enkele rivier- en beekbegeleidende bostypen. Bron: referentiedatabase GRIP (Gemeten Referentiewaarden In Plantengemeenschappen) van Onderzoekcentrum B-WARE.

Bostype	Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$)	P-z ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-P (mmol/l)	$\text{NH}_4\text{-z}$ ($\mu\text{mol/l}$)	$\text{NO}_3\text{-z}$ ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-Ca (mmol/l)	Ca-z ($\mu\text{mol/l}$)	Totaal-Fe (mmol/l)
Goed ontwikkeld Berkenbroekbos Carici curtae- Betuletum pubescentis	200-600 (n=7)	0,2-7,7 (n=6)	2-11 (n=9)	15-115 (n=6)	0,8-45 (n=6)	5-35 (n=9)	800-6.500 (n=6)	5-60 (n=9)
Goed ontwikkeld Elzenbroekbos Carici elongatae- Alnetum	100-800 (n=8)	0,3-2,1 (n=9)	4-22 (n=69)	140-800 (n=9)	1-70 (n=9)	30-100 (n=69)	3.000-17.000 (n=9)	40-385 (n=69)
Eutroof elzenbroekbos RG Calamagrostis canescens-[Alnion glutinosae] RG Urtica dioica- [Alnion glutinosae]	350-1500 (n=10)	0,7-20 (n=6)	5-23 (n=34)	25-425 (n=6)	130-500 (n=6)	25-80 (n=34)	7.000-23.000 (n=6)	50-190 (n=34)
Vogelkers-essen (matig ontwikkeld) Alno-Padion	700-2100 (n=6)	0,6-18,5 (n=7)	5-21 (n=6)	160-390 (n=7)	6-475 (n=7)	15-90 (n=6)	3.500-11.000 (n=7)	40-160 (n=6)
Vogelkers-essen (goed ontwikkeld) Pruno-Fraxinetum	400-1200 (n=12)	0,6-1,7 (n=13)	7-13 (n=12)	80-195 (n=13)	50-310 (n=13)	15-70 (n=12)	7.500-15.500 (n=13)	100-295 (n=12)
Kalkrijk eiken- haagbeukenbos Primulo elatioris- Carpinetum typicum	350-1000 (n=9)	1,0-5,1 (n=9)	9-18 (n=9)	85-165 (n=9)	11-460 (n=9)	30-300 (n=9)	8.000-25.000 (n=9)	300-475 (n=9)
Kalkarm eiken- haagbeukenbos Stellario- Carpinetum	900-1300 (n=7)	1,0-4,3 (n=8)	5-9 (n=7)	100-350 (n=8)	100-850 (n=8)	15-25 (n=7)	1.500-7.500 (n=8)	25-160 (n=7)

KADER 1. HERSTEL VAN VERDROOGDE BROEKBOSSEN

Het herstel van verdroogde broekbossen tracht men vaak op te lossen door het oppervlaktewater op te stuwen. Maar door het permanent hoge water, treden geen periodieke waterstandschommelingen meer op (met periodieke droogval in de zomer) en vindt geen doorstroming van grondwater plaats. De stijghoogte van het grondwater komt niet meer boven het oppervlaktewaterpeil uit met stagnatie en de beperking van de grondwaterinvloed als gevolg. Dit leidt tot de reductie van sulfaat tot toxisch sulfide, ammoniumophoping, P-mobilisatie en massale ontwikkeling van soorten kenmerkend voor zeer voedselrijke condities waaronder Klein kroos, Liesgras en Mannagras.



Figuur. De broekloop in het Kaldenbroek. a: 1977, onder verdroogde condities (foto: P. van den Munckhof); b: 1998, uitgangssituatie direct na het permanent opstuwen van het oppervlaktewater (foto: E. Lucassen); c: 1999, eutrofiëringverschijnselen als gevolg van de permanente opstuwing (foto: E. Lucassen) d: 2005, twee jaar na het instellen van het natuur waterregime (foto: E. Lucassen). Bron: Lucassen & Roelofs, 2005.

Herstelmaatregelen bestaan dan ook niet uit permanente opstuwing van grondwater of aanvoer van oppervlaktewater, maar uit het herstellen van een natuurlijk waterregime. Dit kan bereikt worden door bijvoorbeeld een regelbare stuw te plaatsen, waarbij het grondwater tot beneden de potentiële stijghoogte van grondwater wordt opgestuwd. Zo blijft een positieve grondwaterdruk gehandhaafd en zal doorstroming met grondwater blijven plaatsvinden terwijl de toplaag in de zomer droog kan vallen.

Door de aanvoer van basenrijk (vooral calcium en magnesium) en ijzerrijk grondwater wordt de nutriëntenbeschikbaarheid beperkt (afvoer ammonium). Daarnaast legt ijzer in de vorm van ijzer(hydr)oxiden in de aerobe toplaag fosfaat vast. Gereduceerd ijzer legt sulfide vast, waardoor interactie van sulfide met ijzer uit de ijzer-fosfaatcomplexen beperkt blijft. De gevormde ijzer-sulfiden worden tijdens droogval weer geoxideerd, en het gevormde sulfaat wordt uit het systeem afgevoerd in natte tijden. Daarnaast ontstaan weer ijzer(hydr)oxiden die fosfaat kunnen binden. Droogval zorgt ook voor oxidatie van ammonium, waarbij nitraat wordt gevormd. Dit spoelt uit en kan worden gedenitrificeerd in het diepergelegen anaerobe gedeelte van de bodem. Hierbij ontstaat stikstofgas, dat verdwijnt naar de lucht. Dit zal leiden tot een voedselarme situatie waardoor de ontwikkeling van een karakteristieke ondergroei (Dotterbloem, Gele lis, Elzenzegge, Holpijp, etc.) wordt gestimuleerd.

2.6 Bosontwikkeling op voormalige landbouwgrond (Emiel Brouwer, B-WARE)

Ofschoon er al langere tijd bomen worden geplant op voormalige landbouwgronden, is de interesse voor de ontwikkeling van een volledig bos-ecosysteem op deze gronden pas vrij recent gegroeid. In deze notitie volgt puntsgewijs een voorlopig overzicht van de kennis die is vergaard over de mogelijkheden voor bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden

Natuurontwikkeling & de nutriënten-erfenis vanuit het landbouwverleden

Opgehoopte meststoffen in de bouwvoor vormen een groot obstakel bij het omvormen van landbouwpercelen naar natuur. Hierbij is vooral fosfaat van belang, omdat dit zich in tegenstelling tot stikstof in grote hoeveelheden ophoopt in de bovenste decimeters van de bodem. Voor ontwikkeling van met name heide en schrale graslanden is verwijderen van de bouwvoor vaak de enige oplossing. Wat voedselrijkere graslandtypen en vooral kruidenrijke akkers kunnen vaak met een aangepast beheer ook op de bouwvoor worden ontwikkeld. Maar hoe zit dat met de ontwikkeling van bos? De kennis hierover is nog vrij beperkt, in het hiernavolgende een kort overzicht.

Beschikbaarheid van voedingsstoffen in verschillende ecosystemen

Voor een goede inschatting van de impact van het fosfaatoverschot in voormalige landbouwgrond moet eerst gekeken worden naar de beschikbaarheid van voedingsstoffen in verschillende systemen. Voor fosfaat moet hier onderscheid worden gemaakt in drie fracties.

1. De eerste is de totale voorraad fosfor. Deze kan op allerlei manieren aanwezig zijn: ingebouwd in kleimineralen of organisch materiaal, neergeslagen met ijzer- of calciumverbindingen, losjes gebonden als anion aan positief geladen bodemdeeltjes, of in opgeloste vorm. Een groot deel van deze voorraad is voor de plantengroei vaak onbereikbaar.
2. Daarnaast zijn er allerlei extractiemethoden ontwikkeld die zo goed mogelijk nabootsen welke fractie een plant uit deze voorraad kan losweken: plant beschikbaar fosfaat. Daarvoor moeten planten aanpassingen hebben, of samenwerken met het bodemleven. Omdat dit voor elke plantensoort verschilt, is ook de plant beschikbare fractie voor elke soort anders.
3. Tenslotte is er het opgeloste fosfaat. Dit is voor elke plant beschikbaar, maar is slechts een zeer kleine fractie van de hele fosforvoorraad

In graslanden is de soortenrijkdom laag zo lang er enig opgelost fosfaat aanwezig is ($> \pm 2$ micromol/liter). In een bouwvoor is vaak 10-100 micromol/liter aanwezig. Snelgroeïende planten met weinig aanpassingen om extra fosfaat te bemachtigen overheersen dan. Vrijwel alle graslandplanten beschikken echter over vrij veel aanpassingen om fosfaat uit andere fracties los te weken. We zien dan ook dat plant-beschikbaar fosfaat hier een goede maat is voor de voedselrijkdom en soortenrijkdom. In een bouwvoor is deze vrijwel altijd hoog (>1500 micromol/liter), de consequentie is dat soortenrijk grasland heel moeilijk te ontwikkelen is zonder verwijderen van de zeer fosfaatrijke bouwvoor.

In bossen is er sprake van een constante fosfaataanvoer uit afbrekend strooisel. Het lijkt er op dat bosplanten daarom minder aanpassingen (nodig) hebben om fosfaat uit andere bronnen los te weken. In ieder geval is de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat hier wat minder bepalend voor de vegetatie-ontwikkeling. Wel zien we ook hier dat snel verruiging optreedt als zowel stikstof (nitraat) als fosfaat voldoende in opgeloste vorm beschikbaar zijn. Voor bosontwikkeling op landbouwgrond geldt dus dat de grote totale fosforvoorraad op korte termijn geen probleem is, dat de zeer hoge concentratie plant-beschikbaar fosfaat in iets mindere mate een probleem is, maar dat wel de opgeloste fractie laag moet blijven. Dit betekent dat op locaties waar opgelost fosfaat wordt vastgelegd, ook op een (gedeeltelijk) nog aanwezige bouwvoor zich in enige mate

.....
een kenmerkende bosondergroei kan ontwikkelen. Dit is met name het geval op bodems die veel calcium en/of ijzer bevatten (leem, klei), of op plekken waar calcium en/of ijzer via grondwater wordt aangevoerd.

Beschikbaarheid van voedingsstoffen in verschillende bostypen

In bossen op droge, kalkarme zandgronden is er nauwelijks calcium of ijzer aanwezig om fosfaat te binden. Bij sterke verzuring wordt op termijn wel veel fosfaat gebonden aan aluminium. De fosfaatbeschikbaarheid is hier vooral laag doordat de totale voorraad fosfor klein is, en daarmee ook de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat. Er is wel opgelost fosfaat aanwezig.

Naarmate de leemfractie toeneemt, neemt de totale voorraad fosfor toe, maar ook de hoeveelheid calcium en ijzer. De hoeveelheid plant-beschikbaar fosfaat neemt dan ook niet toe, en opgelost fosfaat is zelfs nauwelijks aanwezig.

In natte bossen wordt het vooral belangrijk hoe veel vrij ijzer er aanwezig, dat nog fosfaat kan binden. Dit ijzer is aanwezig in de leemfractie en wordt aangevoerd met grondwater. Aan de andere kant kan een groot deel van dit ijzer bezet worden met zwavel (door sulfaatvervuiling) en zodoende geen ijzer meer binden.

Omgaan met de bouwvoor in de ontwikkeling van verschillende bostypen

Omdat de natuurwaarde van bos voor een belangrijk deel door de kroonlaag wordt bepaald, kan er ook bos met een vrij hoge natuurwaarde ontwikkeld worden in een voedselrijke situatie met een bouwvoor. De meeste boomsoorten groeien goed op een bouwvoor, dus een bos met variatie in boomsoorten, leeftijden, licht, microklimaat, houtstructuur e.d. kan zich vrij eenvoudig ontwikkelen. De ondergroei is echter ruig (bij veel licht) of ontbrekend (bij weinig licht). Wellicht is het mogelijk een vrij eutrafente voorjaarsflora te ontwikkelen. Bodem bewonende mossen zijn nauwelijks aanwezig en de mycoflora is slecht ontwikkeld.

Op kleibodems is nog weinig ervaring. De combinatie van een van nature al hoge fosforvoorraad in de klei en aan de andere kant hoge ijzer- en calciumgehalten die opgelost fosfaat binden, doet vermoeden dat ook op een bouwvoor op klei zich een ondergroei van kleibossen kan ontwikkelen. Wel moeten er dan geen populieren of wilgen worden aangeplant; het zeer snel verterende strooisel van deze soorten lijkt te leiden tot het vrijkomen van opgelost fosfaat en langdurige verzuuring.

Op leembodems is al gebleken dat ook op in een bosaanplant op bouwvoor kenmerkende bosplanten zich kunnen vestigen. Dit geldt vooral voor voorjaarssoorten, die ook profiteren van het juiste lichtklimaat. Ook hier wordt opgelost fosfaat laag gehouden door calcium en ijzer uit de leem, of door hoge grondwaterstanden in de winter. Maar de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat bevindt zich wel ruim boven de range die gevonden wordt in soortenrijke leembossen. Zeer waarschijnlijk ontwikkelt bos op leembodem zich uiteindelijk beter als (een groot deel) van de bouwvoor voorafgaand wordt verwijderd.

Op kalkarme zandgronden zijn vrijwel geen voorbeelden bekend van een ontwikkeling van een kenmerkende bosondergroei in aanplanten op bouwvoor. Fosfaat wordt hier nauwelijks gebonden, en vaak vindt ook verzuring plaats waardoor fosfaat nog meer vrijkomt. De van nature kleine fosforvoorraad wordt met het achterblijven van een bouwvoor vele malen groter. Het lijkt er op dat soortenrijk bos zich hier alleen kan ontwikkelen na verwijdering van de bouwvoor (maar zie opmerking 11).

Ontwikkeling van broekbos op een bouwvoor vereist als eerste een sterke vernatting. Dit leidt vrijwel altijd tot een sterke mobilisatie van fosfaat, wat in lage vegetaties doorgaans tot pitrusontwikkeling leidt. In zulk broekbos is te verwachten dat pitrus, liesgras en kroos dominant

zullen worden. Ook in broekbossen lijkt verwijdering van de bouwvoor dus de enige oplossing. Uitzonderingen zijn wellicht locaties met een sterke kwel van ijzerhoudend grondwater, waardoor fosfaat niet vrij kan komen.

Voor alle bosaanplanten op een bouwvoor geldt dat verzuring van de toplaag moet worden voorkomen. De grote hoeveelheden fosfaat die aan ijzer en vooral calcium gebonden zijn, komen dan vrij wat snel tot verzuuring leidt.

Tips voor inrichting

- Vanuit graslanden weten we dat soortenrijke graslanden zich beter ontwikkelen vanuit een landbouwsituatie. Het mechanisme hierachter is waarschijnlijk dat de voorraad stikstofrijk organisch materiaal door de bodembewerking wordt verbrand. Ook kan tijdens een voorafgaande akkerfase extra kalk door de bodem worden gewerkt, wat toekomstige verzuring voorkomt en extra fosfaat kan binden. Een voorafgaande akkerfase van enkele jaren wordt dus sterk aanbevolen.
- Een andere vorm van “voorbewerking” kan zijn om eerst voor houtteelt te gaan. Na een cyclus van houtteelt is het wellicht verstandig om een akkerfase vooraf te laten gaan aan bosontwikkeling.
- Een tot dusver nauwelijks benutte kans is het ontwikkelen van bos na (gedeeltelijk) verwijderen van de bouwvoor. Onder onze landbouwgronden ligt een niet verzuurde, voedselarme bodem, een zeldzame combinatie. De bestaande bossen zijn ofwel voedselrijk (laag Nederland), ofwel sterk verzuurd (hoog Nederland). Het is vrijwel zeker dat aanplant van bos op de voedselarme, niet verzuurde grond onder de bouwvoor tot een explosie van biodiversiteit zal leiden; allereerst de paddenstoelen, varens en mossen, gevolgd door de hogere planten. Wel is de ervaring dat op dergelijke bodems alleen pionierbomen zich goed kunnen vestigen, zoals wilgen en berken. Pas als er zich een bosbodem begint te vormen, is de tijd rijp voor soorten als linde, iep, es en eik.
- Bij de aanleg van bos zou ook gevarieerd kunnen worden in de dikte van de bouwvoor. Bij het ontbreken van bouwvoor komt bosontwikkeling langzaam op gang via pioniers. Op een dunne rest bouwvoor (bijv. 10 cm) kan zich wellicht vrij snel een soortenrijk bos ontwikkelen. En op de dikke, of eventueel nog opgehoogde bouwvoor, ontwikkelt zich dan een voedselrijk bostype.
- De grondverplaatsing moet eigenlijk nog een stap verder gaan. Bijna alle landbouwgronden zijn geëgaliseerd. Op zo’n vlakke bodem ontwikkelt zich een veel minder divers bos. Ontwikkelingen in verlate zandgroeven e.d. laten ook zien dat veel van de biodiversiteit zich ontwikkelt op verlaten zandhopen e.d. Met name de variatie in strooiseldikte als gevolg van micro reliëf is een belangrijke motor van biodiversiteit in een toekomstig bos.
- Onze nieuwe bossen op landbouwgronden kennen een ondergroei die voornamelijk bestaat uit zeer algemene soorten, soorten met zaadpluis en soorten met bessen, sporen (varens) of zeer lichte zaden (wespenorchis). Dit duidt erop dat bossoorten grote moeite hebben om deze nieuwe bossen te bereiken. Het verdient dus aanbeveling om deze soorten te introduceren.
- Op voedselrijke bodem kan waarschijnlijk via lichtlimitatie wel een soortenrijke voorjaarsflora worden ontwikkeld. Een ontwikkeling die ook heeft plaatsgevonden op onze stinzen in het rivierengebied, de binnenduintrand en de zee-afzettingen in Noord-Nederland. Met name beuken lijken hiervoor geschikt.
- De aangeplante boomsoort is een belangrijke stuurknop in de lange termijn ontwikkeling van nieuwe bossen, waarbij vooral de schaduwwerking en de basenrijkdom van het strooisel van belang is. Met rijk strooisel soorten kan de goed gebufferde situatie uit het landbouwverleden in stand worden gehouden. Arm strooisel kennen dan weer meer mycorrhiza-paddenstoelen. Ook is het goed om rekening te houden met het te verwachten (zuid-Franse) klimaat op

afzienbare termijn; daar horen wellicht ook andere boomsoorten bij die we nu nog als uitheems beschouwen.

Overige opmerkingen

- Ook voor bos lijkt de grote voorraad fosfaat die zich heeft opgehoopt het belangrijkste knelpunt te zijn. Er is veel stikstof aanwezig, maar dat is in een bosbodem ook al grotendeels het geval. Bij de huidige stikstofdepositie zijn onze bossen niet of nauwelijks meer door stikstof gelimiteerd, getuige o.a. de vrijwel overal aanwezige nitraatuitspoeling uit onze bossen op drogere gronden en het systematisch verdwijnen van stikstof gevoelige mycorrhiza paddenstoelen uit de bossen.
- Op droge zandgronden is een evaluatie gaande; de grote lijn is dat hier vrijwel alleen voedselrijke bostypen ontstaan. Er wordt doorgaans veel direct beschikbaar nitraat en fosfaat gemeten. Het droge zand heeft weinig capaciteit om fosfaat te binden.
- Er zijn op zandgrond wel enkele interessante uitzonderingen. In de eerste tientallen jaren is de bodem vaak nog goed gebufferd en breekt strooisel snel af. Soorten als mannetjesvaren en brede wespenorchis vestigen zich van snel, soms ook naaldvarens, bosaardbei en havikskruiden. Ook zijn soms veel mycorrhiza-paddenstoelen aanwezig. Dit zijn aanwijzingen voor stikstoflimitatie. Een bijzonder geval vormen aanplanten van fijnspar, vooral op iets lemig zand. De naalden van fijnspar zijn stikstofarm, blijven lang aan de boom hangen (5-7 jaar) en vallen daarna recht naar beneden. Dat betekent dat het lang duurt voordat de aanvoer van stikstof en fosfaat uit de kroonlaag op gang komt, vooral verder weg van de stam. In Drenthe zijn zo een aantal fijnsparbosjes ontstaan met vele tientallen bedreigde paddenstoelsoorten, en zelfs soorten die al uitgestorven waren in Nederland. Deze fijnsparbosjes zijn ontwikkeld vanuit aardappelakkers (de akkeronkruiden staan nog tussen de extreem zeldzame paddenstoelen).
- De beste indicatoren voor spontane ontwikkelingen in aanplanten op landbouwgrond zijn de sporenplanten (varens, mossen) en paddenstoelen. Deze soorten hebben niet te maken met de grote verspreidingsbarrière. Voor paddenstoelen zijn er bovendien twee interessante groepen. De ecto-mycorrhiza paddenstoelen zijn zeer goede indicatoren voor de directe beschikbaarheid van stikstof, m.n. nitraat. En er is een groep "grasland" paddenstoelen die zeer gevoelig is voor de directe beschikbaarheid van fosfaat: wasplaten, aardtongen, knotszwammen en satijnzwammen. Deze paddenstoelen geven dus de locaties aan die ook kansrijk zijn voor een soortenrijke ondergroei.
- Als een bos eenmaal geplant is, kan er weinig meer worden bijgestuurd. Toch zijn er wel typen bos waarbij dit wel mogelijk is. Wellicht zijn er plaatselijk mogelijkheden om bossen met strooiselroof te ontwikkelen, bijvoorbeeld wanneer dit strooisel kan worden gebruikt in een biomassa-centrale of als compost op een akker. In dergelijke bossen ontstaat een zeer mosrijke ondergroei (omdat mossen niet door blad worden bedolven), maar ook een stikstof- en fosfaatarme situatie met in potentie zeer veel paddenstoelen. Er bestaan al goede voorbeelden van dergelijke bossen, dat zijn voornamelijk oude begraafplaatsen.
- Een belangrijke eigenschap van bos is het gematigde, vochtige microklimaat. Dit wordt alleen bereikt in grotere boscomplexen. Een tweede voordeel van grotere complexen is dat het randeffect van stikstof (bosranden vangen veel stikstof in) veel kleiner is. Bij de keuze van kansrijke locaties voor ontwikkeling van soortenrijk bos zou dus ook rekening moeten worden gehouden met de hoeveelheid bos rondom deze locatie.

.....

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodem- en hydrochemisch onderzoek

Op 14 en 15 november 2022 werden voor het bodemchemisch onderzoek op 33 locaties ondiepe (tot minimaal 150 cm onder maaiveld) boringen gezet. De globale ligging van de locaties werden geselecteerd op basis van de actuele en historische perceelverdeling, hoogteverschillen in het landschap, ligging in een (historische) slenk en variatie in het bodemtype. In november 2022 zijn de specifieke locaties, op basis van een veldbezoek, door de Bosgroepen vastgelegd. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 3). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Jan Vermeer van ATKB (zie Bijlage 2 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 3). Voor de exacte ligging van de boorlocaties zie Figuur 6, Figuur 7 en Figuur 8.

Tabel 3. XY-coördinaten, hoogte ten opzichte van maaiveld, landgebruik, ligging in een slenk (ja/nee), actuele grondwaterstand (GWS; 14/15 november 2022), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per bodemonsterlocatie. Grondwaterstanden zijn gegeven in cm onder maaiveld. De GLG en GHG zijn afgeleid uit het boorprofiel, locaties waarbij minimaal 1 grondwaterstand is afgelezen wordt een missende grondwaterstand weergegeven als >150, op locaties waarbij geen enkele grondwaterstand in het profiel is afgelezen worden de grondwaterstanden weergegeven als - (zie Bijlage 2). Voor ligging van de locaties zie Figuur 6, Figuur 7 en Figuur 8.

Locatie	X	Y	Mvh	Gebruik	Slenk	GWS	GLG	GHG
4	164201	465226	5,81	gras	ja	>150	>150	110
8	164119	465181	5,39	gras	ja	110	>150	70
11	164265	465307	5,58	gras	ja	150	>150	100
14	164142	465224	5,31	gras	ja	130	>150	70
22	164092	465417	4,96	gras	ja	80	100	50
25	164133	465559	4,62	gras	ja	90	100	50
27	164082	465499	5,31	gras	nee	145	>150	110
31	163998	465451	4,64	gras	ja	70	90	20
34	164128	466035	4,59	gras	nee	90	100	30
38	164169	466094	4,48	gras	ja	75	90	20
41	164075	466079	4,57	gras	ja	70	100	30
46	164021	466050	4,62	gras	ja	100	110	40
54	163962	466325	5,79	gras	nee	130	>150	80
58	164097	466383	5,78	gras	nee	120	140	70
62	163844	466263	5,21	gras	nee	105	130	50
67	164002	466209	5,00	gras	ja	80	115	30
78	164065	466306	5,49	gras	ja	-	-	-
80	164037	466282	5,15	gras	ja	90	110	60
84	163925	466205	5,10	gras	ja	95	120	60
88	163843	466181	5,40	gras	nee	120	>150	70
90	163802	466190	4,96	gras	ja	90	120	40
94	163782	466114	4,71	gras	ja	80	110	30
100	162751	466862	3,98	gras	nee	100	130	60
103	162748	466798	3,96	gras	ja	90	110	60
107	162807	466811	3,80	gras	ja	80	95	40
109	162934	466184	4,17	gras	ja	80	100	50
111	162921	466153	4,35	gras	ja	100	120	40
116	162981	466169	4,26	gras	ja	90	110	60
123	162850	466197	4,03	gras	ja	70	90	30
200	164238	466126	4,95	gras	nee	95	115	50
201	164128	466312	5,44	gras	nee	120	130	70
202	164169	466193	4,84	gras	nee	100	110	25
500	163040	466028	4,69	gras	nee	120	140	60

De bemonsteringsdieptes en het doel van de bemonstering zijn afgestemd op de aangetroffen bodemhorizonten tijdens het veldbezoek van de Bosgroepen. In het gebied is een (voormalige) slenk aanwezig die deels is dichtgeschoven. In de slenk is de bemonstering vooral gericht op het oorspronkelijke maaiveld omdat het doel is om de opgebrachte grond te verwijderen. Lokaal wordt tevens de toplaag van het huidige maaiveld bemonsterd zodat die kwaliteit bekend is wanneer het herstellen van het oorspronkelijke maaiveld niet mogelijk is. In Tabel 4 wordt de bemonsteringsstrategie en het doel van de bemonstering per locatie aangegeven. Op basis van de bevindingen in het veld is hier lokaal van afgeweken. Dat blijkt dan uit de profielbeschrijvingen (zie bijlage).

Tabel 4. Bemonsteringsstrategie bodemlocaties en het doel van de bemonstering per locatie zoals vastgesteld door de Bosgroepen.

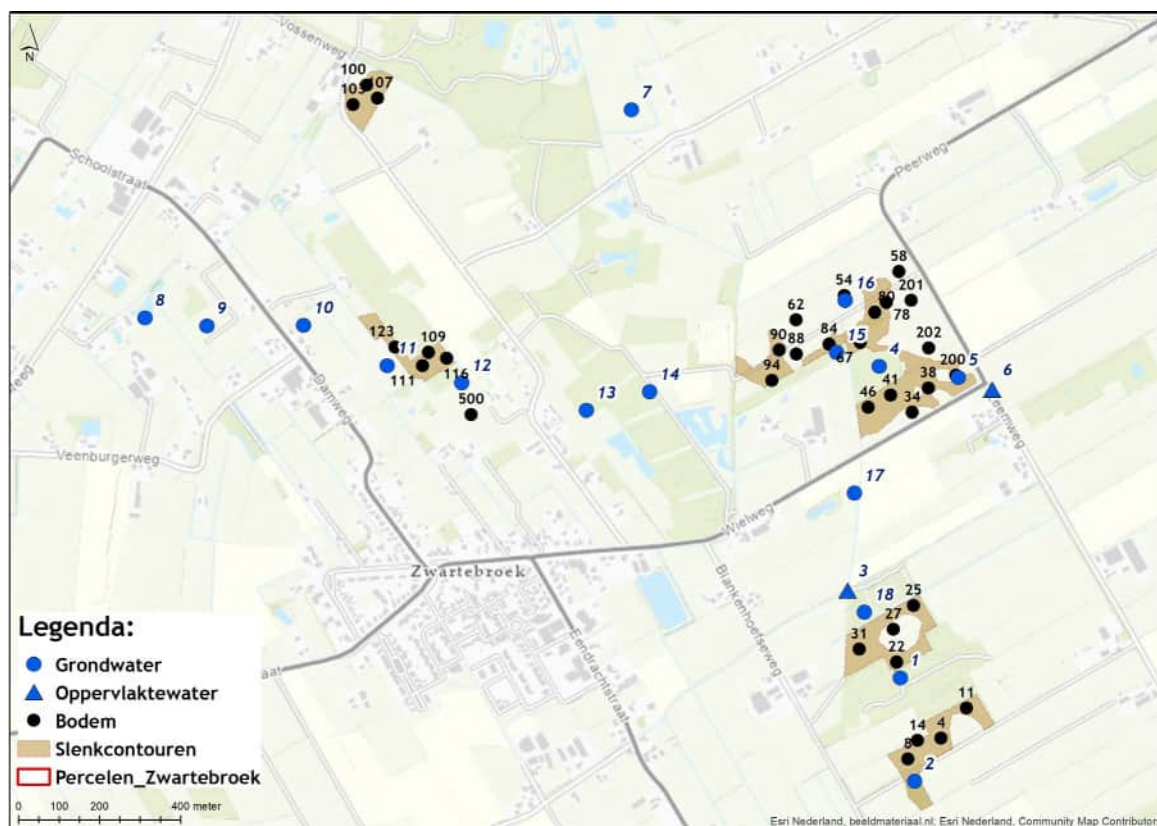
Locatie	Bemonsteringsstrategie	Aantal monsters	Doel bemonstering
4	0-20 (bv), 10cm-bv, 40-50 (mineraal)	3	Potenties
8	50-60 (mineraal)	1	Potenties
11	0-20 (bv), 10cm-bv, 50-60 (mineraal)	3	Potenties
14	80-90 veen iets mineraal	1	Potenties
22	0-20 (bv) 50-70 (veen), 70-80 (mineraal)	3	Afgraafdiepte (veraard veen eraf?), potenties
25	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	Afgraafdiepte, potenties
27	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	inschatting maaien/afvoeren
31	0-20 (bv) 50-60 (veen), 60-70(mineraal)	3	Afgraafdiepte (veraard veen eraf?), potenties
34	25-35 (leemlaag) en 35-45 (mineraal)	2	Potenties
38	25-35 (mineraal)	1	Potenties
41	0-20 (bv), 30-45 (veen), 45-55 (mineraal)	3	Afgraafdiepte (veraard veen eraf?), potenties
46	0-20 (bv), 40-50 (veen), 50-60 (mineraal)	3	Afgraafdiepte (veraard veen eraf?), potenties
54	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	inschatting maaien/afvoeren
58	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	inschatting maaien/afvoeren
62	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	inschatting maaien/afvoeren
67	70-80 (venig/mineraal)	1	Potenties
78	70-80 (mineraal)	1	Potenties
80	60-70 (begraven veen)	1	Potenties
84	0-20 (bv), 55-65 (gyttja), 65-75 (mineraal)	2	Afgraafdiepte, potenties
88	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	inschatting maaien/afvoeren
90	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	Afgraafdiepte, potenties
94	0-20 (bv), 50-60 (veen), 60-70 (mineraal)	3	Afgraafdiepte (veraard veen eraf?), potenties
100	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	Inschatting maaien/afvoeren of afgraven
103	0-20 (bv), 40-50, 70-80 (mineraal)	3	Potenties en afgraafdiepte
107	bouwvoor (boven en onder), 45-55 (mineraal)	3	Potenties en afgraafdiepte
109	0-20 (bv) 30-50 (venig), 50-60 (mineraal)	3	Afgraafdiepte, potenties
111	bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond	3	Afgraafdiepte, potenties
116	0-20 (bv) 40-50 (venig), 50-60 (mineraal)	3	Afgraafdiepte, potenties
123	70-80 (veen)	1	Potenties
200	0-20 (bv), 10 cm-bv	2	inschatting maaien/afvoeren
201	0-20 (bv), 10 cm-bv	2	inschatting maaien/afvoeren
202	0-20 (bv), 10 cm-bv	2	inschatting maaien/afvoeren
500	toplaag (0-20 cm-mv), 0-10 en 10-20 onder bouwvoor	3	potenties toplaag en afgraafdiepte

Voor het hydrochemisch onderzoek werd op 30 en 31 januari 2023 op 16 locaties door middel van een tijdelijke peilbuis het grondwater bemonsterd. In november 2022 zijn de specifieke locaties, op basis van een veldbezoek, door de Bosgroepen vastgelegd. Oorspronkelijk werd op 17 locaties grondwater verzameld, echter locatie 19 was niet bereikbaar tijdens het veldwerk. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 3). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Jan Vermeer van ATKB (zie Bijlage 3 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 5). Daarnaast is op twee locaties het oppervlaktewater bemonsterd. Voor de exacte ligging van de monsterlocaties zie Figuur 6, Figuur 9 en Figuur 10.

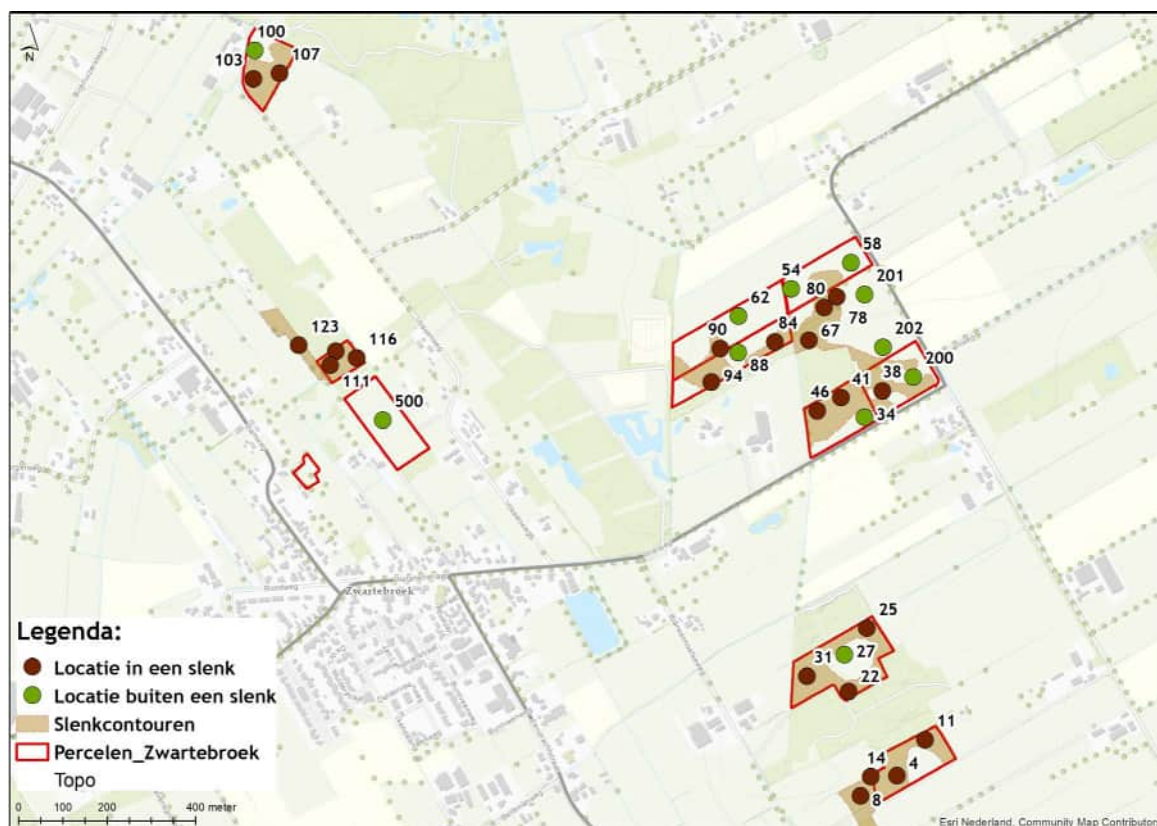
Tabel 5. XY-coördinaten, hoogte ten opzichte van maaiveld, landgebruik, type watermonster (GW = grondwater, OW = oppervlaktewater), actuele grondwaterstand (GWS; 30/31 januari 2023), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per watermonsterlocatie. Grondwaterstanden zijn gegeven in cm onder maaiveld. De GLG en GHG zijn afgeleid uit het boorprofiel, locaties waarbij minimaal 1 grondwaterstand is afgelezen wordt een missende grondwaterstand weergegeven als >150, op locaties waarbij geen enkele grondwaterstand in het profiel is afgelezen worden de grondwaterstanden weergegeven als - (zie Bijlage 3). Voor ligging van de locaties zie Figuur 6, Figuur 9 en Figuur 10.

Locatie	X	Y	Mvh	Gebruik	Type	GWS	GHG	GLG
1	164100	465379	5,14	bosgrond	GW	10	0	60
2	164135	465124	6,84	bosgrond	GW	0	-	-
3	163970	465595	3,67	waterspiegel	OW	-	-	-
4	164048	466150	4,32	bosgrond	GW	15	0	60
5	164243	466122	4,88	gras	GW	70	30	110
6	164327	466092	4,27	waterspiegel	OW	-	-	-
7	163435	466783	4,47	gras	GW	50	30	80
8	162234	466269	3,70	braak	GW	-	-	-
9	162387	466249	3,84	braak	GW	30	10	100
10	162626	466251	3,88	gras	GW	50	20	95
11	162833	466151	4,27	gras	GW	70	50	130
12	163016	466108	4,52	gras	GW	55	30	120
13	163325	466040	4,28	bosgrond	GW	0	0	60
14	163481	466086	4,49	bosgrond	GW	20	0	80
15	163942	466183	4,59	bosgrond	GW	50	30	100
16	163964	466312	5,69	gras	GW	90	70	130
17	163986	465836	4,37	gras	GW	-	-	-
18	164011	465542	4,47	bosgrond	GW	100	70	120

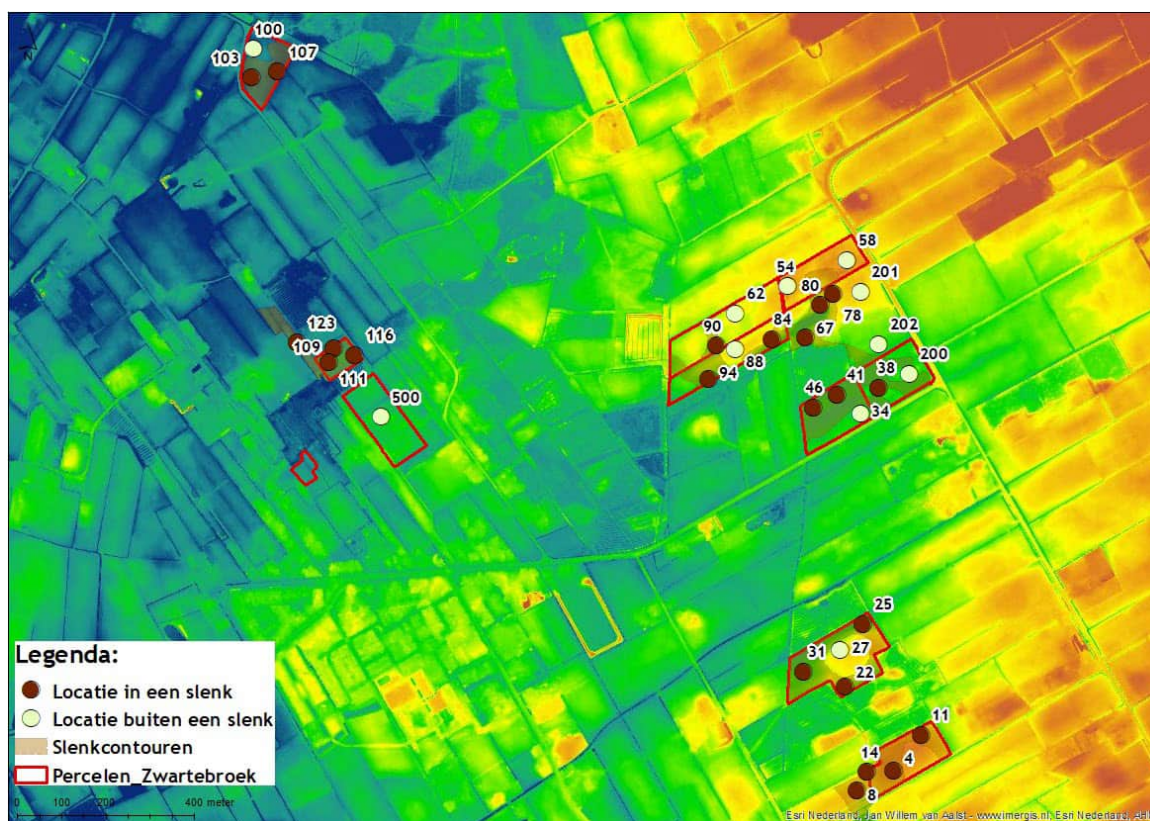
De bodem- en watermonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal zijn 96 bodemonsters en 18 watermonsters verzameld en geanalyseerd. In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.



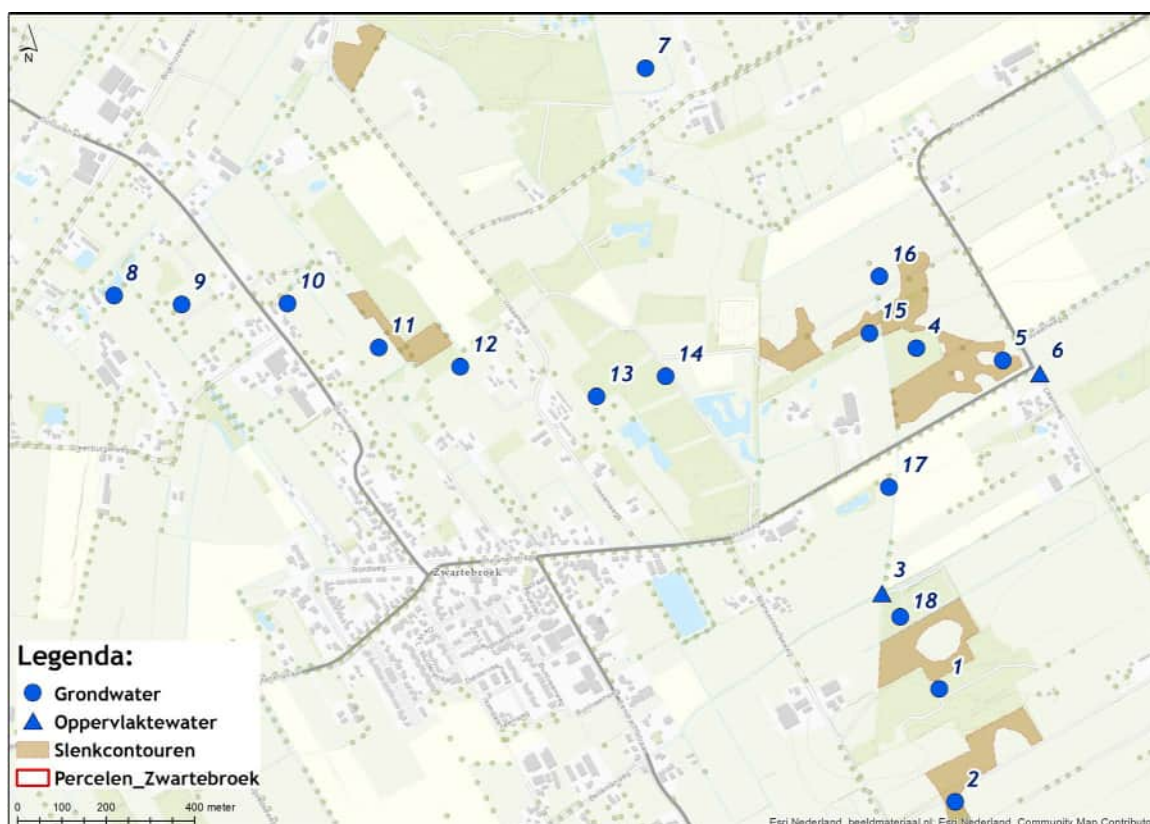
Figuur 6. Topografische kaart met de ligging van de bodem- en watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied.



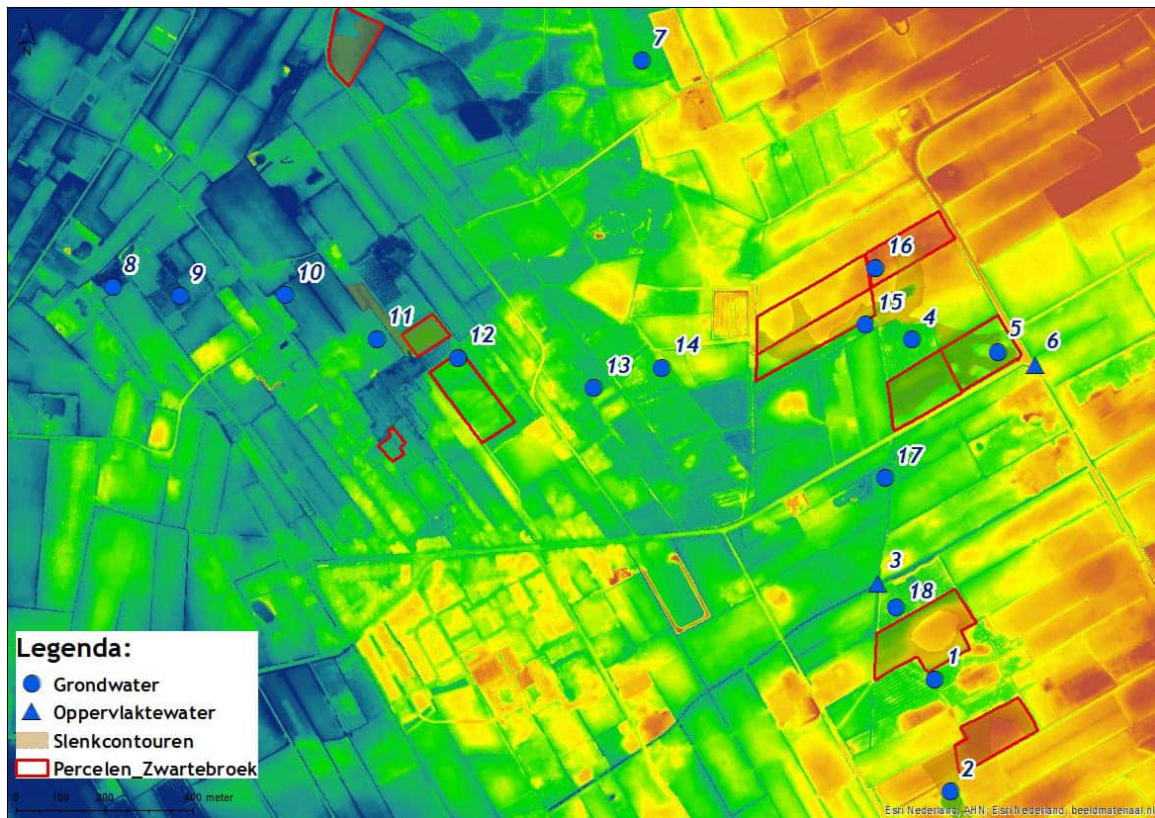
Figuur 7. Topografische kaart met de ligging van de bodemonsterlocaties in het onderzoeksgebied.



Figuur 8. Hoogtekaart (AHN3) met de ligging van de bodemonsterlocaties in het onderzoeksgebied.



Figuur 9. Topografische kaart met de ligging van de watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied.



Figuur 10. Hoogtekaart (AHN3) met de ligging van de watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied.

3.2 Chemische analyse

Voor alle bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);

Voor een selectie van 71 bodemmonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium/

Drooggewicht en organisch stofgehalte

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

Destructie

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

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie

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

Analyse oppervlakte- en grondwater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO₂ en HCO₃) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 mol l⁻¹ zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De extinctie (450 nm) van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Biotek plaatreader. De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP-OES werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

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

3.3 Verschralingsduur

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

De verschralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 μmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ($(0,5/10) \times 100$). 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. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschraling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Voor uitmijnen (vooral geschikt op droge locaties) kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. effectiviteit en hydrologie).

Vanaf Tabel 8 wordt de berekende verschralingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en diepte gegeven. De verschralingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 20-25 cm bij elkaar worden opgeteld.

4. RESULTATEN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem, het bodemtype en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte natuurtypen.

Tabel 6. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H ₂ O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldruischraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
		20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
	Rietmoeras	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)
	Elzenbroekbos					

De gemeten grondwaterstanden (30/31 januari 2023) ten opzichte van maaiveld variëren redelijk sterk in het gebied met een GLG variërend van 60 tot 130 cm-mv en een GHG variërend van 0 tot 70 cm-mv. Deze variatie wordt weergegeven in Figuur 12.



Figuur 11. Foto's van (grond)watermonsterlocaties in het onderzoeksgebied (links: 2; rechts: 8). Foto's: Jan Vermeer.



Figuur 12. Overzicht van de ruimtelijke variatie in de GLG (onderste notatie) en GHG (bovenste notatie).

De grondwaterkwaliteit is van invloed op de vegetatieontwikkeling in een gebied. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurtypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant. Voor de ontwikkeling van blauwgraslanden is vereist dat grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uittreedt. Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegen gegaan. Voor heischrale graslanden is het vaak al voldoende als zwak-matig gebufferd grondwater nabij maaiveld staat zodat buffering kan plaatsvinden door capillaire opstijging. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe, reguleerbare greppels of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of 'weggedrukt' door regenwater. Het is zaak voldoende doorstroming te creëren met droogval van de toplaag in de zomerperiode

Wanneer het grondwater niet hoog en/of lang genoeg in de toplaag van de bodem doordringt om aanrijking van de basenvoorraad te bewerkstelligen ter compensatie van de zuurvorming die plaatsvindt als gevolg van oxidatieprocessen in de toplaag (de vereiste periode is afhankelijk van de buffering en de Ca+Mg-concentraties van het grondwater) zal de bodembuffering afnemen.

Zwak tot matig gebufferd grondwater is in principe geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland (heischraal grasland, blauwgrasland, veldrusschraalland). Onder zeer ijzerrijke (en veelal wat meer gebufferde) omstandigheden kan een vochtig hooiland (dotterbloemhooiland) tot ontwikkeling komen.

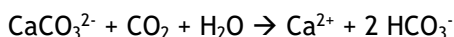
Ook voor de ontwikkeling van broekbossen is het van belang dat, na beperkte droogval van de toplaag in de zomerperiode, van circa oktober tot en met april gebufferd, ijzerrijk grondwater in het maaiveld uittreedt waarbij voldoende doorstroming essentieel is (stijghoogte grondwater > oppervlaktewaterpeil). Zie ook Kader 1.

In Tabel 7 worden de hydrochemische data van de watermonsters weergegeven.

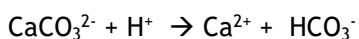
Tabel 7. Kwaliteit van het oppervlaktewater en freatische grondwater in het gebied. Concentraties zijn gegeven in $\mu\text{mol/l}$, met uitzondering van pH. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$. Fe/P = ijzer-fosfaat ratio (mol/mol). Voor ligging van de locatie zie Figuur 9 en Figuur 10.

Code	Type	pH	Alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Fe/P
3	OW	7,3	4,3	586	559	4913	2	2192	27	388	5,0	325	56,8	23,6	1,7	856	146	980	5,4
6	OW	7,2	3,9	571	669	4182	6	2003	28	418	4,6	404	105,7	22,8	1,2	889	219	959	6,1
1	GW	6,2	-	840	3538	2593	130	3498	116	662	5,2	1635	13,1	4,7	-	1327	12	2159	22,3
2	GW	6,6	-	377	2280	3673	37	1869	51	134	4,1	52	1,9	16,5	-	463	11	249	12,5
4	GW	6,6	-	535	3026	5046	8	2467	40	328	3,0	286	1,2	10,7	-	431	16	324	13,4
5	GW	6,9	-	396	1592	4722	23	1846	20	537	1,7	70	0,7	2,2	-	49	10	102	12,0
7	GW	5,9	-	220	3888	1172	371	803	226	340	85,6	352	0,6	4,1	-	83	224	65	2,6
8	GW	6,0	-	274	5328	2131	251	1189	54	315	14,8	65	0,8	3,0	-	397	126	247	3,7
9	GW	5,6	-	94	4696	709	263	541	84	97	5,3	73	0,8	2,6	-	57	10	115	15,9
10	GW	6,1	-	339	5699	2728	144	1393	175	485	129,0	186	2,2	31,6	-	45	256	132	1,4
11	GW	6,1	-	182	1874	995	315	815	110	414	24,7	226	149,9	2,7	-	35	79	121	4,5
12	GW	5,7	-	67	1491	322	236	353	36	69	12,3	63	11,8	2,9	-	37	46	51	2,9
13	GW	6,4	-	249	2004	2099	553	1795	148	180	14,7	40	6,8	4,9	-	325	45	195	10,1
14	GW	6,2	-	266	2928	1781	207	1420	87	174	3,9	117	1,3	3,0	-	320	12	185	22,1
15	GW	6,7	-	737	2524	5770	15	3500	8	336	1,6	458	30,6	2,8	-	729	10	1333	5,3
16	GW	5,8	-	58	792	211	763	402	147	174	13,3	39	40,3	4,4	-	52	33	124	11,1
17	GW	6,4	-	664	5948	6552	7	3199	76	794	2,1	300	0,3	2,2	-	301	10	111	37,0
18	GW	6,5	-	596	2468	3407	47	2133	24	654	2,2	160	1366,5	1,5	-	679	10	618	11,2

Het bemonsterde grondwater is gemiddeld goed gebufferd (2745 $\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$; Tabel 7). In Figuur 15 wordt de ruimtelijke variatie in de mate van buffering van het grond- en oppervlaktewater (HCO_3^-) weergegeven. Hieruit blijkt dat het grondwater in het zuidoostelijke deel (onder locatie 16 en ten oosten van locatie 14) van het onderzoeksgebied (locaties 1-6, 13-15, 17 en 18) (zeer) sterk gebufferd is (hoofdzakelijk >4000 of $>2000 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$). In de rest van het gebied is de variatie tussen locaties groot, de zwak tot matig gebufferde locaties ($<1000 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$; locatie 9, 11, 12 en 16) worden afgewisseld met goed gebufferde locaties ($1500-3000 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$; locatie 8, 10, 13 en 14). De calciumconcentratie in het water heeft ook invloed op de buffering via adsorptie aan het kation uitwisselingscomplex. Voor de (grond)watermonsters zijn de calciumconcentraties gecorreleerd met de bicarbonaatconcentraties waarbij de bicarbonaatconcentratie bij benadering tweemaal hoger is dan de calciumconcentratie. Dit indiceert dat calcium en bicarbonaat vrijkomen uit het oplossen van kalk onder invloed van CO_2 .

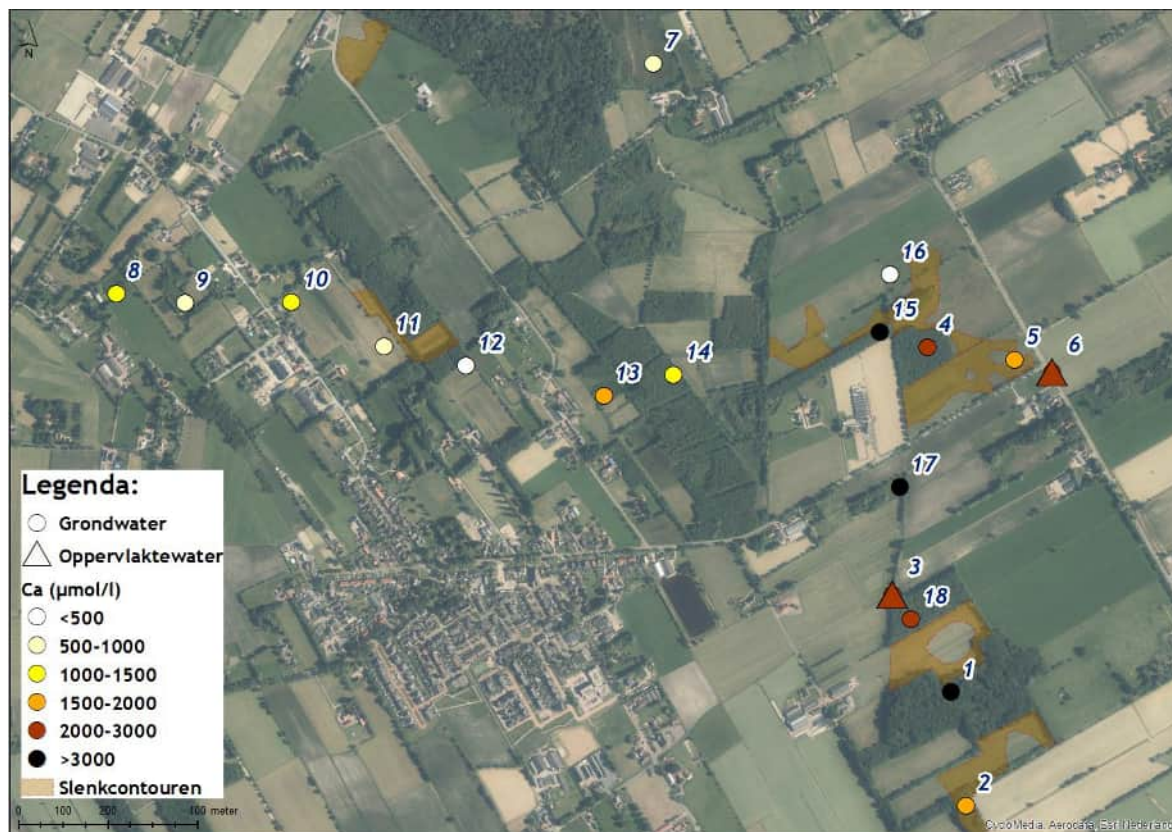


Alleen op locatie 1 is de calciumconcentratie fors hoger dan je op grond van de bicarbonaatconcentratie zou verwachten Het grondwater heeft hier ook een relatief hoge sulfaatconcentratie. Dit duidt er op dat hier ook relatief veel Ca vrijkomt als gevolg van de verzuring door pyrietoxidatie. Hierbij reageert zuur direct met CaCO_3 , waarbij calcium en bicarboaat in 1:1 verhouding vrijkomen.

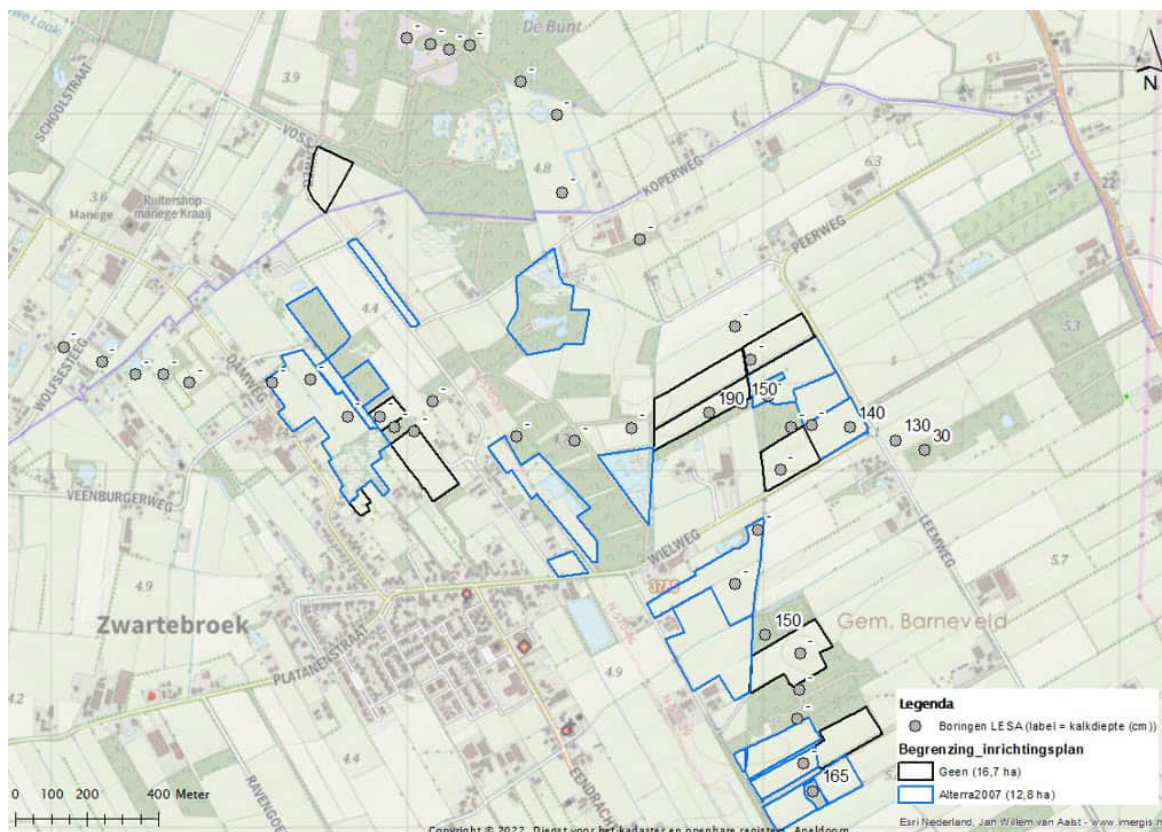


In Figuur 13 wordt de ruimtelijke variatie in de calciumconcentratie in het grond- en oppervlaktewater weergegeven. De trend die op basis van de HCO_3^- concentratie is te zien is grotendeels terug te vinden in de calciumconcentratie. Bijna alle locaties die zwak tot matig gebufferd zijn ($<800 \mu\text{mol/l HCO}_3^-$; locatie 9, 12 en 16) hebben ook een relatief laag calciumconcentratie in het grondwater ($<800 \mu\text{mol/l Ca}$). Daarnaast is het grondwater in het zuidoostelijke gedeelte van het gebied rijk aan calcium net als HCO_3^- . Tijdens het veldwerk is de Bosgroepen op diverse locaties gestuit op kalk in de bodem. In Figuur 14 wordt de diepte waarop de kalk is aangetroffen weergegeven. Net als de hogere buffering en calciumconcentraties in het grondwater wordt dit vrije kalk in de zuidoostelijke hoek van het gebied aangetroffen. Echter, niet op alle locaties met gebufferd grondwater is kalk aangetroffen. Wanneer het grondwater in

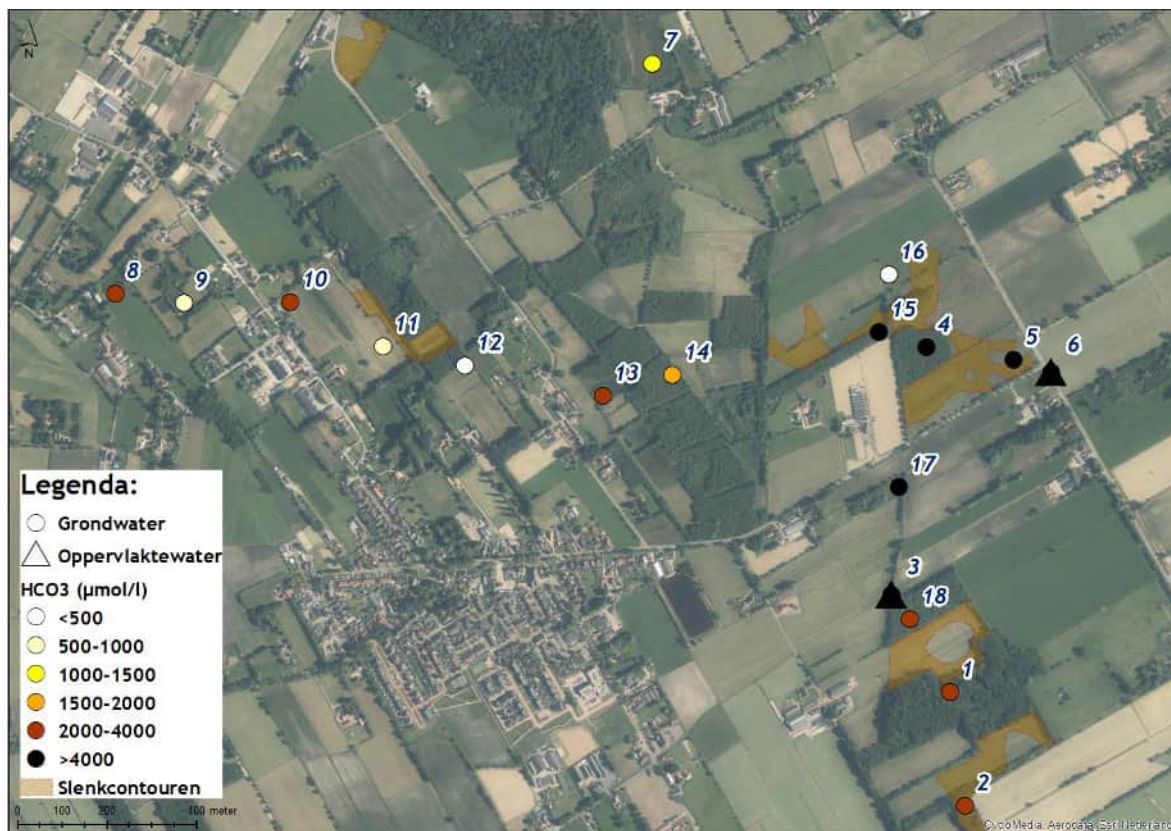
aanraking komt met de kalk wordt dit aangerijkt met bufferstoffen. Kalk lost met name op door de reactie met koolzuur (zie hierboven) waarbij tweemaal zoveel bicarbonaat als calcium ontstaat.



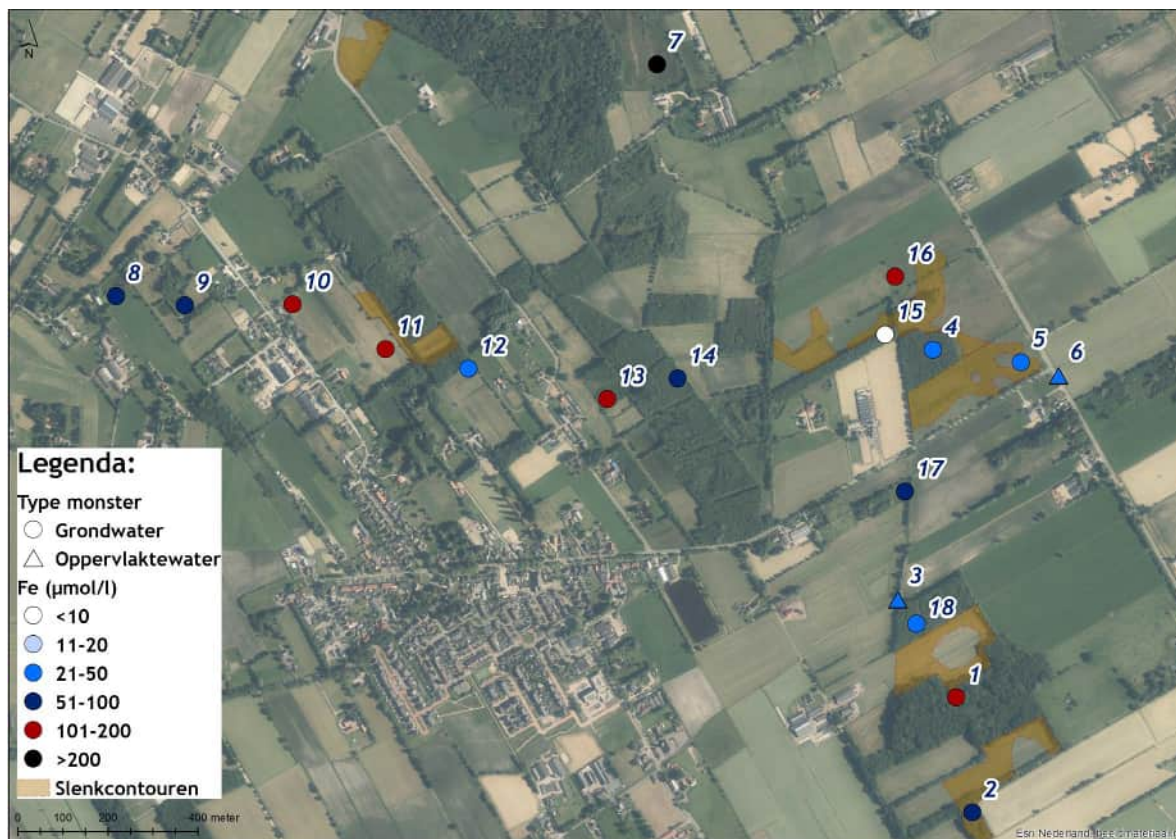
Figuur 13. Overzicht van de ruimtelijke variatie van de calciumconcentratie in het grond- en oppervlaktewater.



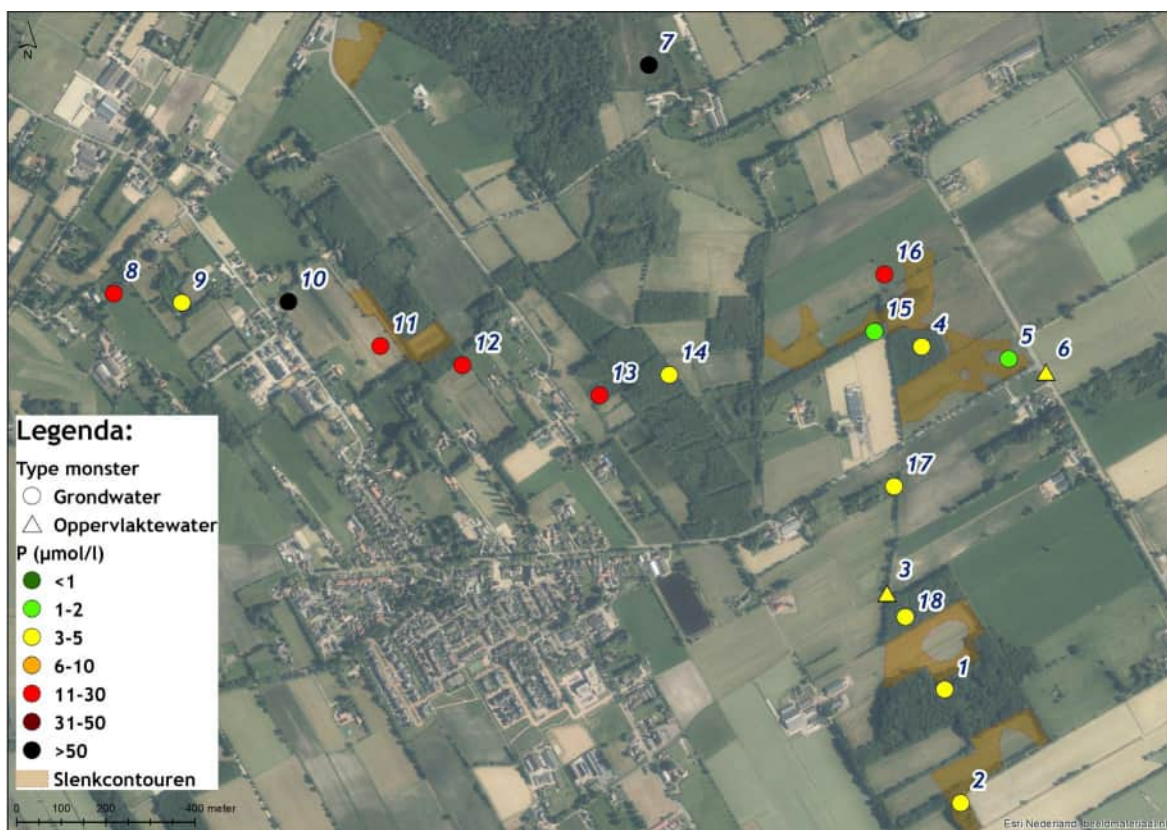
Figuur 14. Overzicht van de diepte (cm-mv) waarop Bosgroepen vrije kalk in de bodem heeft aangetroffen (bron: Bosgroepen; datum 20-02-2023).



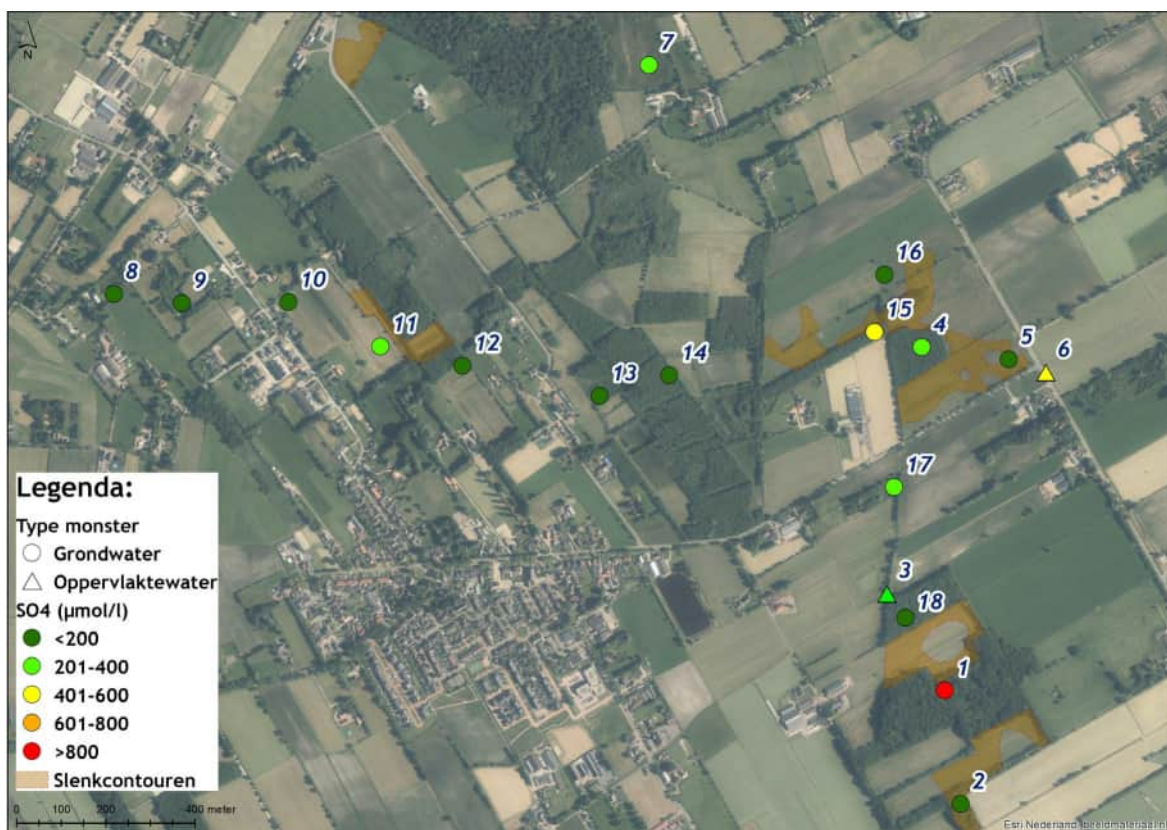
Figuur 15. Overzicht van de ruimtelijke variatie van de buffering (HCO_3^-) in het oppervlakte- en grondwater.



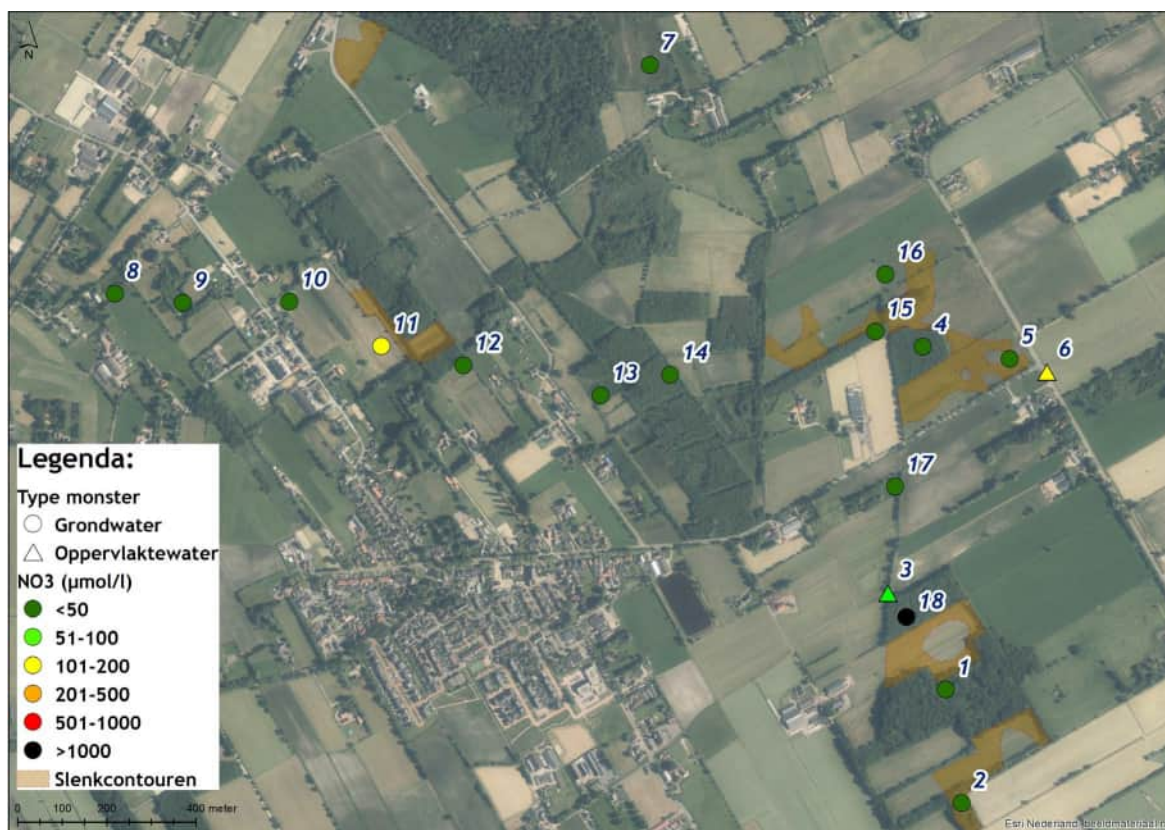
Figuur 16. Overzicht van de ruimtelijke variatie van de ijzerconcentratie in het grond- en oppervlaktewater.



Figuur 17. Overzicht van de ruimtelijke variatie van de fosforconcentratie in het grond- en oppervlaktewater.



Figuur 18. Overzicht van de ruimtelijke variatie van de sulfaatconcentratie in het grond- en oppervlaktewater.



Figuur 19. Overzicht van de ruimtelijke variatie van de nitraatconcentratie in het grond- en oppervlaktewater.

Er is grote variatie aangetroffen in de fosforconcentraties in het grondwater. Op 9 locaties is een relatief lage fosforconcentratie aangetroffen ($<10 \mu\text{mol/l}$; locatie 1-4, 9, 14, 15, 17 en 18). Daarentegen is op locatie 7 en 10 een fosforconcentratie van $>50 \mu\text{mol/l}$ aangetroffen. In Figuur 17 wordt de ruimtelijke variatie in de fosforconcentratie in het grond- en oppervlaktewater weergegeven. Hieruit blijkt dat in de zuidoostelijke hoek van het gebied de laagste fosforconcentraties in het water zijn aangetroffen. De kaliumconcentratie in het grondwater is sterk gecorreleerd met de fosforconcentratie. Dit suggereert dat uitspoeling uit landbouwbodems een rol speelt. Fosfor kan in het water gebonden worden door ijzer. Op alle locaties is de Fe/P ratio >1 (zie Tabel 7). Dit is positief: wanneer het grondwater uittreedt in het maaiveld en in contact komt met zuurstof oxideert het opgeloste ijzer en wordt fosfor gebonden. In bijna het hele gebied is het grondwater minimaal matig ijzerhoudend ($>20 \mu\text{mol/l}$). Alleen op locatie 15 is een, voor het gebied, lage ijzerconcentratie ($8 \mu\text{mol/l}$) aangetroffen. We zien wel een trend wanneer we de ijzerconcentratie (Figuur 16) en de fosforconcentratie vergelijken. Zoals eerder gemeld is de Fe/P ratio positief.

De nitraatconcentraties in het grondwater zijn over het algemeen laag ($<50 \mu\text{mol/l}$), echter op 2 locaties is het verhoogd (locatie 11 en 18; $>100 \mu\text{mol/l}$). Het is op basis van de ligging niet te achterhalen waarom, vooral locatie 18, op deze locaties de nitraatconcentratie verhoogd is (zie Figuur 19). Locatie 11 ligt in een weiland, mogelijk is hier sprake van nitraatuitspoeling. Op twee nabijgelegen locaties (locatie 109 en 116) zijn hoge nitraatconcentraties in de bodem aangetroffen (zie paragraaf 5.4). Dit geldt niet voor locatie 18. Volgens de veldmedewerker Jan Vermeer betreft het een locatie met wat drogere bosgrond. Bosbodems kunnen rijk zijn aan nitraat door stikstofinvang en de afbraak van organisch materiaal. Nitraat wordt in de bodem gevormd door oxidatie van ammonium. Hierbij komt nitraat vrij maar ook zuur (protonen). Dit zuur maakt in de bodem calcium vrij dat vervolgens uitspoelt. Als gevolg van dit proces wordt de toplaag steeds verder ontkalkt.

Uitspoeling van nitraat kan tevens leiden tot verrijking van het grondwater met sulfaat als gevolg van pyrietoxidatie. Het grondwater in het gebied is zwak tot matig rijk sulfaat (gemiddeld 269 $\mu\text{mol/l}$). Hoge sulfaatconcentraties van het grondwater ($>500 \mu\text{mol/l}$) kunnen in natte gebieden leiden tot P-mobilisatie als gevolg van interne eutrofiëringsprocessen (mobilisatie van fosfaat dat in de bodem aan ijzer is gebonden). Echter, alleen op twee locaties (locatie 1 en 15) is een verhoogde sulfaatconcentratie ($>400 \mu\text{mol/l}$) in het grondwater gemeten. Nabij locatie 15 is ook het oppervlaktewater (OW6) matig verrijkt met sulfaat (zie Tabel 7 en Figuur 18).

Het grondwater is vooral in het zuidoostelijke deel van het gebied gunstig voor de ontwikkeling van grondwatergevoede natte schraallanden, vochtige hooilanden of broekbos. Het westelijk deel van het gebied is minder gebufferd en rijker aan fosfor (maar lokaal ook rijker aan ijzer wat dan weer positief is). De lage nitraat- en sulfaatconcentraties zijn positief. De mate van buffering bepaalt, onder voedselarme condities, welk type tot ontwikkeling kan komen. Naast de buffering van het grondwater is ook de buffering van de bodem essentieel en is de periode dat het grondwater in de wortelzone komt van invloed op de vegetatieontwikkeling.

Het oppervlaktewater is op twee locaties bemonsterd (OW3 en OW6), beide locaties liggen aan de oostzijde van het onderzoeksgebied. De hydrochemie van het oppervlaktewater lijkt heel erg op de hydrochemie van het nabijgelegen bemonsterde grondwater. Locatie 6 (gelegen helemaal aan de oostzijde van het gebied) bevat wel wat meer sulfaat (404 $\mu\text{mol/l}$) en nitraat (105,7 $\mu\text{mol/l}$) dan het grondwater op de nabijgelegen locatie 5 (0,7 $\mu\text{mol/l}$ NO_3^- en 70 $\mu\text{mol/l}$ SO_4^{2-}). Mogelijk wordt dit veroorzaakt door toevoer/uitspoeling vanuit de nabijgelegen landbouwpercelen.

Opgemerkt dient te worden dat het slechts een eenmalige meting van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit betreft. In Bijlage 4 worden STIFF-diagrammen per watermonsterlocatie weergegeven.

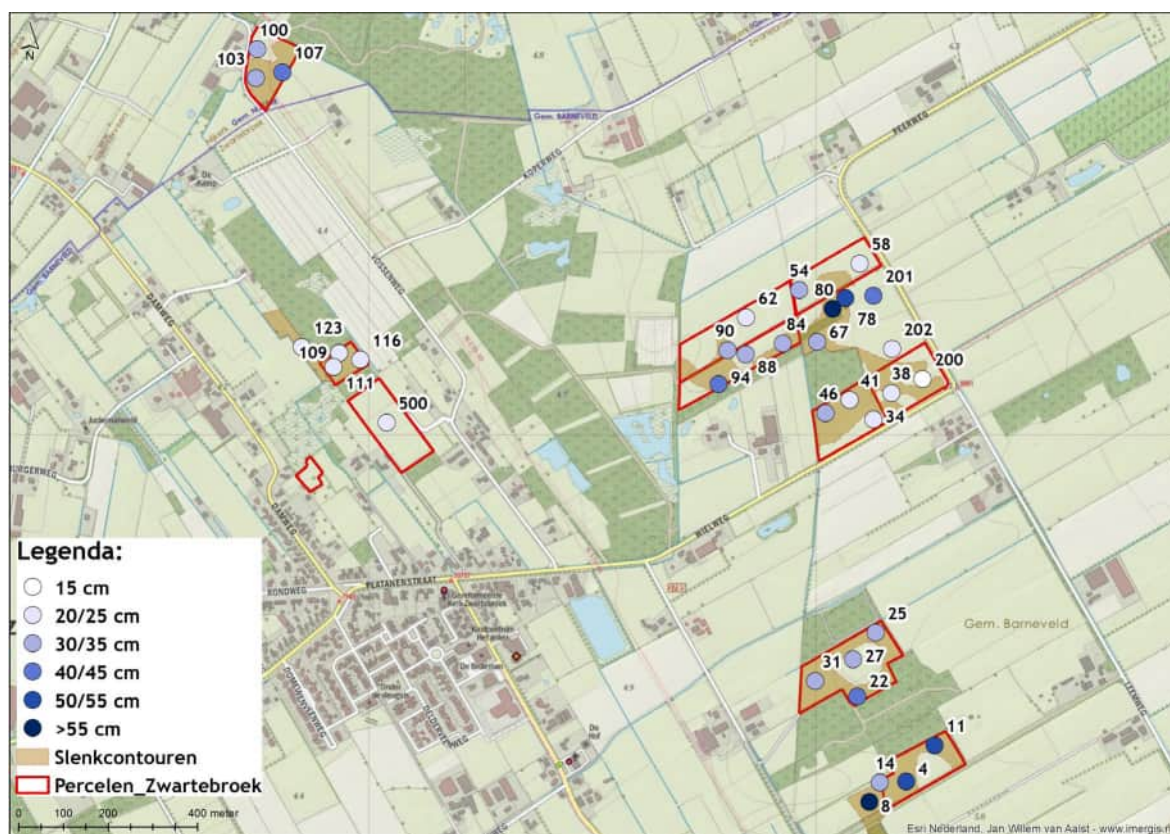
5. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 5.2 wordt het bodemtype besproken in paragraaf 5.3 de algemene bodemchemie. In paragraaf 5.4 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur per zone besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

5.2 Bodemtype

De toplaag in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit matig tot uiterst siltig zand. Op locatie 38 bestaat de toplaag uit sterk veraard bosveen. Dieper in de bodem wordt soms klei (11 locaties) of veen (6 locaties; de voormalige slenk) aangetroffen, maar op de meeste locaties (16 locaties) is zand tot op minimaal 150 cm-mv aanwezig. De dikte van de bouwvoor verschilt tussen locaties en varieert van 15 tot 65 cm-mv maar is overwegend 20-35 cm dik. In Figuur 20 wordt de dikte van de bouwvoor per locatie weergegeven. Hieruit blijkt dat de bouwvoordikte ruimtelijk ook zeer variabel is (sterke verstoring van de bodemopbouw) maar ook dat in het westelijk gelegen gebied wel een uniforme bouwvoordikte (20/25 cm) aanwezig is. Zie bijlage 1 voor de boorprofielen per locatie.



Figuur 20. Overzicht van de bouwvoordikte per locatie in het onderzoeksgebied.

Volgens de Nederlandse bodemkaart komen er, ter hoogte van de locaties, in het gebied vier verschillende bodemtypen voor: zandige beekdalgronden (8 locaties), venige beekdalgronden (6 locaties), beekkeerdgronden (lemig fijn zand; 5 locaties) en gooreerdgronden (leemarm en zwak leemig zand; 14 locaties). De Nederlandse bodemkaart en de ligging van de locaties worden weergegeven in Figuur 21.



Figuur 21. Overzicht van het bodemtype per locatie in het onderzoeksgebied.



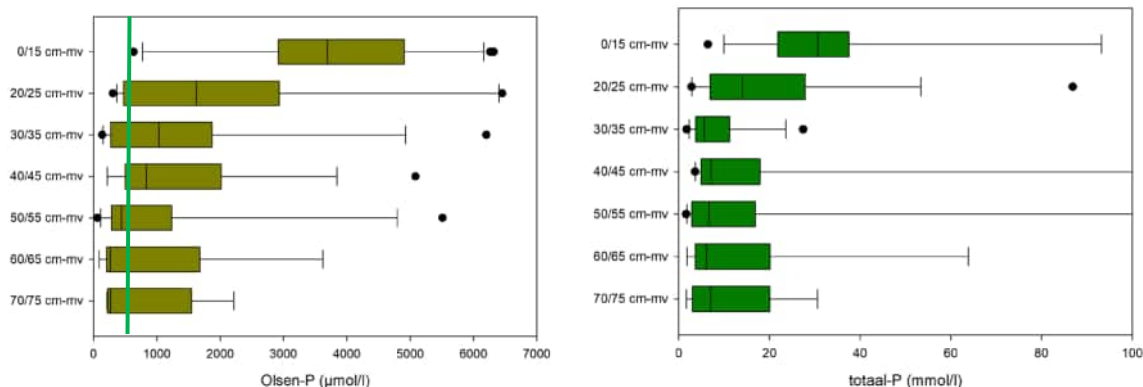
Figuur 22. Foto's van de boorprofielen op locatie 38 (links; zandige beekdalgronden binnen de slenk) en locatie 46 (rechts; gooreerdgrond buiten de slenk). Foto's: Jan Vermeer van ATKB.

5.3 Algemene bodemchemie

Algemene bodemchemie en trends in de diepte

In Figuur 23 wordt, door middel van boxplots, weergegeven hoe de fosfaatconcentraties veranderen in de diepte. De bovenste bodems, aangetroffen op 0 of 15 cm-mv zijn rijker aan fosfaat (Olsen-P mediaan: 3692 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P mediaan: 30,7 mmol/l) dan de onderliggende bodemlagen (Olsen-P mediaan: 708 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P mediaan: 7,6 mmol/l). De mediaan van de Olsen-P concentratie blijft in de diepte afnemen (zie Figuur 23), echter ook in de diepte zijn bodems aangetroffen met hoge Olsen-P concentraties (>800 $\mu\text{mol/l}$): de variatie is groot. De totaal-P concentraties nemen ook in de diepte af, echter de mediaan blijft vanaf 30/35 cm-mv ongeveer

.....
gelijk (5,6-7,1 mmol/l). Per diepte verschilt de spreiding sterk. Op twee locaties (locatie 103 en 107) zijn in de diepte (40/45 en 50/55 cm-mv) nog zeer hoge totaal-P concentraties (245,2-285,8 mmol/l) aangetroffen, dit zijn eveneens bodemlagen met zeer hoge ijzerconcentraties (623-685 mmol/l).

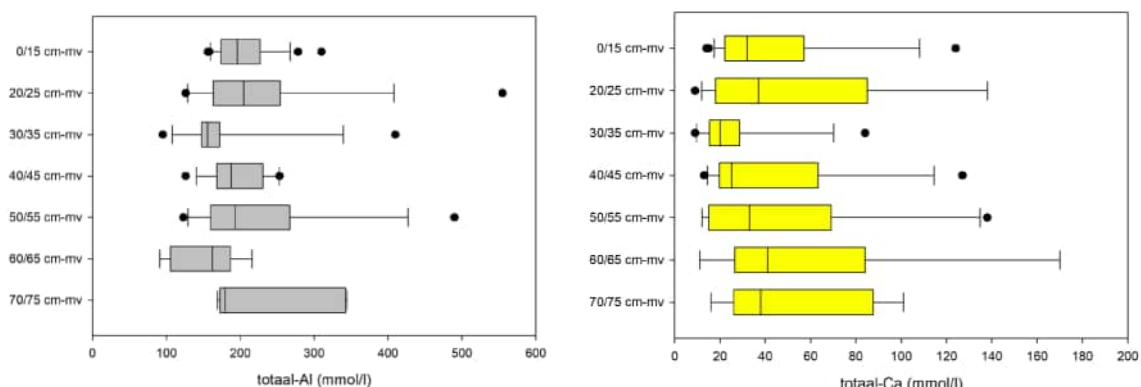


Figuur 23. Boxplots van de Olsen-P (inclusief bovengrens (groen) voor de ontwikkeling van heischraalgrasland/blauwgrasland: 500 µmol/l) en totaal-P concentraties in het onderzoeksgebied. In de boxplots van de Olsen-P en totaal-P concentraties is onderscheid gemaakt tussen de bodemlagen aangetroffen op de diepte: 0/15 cm-mv (n=27), 20/25 cm-mv (n=16), 30/35 cm-mv (n=12), 40/45 cm-mv (n=14), 50/55 cm-mv (n=13), 60/65 cm-mv (n=9) en 70/75 cm-mv (n=5). De Whiskers (horizontale lijnen met verticale uiteindes) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

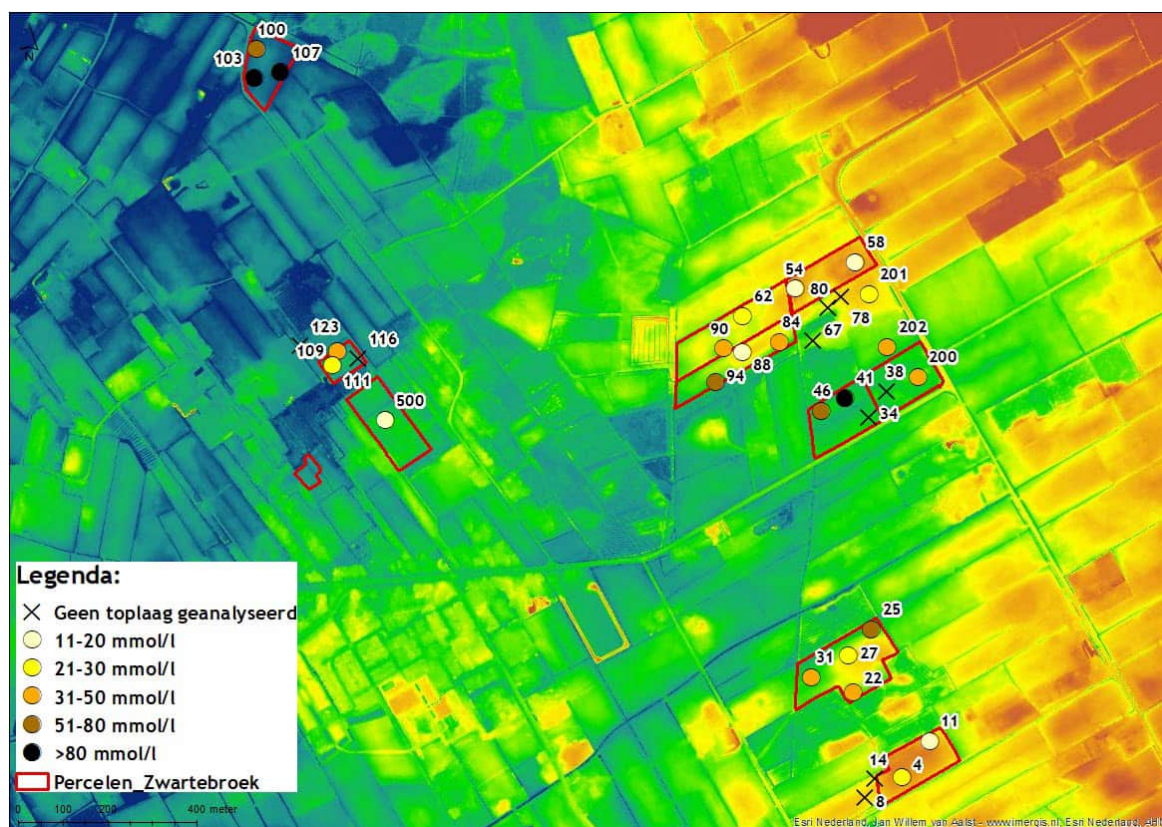
De buffering in het gebied wisselt sterk in de diepte, echter de mediaan ligt in alle bodemlagen tussen de 19 en 41 mmol totaal-Ca/l bodem. Dergelijke totaal-Ca concentraties worden (onder P-arme en de juiste hydrologische condities) vaak aangetroffen in blauwgraslanden of elzenbroekbossen. Dit is slechts de mediaan, in Figuur 24 is duidelijk te zien dat er grote verschillen tussen de bodemmonsters aanwezig zijn. De totaal-Ca concentraties in de dataset hebben een range van 9 tot 230 mmol totaal-Ca/l bodem. Per zone en per locatie komen we hier later in detail op terug.

In Figuur 25 worden de totaal-calciumconcentraties van de toplaag ruimtelijk weergegeven. De verschillen lijken vooral beïnvloed te zijn door de hoogte van de locaties, hoger gelegen locaties lijken minder rijk in totaal-Ca te zijn dan lageregelegen locaties. De calciumconcentraties in de toplaag kunnen tevens beïnvloed zijn door de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik. Later in dit hoofdstuk worden per zone de natuurpotenties toegelicht waarbij de mate van buffering eveneens sturend is.

De variatie in de totaal-Al concentraties is over het algemeen minder groot. Lage aluminiumconcentraties worden gemeten in zand- of veenbodems. Naarmate de bodems kleiiger/lemiger zijn nemen de aluminiumconcentraties toe. In vette komkleibodems worden overwegend Al-tot concentraties >1000 mmol/l gemeten. Het merendeel van de bodems in Zwartebroek heeft een totaal-Al concentraties <250 mmol/l, dit past bij de zandige bodems die zijn aangetroffen. Echter ook hier zijn enkele uitschieters te vinden. In 3 bodems is een totaal-Al concentratie van >400 mmol/l aangetroffen. Deze bodems zijn te vinden op locatie 38 (35-45; sterk zandig leem), 94 (55-65; sterk zandig leem) en 109 (25-45; sterk kleiig veen).



Figuur 24. Boxplots van de totaal- Al en -Ca concentraties in het onderzoeksgebied. In de boxplots van de Olsen-P en totaal-P concentraties is onderscheid gemaakt tussen de bodemlagen aangetroffen op de diepte: 0/15 cm-mv (n=27), 20/25 cm-mv (n=16), 30/35 cm-mv (n=12), 40/45 cm-mv (n=14), 50/55 cm-mv (n=13), 60/65 cm-mv (n=9) en 70/75 cm-mv (n=5). De Whiskers (horizontale lijnen met verticale uiteindes) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

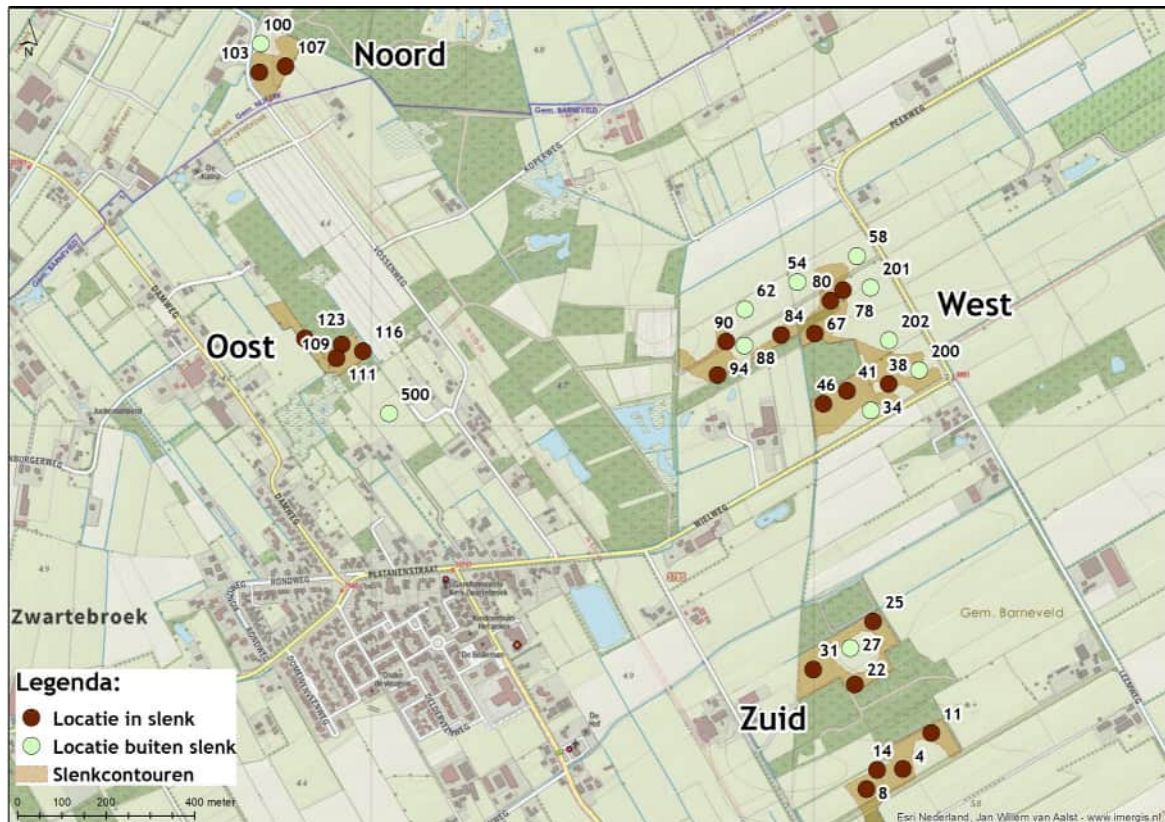


Figuur 25. Hoogtekaart (AHN3) met de totaal-calcium van de toplaag (0-15/20 cm-mv) op de boorlocaties, inclusief enkele niet bemonsterde locaties, in het onderzoeksgebied.

5.4 Kansen voor natuurontwikkeling

Doel van het huidige bodemchemische onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van een aantal percelen te bepalen (deels in de slenk en deels buiten de slenk). De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Bijlage 7.1). In deze paragraaf worden op basis van

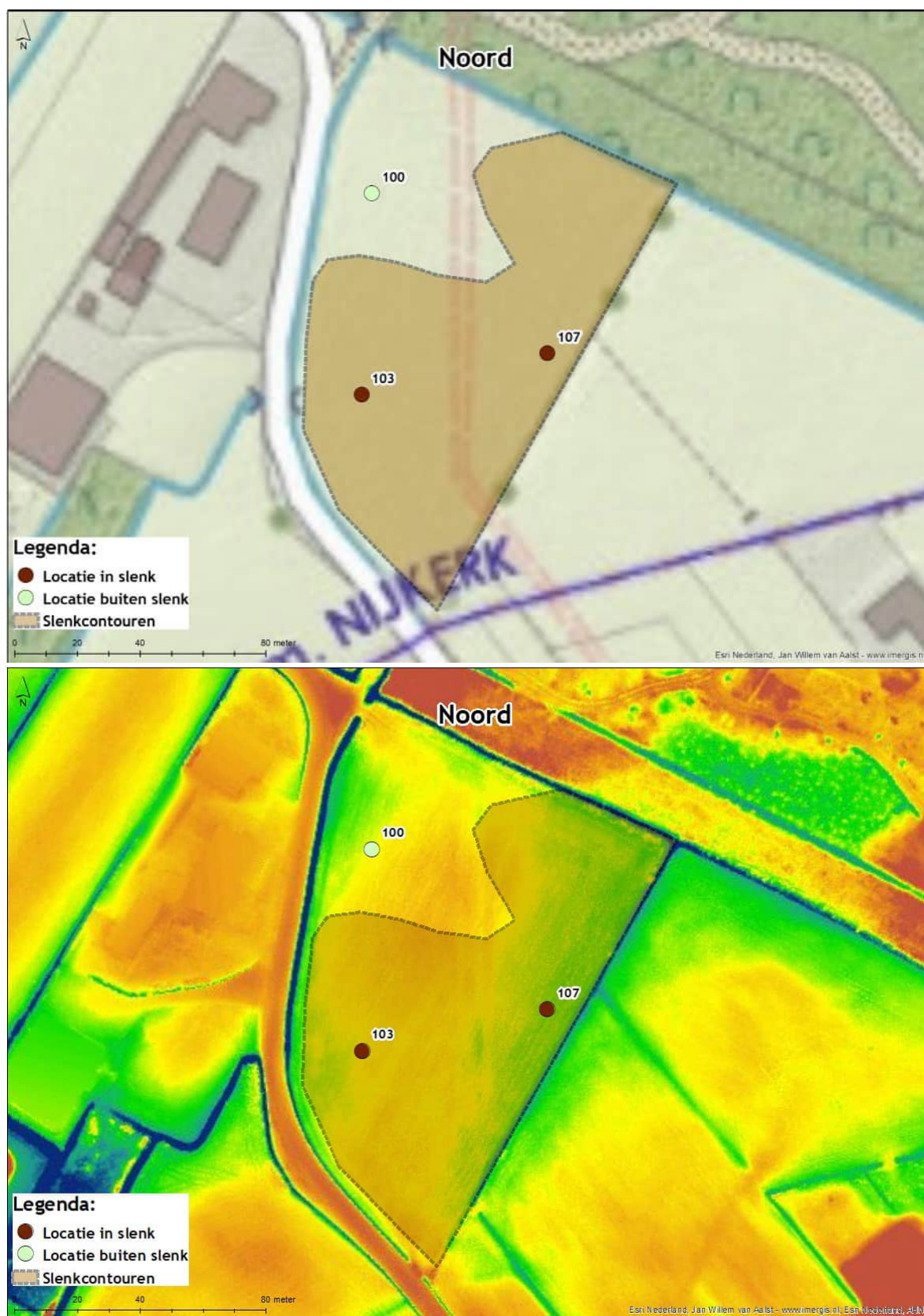
bodemtype en de bodemchemie de kansen voor natuurontwikkeling in het gebied besproken. De locaties zijn verdeeld in 4 zones op basis van de ligging (zie Figuur 26).



Figuur 26. Topografische kaart met de ligging van de zones en boorlocaties in het onderzoeksgebied.

Wanneer keuzes moeten worden gemaakt heeft het de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter oppervlak voor 'half werk' te kiezen. Dit laatste levert over het algemeen vooral teleurstellingen op en is uiteindelijk zonde van de inspanningen en gemaakte kosten. Bij de toelichting van de natuurpotenties wordt ervan uitgegaan dat er (forse) vernattingsmaatregelen gaan plaatsvinden in het gebied waardoor zowel op de flanken als in de slenk grondwaterafhankelijke vochtige tot natte natuur tot ontwikkeling kan komen. De Bosgroepen stellen op basis van deze adviezen per punt/zone in samenwerking met de opdrachtgever een inrichtingsplan op. Eventuele ontgrondingen dienen te passen in het ecohydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek.

Deelgebied Noord



Figuur 27. Overzicht van de ligging van de locaties in deelgebied Noord op een topografische (boven) en een hoogtekaart (onder).



Figuur 28. Impressie van deelgebied Noord op de locaties 100 (links) en 103 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.



Figuur 29. Boorprofielen van de locaties 100 (links) en 107 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.

Deelgebied Noord bestaat uit locatie 100, 103 en 107. Deze locaties liggen relatief laag (3,80-3,96 m NAP; zie Tabel 3). Locaties 103 en 107 liggen binnen de contouren van een (historische) slenk, locatie 100 ligt erbuiten. Op alle locaties is de toplaag bemonsterd. De GHG varieert van 40 tot 60 cm-mv en de GLG van 95 tot 130 cm-mv.

Tabel 8. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied Noord. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties ($\mu\text{mol/l}$). M3/M5/M8/M12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 μmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Ligging	Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)																	
t.o.v. slenk	%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren																	
binnen	<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	0	voldoende P-arm																
buiten	6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren																
	11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren																
	26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen																
	>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen																
			>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I																
						>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II																

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	M12	
100	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	14	1,2	5661	54,1	174	72	74	7	19	6	5	15013	120	948	6,1	100	236	224	67		319	308	290	266
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	13	1,3	6455	86,9	169	98	148	7	19	6											389	376	357	332
	35-45	zand	C	1	12	1,5	6203	27,4	176	38	63	10	22	1	7	9434	301	1245	6,0	100	357	279	15		76	76	75	69
103	0-20	zand, matig siltig en humeus, opgebr., bv	AP	5	16	1,2	6320	249,8	162	230	649	9	24	8	3	8031	867	3049	7,0	99	33	20	99		1487	1438	1364	1265
	50-60	zand, matig siltig en humeus, begr.	A	6	21	1,3	5511	285,8	175	138	685	14	29	12											844	812	763	699
	60-70	zand, matig siltig	C	2	15	1,4	3621	63,9	144	41	197	11	25	7	6	30821	242	1336	6,4	100	53	97	67		183	172	155	133
107	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	21	1,2	6265	359,7	196	124	812	11	30	10	13	17562	138	3481	5,3	99	71	133	76		2141	2069	1961	1818
	35-45	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	1	15	1,5	1896	14,7	165	29	80	13	25	2											37	34	27	17
	45-55	zand	BC	4	22	1,3	5085	245,2	219	97	623	14	31	25	9	7232	799	2433	6,7	99	3	10	55		721	691	646	586
	55-65	zand	C	1	16	1,5	708	5,9	138	24	50	12	24	1	19	8070	905	2729	6,4	99	22	14	60		9	5	0	0

Binnen de slenk

Locatie 103 (GHG: 60 cm-mv, GLG: 110 cm-mv):

De 20 cm dikke toplaag is rijk aan ijzer en calcium en is zwak-matig aluminiumhoudend (Fe-t: 649 mmol/l; Al-t: 162 mmol/l; Ca-t: 230 mmol/l en Ca-z: $\pm 8.050 \mu\text{mol/l}$). De toplaag bevat zeer veel

.....

fosfaat (totaal-P: 249,8 mmol/l en Olsen-P: 6320 µmol/l), dit wordt waarschijnlijk deels veroorzaakt door de hoge totaal-Ca en totaal-Fe concentraties maar de hoge P-z concentraties duiden op een forse overmaat aan fosfaat. De bodem op 30-60 cm-mv betreft waarschijnlijk een begraven bodem. De bodem is tot op minimaal 70 cm-mv sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 63,9-285,8 mmol/l en Olsen-P: 3621-5511 µmol/l), hierdoor is het niet mogelijk om door middel van een afgraving van 60 cm fosfaatgelimiteerde vegetatie te ontwikkelen. Deze locatie biedt geen goede mogelijkheden voor soortenrijke P-gelimiteerde natuurontwikkeling. Indien toch deze locatie wordt ontwikkeld wordt er geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van (ver)ruigde vegetatie op de toplaag (kruidenrijk grasland door middel van maaien en afvoeren; eventuele versnelde verschraling onder invloed van ijzerrijk grondwater in combinatie met wisselend peilbeheer) of na afgraving (broekbos met ruige ondergroei of moerasruigte). Ruige vegetatie kan wel mogelijkheden bieden voor diverse fauna.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van (ver)ruige vegetatie/voedselrijker grasland op de toplaag of na afgraving.

Locatie 107 (GHG: 40 cm-mv, GLG: 95 cm-mv):

De 20 cm dikke toplaag is rijk aan ijzer en calcium en is zwak-matig aluminiumhoudend (Fe-t: 812 mmol/l; Al-t: 196 mmol/l; Ca-t: 124 mmol/l en Ca-z: ± 17.550 µmol/l). De toplaag bevat veel fosfaat (totaal-P: 359,7 mmol/l en Olsen-P: 6265 µmol/l), dit wordt waarschijnlijk deels veroorzaakt door de hoge totaal-Fe concentratie. Zie ook locatie 103. De fosfaatconcentraties op 35-45 cm-mv zijn sterk afgenomen (totaal-P: 14,7 mmol/l en Olsen-P: 1896 µmol/l). De bodemlaag daaronder (verstoorde bodemopbouw?) bevat weer veel ijzer en fosfaat (totaal-P: 245,2 mmol/l, Olsen-P: 5085 µmol/l en 623 mmol Fe/l). Het is echter moeilijk in te schatten in hoeverre de Olsen-P concentratie een overschatting vormt van de P-beschikbaarheid in dergelijk extreem ijzerrijke bodems met een hoge totaal-P concentraties. Bij hoge ijzerconcentraties kan de P-z concentraties enig inzicht bieden, deze is op 45-55 cm-mv gunstig (3 µmol/l). Er bestaat dus een kans dat na afgraving van 45 cm de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland onder ijzerrijke omstandigheden mogelijk is (risico/onzeker). Droogval in de zomer is hierbij essentieel. Door een afgraving van 55 cm zijn de fosfaatconcentraties gunstiger (totaal-P: 5,9 mmol/l en Olsen-P: 708 µmol/l) en bestaat er meer zekerheid dat de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie zoals blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of elzenbroekbos/rietmoeras (natte omstandigheden) mogelijk is.

Optie 1: 55 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of elzenbroekbos/rietmoeras (natte omstandigheden).

Optie 2: 45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland te stimuleren (combinatie fosfaatrijke en ijzerrijke omstandigheden bieden onzekerheid).

Buiten de slenk

Locatie 100 (GHG: 60 cm-mv, GLG: 130 cm-mv):

Op deze locatie is de bodem tot minimaal 35 cm-mv verrijkt met fosfaat (5661-6455 µmol/l Olsen-P en 27,4-8,9 mmol/l totaal-P) en hierdoor niet geschikt voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie en de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijkgrasland met een Olsen-P concentratie van 1200 µmol/l. Door de verwachte vernatting in het gebied zal er waarschijnlijk ook geen droogtestress optreden. Hierdoor is ook de ontwikkeling van een soortenrijk kruiden- en faunarijkgrasland onder droogtestress en/of N-limitatie onder

fosfaatrijkere omstandigheden niet mogelijk. Deze locatie biedt geen goede mogelijkheden voor een soortenrijke, P-gelimiteerde natuurontwikkeling. Indien toch deze locatie wordt ontwikkeld wordt er geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van (ver)ruigde vegetatie op de toplaag of na afgraving. Ruige vegetatie kan wel mogelijkheden bieden voor diverse fauna. Op termijn kan een kruidenrijk grasland tot ontwikkeling komen door middel van maaien en afvoeren; eventuele versnelde verschraling is mogelijk onder invloed van ijzerrijk grondwater in combinatie met wisselend peilbeheer (droogval van de toplaag in de zomer is essentieel).

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van (ver)ruige vegetatie/voedselrijker grasland op de toplaag of na afgraving.

Samenvatting kansen natuurontwikkeling deelgebied Noord

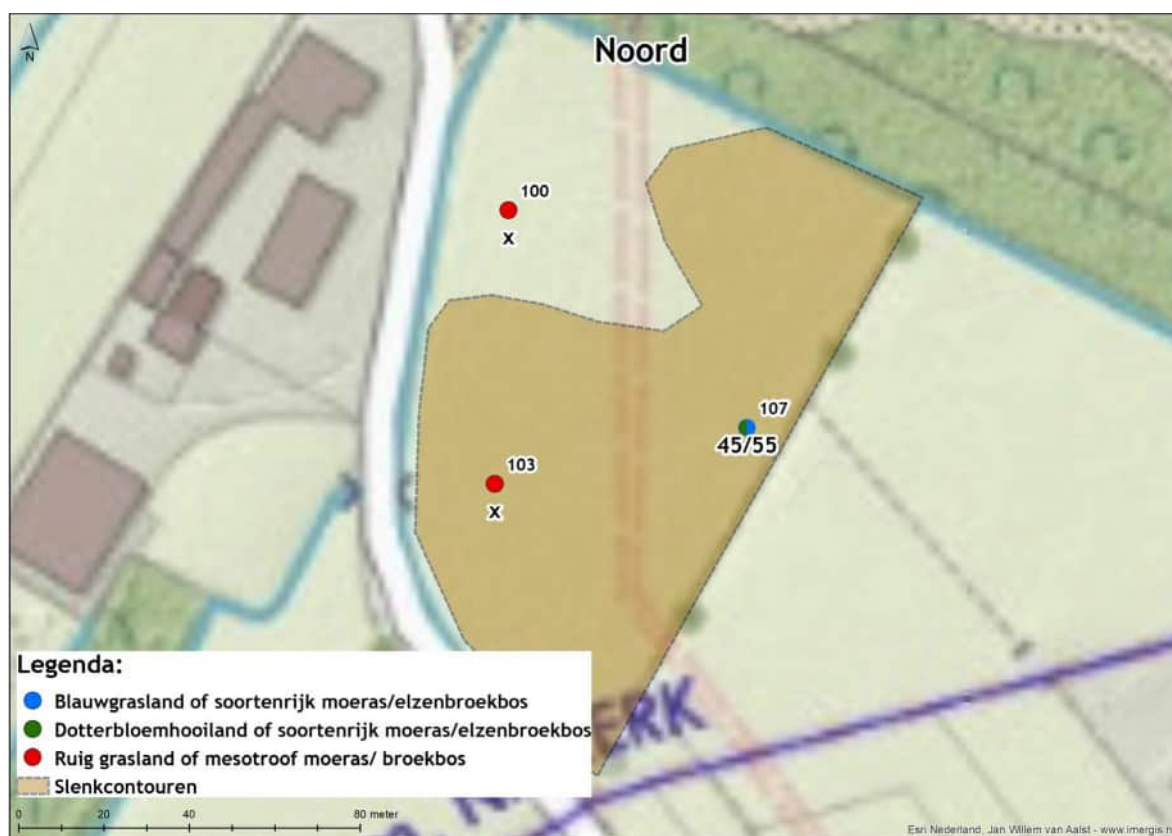
Zowel binnen als buiten de slenk zijn de fosfaatconcentraties hoog. Dit wordt mogelijk in sommige bodemlagen deels veroorzaakt door de hoge ijzerconcentraties, echter meestal soms zijn ook de niet ijzerrijke bodems sterk verrijkt met fosfaat. Alleen op locatie 107 is na afgraving van 45 (onzekerheid succes) of 55 cm ontwikkeling van een dotterbloemhooiland/blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of rietmoeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk. Op locatie 100 en 103 zijn geen goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie.

Dit deelgebied is dus over het algemeen niet kansrijk. Indien dit deelgebied wordt ontwikkeld wordt er geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van (ver)ruigde vegetatie op de toplaag of na afgraving. Bij afgraving wordt een diepte van 55 cm geadviseerd zodat ter hoogte van locatie 107 fosfaatgelimiteerde vegetatie kan worden ontwikkeld.

In Tabel 9 en Figuur 30 wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingsmogelijkheden in het deelgebied Noord.

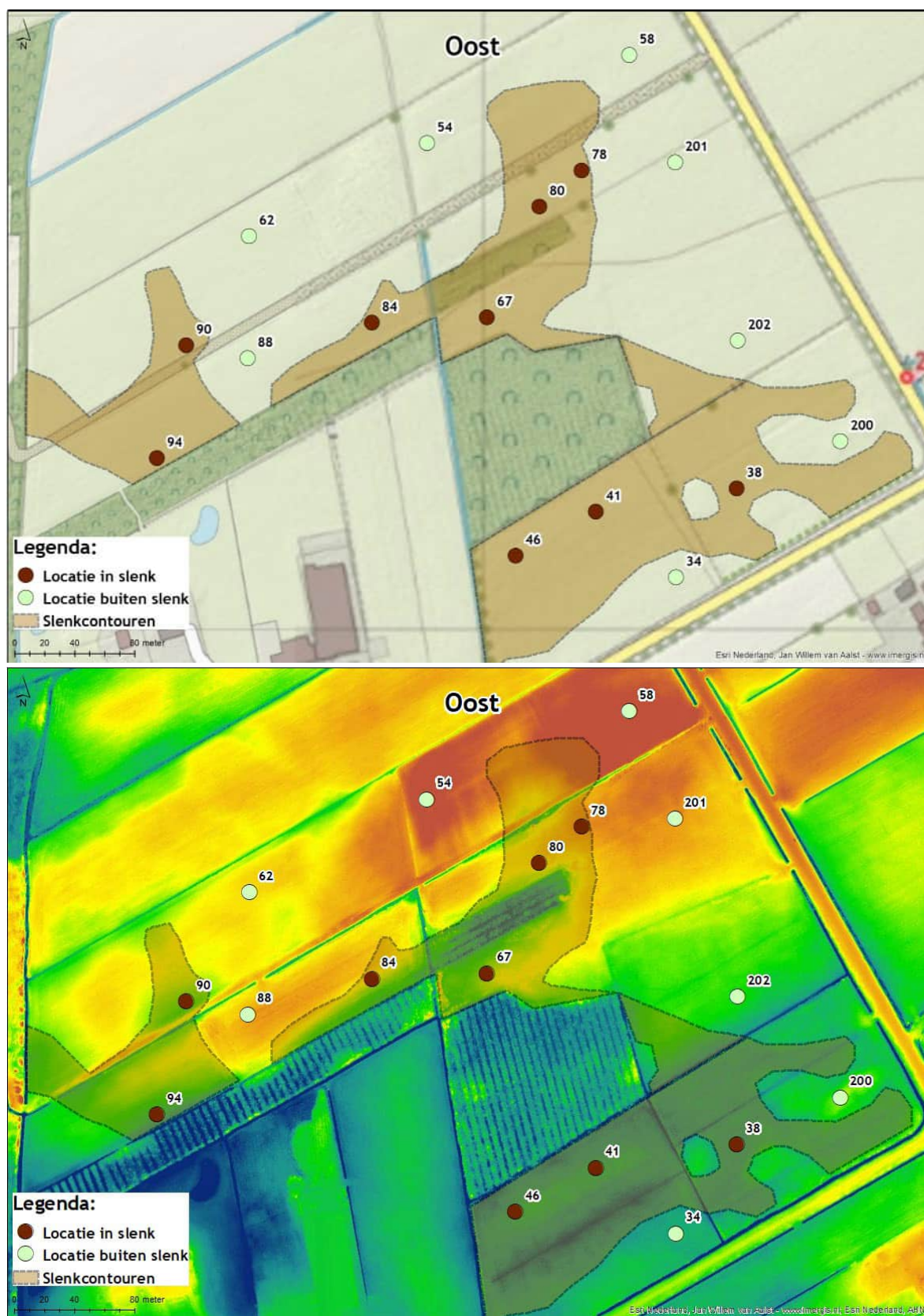
Tabel 9. Overzichtstabel van de kansen door afgraven en/of door middel van verschrallingsbeheer ((+) = 0-5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren) en de bodemchemisch gegevens van de (nieuwe) toplaag per locatie in deelgebied Noord. Ruig = ruig grasland of mesotroof moeras/broekbos, DBH = dotterbloemhooiland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos, BLG = blauwgrasland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos.

Nr	Vegetatie	Maatregel	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Ca-z	P-z	NO3-z	M3	M5	M8	M12
100	x	Ruig	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	5661	54,1	174	72	74	15013	236	224	319	308	290	266
103	x	Ruig	0-20	zand, matig siltig en humeus, opgebr., bv	AP	5	6320	249,8	162	230	649	8031	33	20	1487	1438	1364	1265
107	45	DBH	45-55	zand	BC	4	5085	245,2	219	97	623	7232	3	10	721	691	646	586
	55	BLG	55-65	zand	C	1	708	5,9	138	24	50	8070	22	14	9	5	0	0



Figuur 30. Overzichtsfiguur van de kansen per boorlocatie in deelgebied Noord op een topografische kaart. Onder de locatie staat de benodigde ontgrondingsdiepte en/of verschralingsduur ((+) = <5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren).

Deelgebied Oost



Figuur 31. Overzicht van de ligging van de locaties in deelgebied Oost op een topografische (boven) en een hoogtekaart (onder).



Figuur 32. Impressie van deelgebied Oost op de locaties 54 (links) en 90 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.



Figuur 33. Boorprofielen van de locaties 54 (links) en 90 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.

Deelgebied Oost bestaat uit locatie 34, 38, 41, 46, 54, 58, 62, 67, 78, 80, 84, 88, 90, 94, 200, 201 en 202. Locaties 38, 41, 46, 67, 78, 80, 84, 90 en 94 liggen binnen de contouren van een (historische) slenk, locaties 34, 54, 58, 62, 88, 200, 201 en 202 liggen erbuiten. De locaties liggen relatief hoog in het gebied (4,59-5,79 m NAP; zie Tabel 3). Op locaties 41, 46, 54, 58, 62, 84, 88, 90, 94, 200, 201 en 202 is de toplaag bemonsterd. De GHG varieert van 20 tot 70 cm-mv en de GLG van 90 tot >150 cm-mv.

Tabel 10. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied Oost. Voor de gebruikte parameters en arceringen zie Tabel 8.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ol6-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	M12	
34	25-35	leem, sterk zandig, omgew.	BC	5	23	1,2	1693	23,3	345	87	346	15	52	8	6	27300	78	5056	5,4	100	1	15	15	60	51	38	21	
	35-45	zand	C	1	13	1,5	204	4,1	152	27	66	10	31	0	8	8964	206	2030	6,3	100	0	25	26	0	0	0	0	
38	25-35	klei, sterk humeus, matig siltig, sterk veraard bosveen	A	14	45	0,7	305	11,7	296	215	315	7	42	40	11	35885	55	5933	5,1	100	0	81	37	1	0	0	0	
	35-45	leem, sterk zandig en humeus	BC	3	20	1,4	184	10,1	410	84	170	24	69	5	8	25358	143	4848	5,8	100	0	7	20	0	0	0	0	
41	0-25	zand, uiterst siltig, sterk humeus, bv	AP	10	29	1,0	808	19,8	310	104	339	10	40	18	14	27298	45	4388	5,0	100	1	126	58	97	59	2	0	
	25-40	zand, matig siltig, omgew.	C	2	15	1,5	392	6,8	208	41	94	11	33	4	39	20258	149	2421	5,3	99	0	39	40	7	0	0	0	
	40-55	zand, matig siltig, omgew.	C	1	14	1,6	219	4,9	169	29	78	9	35	1									0	0	0	0	0	
46	0-20	zand, uiterst siltig, sterk humeus, bv	AP	7	23	1,1	996	15,8	278	64	225	9	39	11	41	19634	55	3101	4,7	99	1	5	32	69	49	19	0	
	40-50	zand, matig siltig, omgew.	BC	2	17	1,5	718	10,7	252	52	103	12	40	7	6	19571	228	2648	5,4	100	0	73	58	20	10	0	0	
	50-60	zand, uiterst siltig, sterk humeus	C	4	21	1,5	304	10,9	333	67	144	17	76	2									0	0	0	0	0	
54	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	14	1,1	4123	30,7	158	18	256	4	14	8	461	6579	120	611	4,1	80	2	141	75	173	168	154	136	
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	15	1,0	1418	16,5	150	21	282	3	11	9									61	50	34	12		
	35-50	zand, sterk siltig, omgew.	BC	2	10	1,4	471	3,6	152	16	68	4	10	1	279	6279	225	1570	4,5	87	0	26	12	3	0	0	0	
	50-60	zand, sterk siltig	C	0	8	1,4	61	1,6	123	12	34	6	15	0	62	4449	494	1367	4,7	91	0	6	15	0	0	0	0	
58	0-20	zand, matig siltig en humeus, opgebr., bv	AP	5	16	1,0	3530	30,9	178	20	210	5	17	9	169	8000	114	1685	4,2	91	4	102	62	174	166	149	127	
	35-45	zand, sterk siltig, matig humeus, omgew.	A	4	13	1,1	914	11,6	159	22	225	4	11	6									24	16	5	0		
	45-65	zand, matig siltig, omgew.	BC	1	10	1,4	219	3,6	253	21	91	8	28	0	65	8075	818	2309	4,5	93	0	12	12	0	0	0	0	
	65-75	zand	C	0	8	1,4	91	1,8	108	11	34	6	15	0	155	2839	321	901	4,4	75	0	31	7	0	0	0	0	
62	0-15	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	13	1,1	3215	23,8	182	25	131	6	17	6	60	9309	156	1666	4,7	96	7	135	46	98	94	84	70	
	15-25	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	14	1,1	3173	23,9	184	25	127	6	17	6									65	63	56	47		
	25-35	zand	C	0	9	1,4	450	2,9	126	13	45	7	17	0	160	3436	265	611	4,5	79	0	18	25	0	0	0	0	
67	70-80	leem, sterk humeus, sterk veraard bosveen	A	8	36	1,0	269	9,5	345	101	131	17	48	15	10	24842	723	4180	5,0	100	0	62	73	0	0	0	0	
78	50-60	zand, uiterst siltig, omgew.	BC	2	13	1,4	440	6,7	188	37	112	8	24	2									7	0	0	0	0	
	60-70	zand	C	0	13	1,6	246	4,1	162	26	64	12	29	0	10	7048	311	2135	5,3	99	0	24	10	0	0	0	0	
80	60-70	bosveen, sterk veraard	A	24	47	0,6	407	14,7	102	170	178	2	18	32	13	29435	70	5005	5,4	100	1	238	74	12	0	0	0	
84	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	16	1,2	4472	33,1	245	33	197	9	25	8	106	10863	372	2907	4,6	96	8	418	39	188	184	170	151	
	55-65	zand, matig siltig en humeus, geroerd	A	5	20	1,1	1300	22,2	283	71	298	9	30	10	8	20141	662	3477	5,4	100	0	851	42	53	43	27	5	
	70-80	zand, matig siltig en humeus, geroerd	A	5	21	1,2	2214	30,6	340	74	265	12	38	12									83	74	61	44		
88	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	11	1,2	6136	30,7	160	14	113	5	15	6	227	5070	279	637	4,3	81	10	98	83	173	173	167	155	
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	9	1,2	6378	26,9	163	9	103	6	14	4									75	75	74	68		
	30-40	zand	C	0	6	1,5	982	3,5	147	9	43	7	18	0	776	644	499	476	4,3	30	4	21	21	2	2	2	0	
90	0-20	zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	7	20	1,1	3148	31,9	214	49	200	7	19	11	34	14940	120	2478	4,8	98	5	145	111	180	168	149	123	
	20-30	zand, sterk siltig en humeus, bv	AP	7	21	1,1	2865	39,1	217	61	214	7	19	14									109	101	88	71		
	30-45	zand, sterk siltig	B	2	15	1,3	1730	9,8	160	27	68	7	12	4	17	12941	250	2131	5,1	99	3	88	47	32	32	25	14	
94	45-55	zand, matig siltig	BC	1	15	1,5	592	3,7	155	24	46	8	15	1	8	9022	515	1390	5,3	99	2	19	47	2	2	0	0	
	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	18	1,2	4001	41,1	249	51	202	8	26	11	60	15097	126	2526	4,9	98	8	148	47	237	225	205	180	
	40-55	bosveen, sterk veraard	A	16	31	0,9	948	17,9	203	102	227	7	32	16	19	30046	116	4949	5,1	100	1	298	70	58	40	13	0	
	55-65	leem, sterk zandig	BC	5	26	1,3	262	11,5	490	130	360	17	65	8	14	33176	424	6147	5,3	100	1	133	73	0	0	0	0	
	65-75	zand, matig siltig	C	1	16	1,6	185	7,6	216	47	90	13	45	2									0	0	0	0	0	
	200	0-15	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	22	1,1	2559	22,7	251	41	173	7	28	9	50	12087	123	3227	4,8	97	2	35	471	92	86	73	57
	15-25	zand	C	0	10	1,5	631	6,4	164	23	82	8	29	0	55	13474	137	3597	4,8	96	2	39	525	10	4	0	0	
	201	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2	11	1,3	4633	38,5	189	22	144	7	17	4	113	7923	135	582	4,6	92	7	68	65	222	215	199	179
	40-50	zand, matig siltig, omgew.	BC	1	11	1,3	2097	18,0	185	24	115	8	18	2									47	43	35	24		
	50-60	zand	C	0	13	1,5	186	2,5	242	20	64	15	27	0	17	7882	504	1319	5,1	98	0	35	41	0	0	0	0	
	202	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	19	1,0	2280	19,2	191	32	120	7	21	8	75	10632	98	1605	4,5	96	1	65	122	101	94	78	57
	25-35	zand, matig siltig	C	1	15	1,5	393	6,7	188	33	91	13	32	1	9	9294	250	1908	5,4	99	0	16	42	5	0	0	0	

Binnen de slenk

Locatie 38 (GHG: 20 cm-mv, GLG: 90 cm-mv):

Op locatie 38 is de bodem direct onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) geanalyseerd. De kleiige bodem op 25 cm-mv is rijk aan ijzer en calcium en matig aluminiumhoudend (Fe-t: 315 mmol/l; Al-t: 296 mmol/l; Ca-t: 215 mmol/l en Ca-z: $\pm 35.900 \mu\text{mol/l}$). Deze bodemlaag is niet verrijkt met fosfaat (totaal-P: 11,7 mmol/l en Olsen-P: 305 $\mu\text{mol/l}$), waardoor de ontwikkeling van een fosfaatgelimiteerde vegetatie zoals dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk is.

Advies: 25 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/ elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 41 (GHG: 30 cm-mv, GLG: 100 cm-mv):

De 25 cm dikke bouwvoor is rijk aan ijzer en calcium en matig aluminiumhoudend (Fe-t: 339 mmol/l; Al-t: 310 mmol/l; Ca-t: 104 mmol/l en Ca-z: $\pm 27.300 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is licht verrijkt met fosfaat (totaal-P: 19,8 mmol/l en Olsen-P: 808 $\mu\text{mol/l}$). Het is niet duidelijk in hoeverre er een gradiënt qua voedselrijkdom aanwezig is in deze bouwvoor van 25 cm (wellicht is 0-10 cm-mv sterker verrijkt). Door de lichte verrijking in combinatie met de calcium- en ijzerrijke

.....
omstandigheden is de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk. Indien de bouwvoor wordt afgegraven (25 cm) is de bodem voldoende fosfaatarm (392 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 6,8 mmol/l totaal-P) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 1: toplaag doorontwikkelen t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 2: 25 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 46 (GHG: 40 cm-mv, GLG: 110 cm-mv):

De 20 cm dikke toplaag is rijk aan ijzer, sterk calciumhoudend en matig aluminiumhoudend (Fe-t: 225 mmol/l; Al-t: 278 mmol/l; Ca-t: 64 mmol/l en Ca-z: $\pm 19.650 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is licht verrijkt met fosfaat (totaal-P: 15,8 mmol/l en Olsen-P: 996 $\mu\text{mol/l}$). Na een verschrallingsbeheer van circa 19 jaar is de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk. Door de verhoogde fosfaatconcentratie bestaat de kans op verzuuring met pitrus, zeker bij vernatting. Het is ook mogelijk om 40 cm af te graven om de bodemlaag op 40-50 cm-mv aan de oppervlakte te krijgen. Deze bodemlaag is voldoende fosfaatarm (totaal-P: 10,7 mmol/l en Olsen-P: 718 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 1: 19 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 2: 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 67 (GHG: 30 cm-mv, GLG: 115 cm-mv):

Op locatie 67 is alleen de bodemlaag op 70-80 cm-mv verzameld en geanalyseerd. Deze bodemlaag is rijk aan calcium, sterk ijzerhoudend en matig aluminiumhoudend/kleilig (Fe-t: 131 mmol/l; Al-t: 345 mmol/l; Ca-t: 101 mmol/l en Ca-z: $\pm 24.850 \mu\text{mol/l}$). Deze bodem is niet verrijkt met fosfaat (totaal-P: 9,5 mmol/l en Olsen-P: 269 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Advies: 70 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 78 (GHG: niet waargenomen, GLG: niet waargenomen):

Op locatie 78 zijn alleen de bodemlagen op 50-60 en 60-70 cm-mv verzameld en geanalyseerd. De bodemlaag op 50-60 cm-mv is sterk ijzerhoudend, matig calciumhoudend en zwak-matig aluminiumhoudend (Fe-t: 112 mmol/l; Al-t: 188 mmol/l en Ca-t: 37 mmol/l). Deze bodem is niet verrijkt met fosfaat (totaal-P: 6,7 mmol/l en Olsen-P: 440 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden). Op 60-70 cm-mv is de bodem eveneens P-arm en nemen de Ca- en Fe-concentraties af.

.....
Advies: 50 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 80 (GHG: 60 cm-mv, GLG: 110 cm-mv):

Op locatie 80 is alleen de bodemlaag op 60-70 cm-mv verzameld en geanalyseerd. Deze bodemlaag is rijk aan calcium, sterk ijzerhoudend en zwak aluminiumhoudend (Fe-t: 178 mmol/l; Al-t: 102 mmol/l; Ca-t: 170 mmol/l en Ca-z: $\pm 29.500 \mu\text{mol/l}$). Deze bodem is niet verrijkt met fosfaat (totaal-P: 14,7 mmol/l en Olsen-P: 407 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland/blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Advies: 60 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland/blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 84 (GHG: 60 cm-mv, GLG: 120 cm-mv):

Op locatie 84 zijn drie bodemlagen geanalyseerd (0-20, 55-65 en 70-80 cm-mv), dit betreffen de bouwvoor en de geroerde bodemlaag daaronder. De bodem is sterk ijzer- en calciumhoudend en matig aluminiumhoudend (Fe-t: 197-298 mmol/l; Al-t: 245-340 mmol/l; Ca-t: 33-74 mmol/l en Ca-z: $\pm 10.850-21.150 \mu\text{mol/l}$). Alle bodemonsters zijn verrijkt met fosfaat (totaal-P: 22,2-33,1 mmol/l en Olsen-P: 1300-4472 $\mu\text{mol/l}$) waardoor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie op deze bodemlagen onwaarschijnlijk is. Door de mate van geroerdheid is het ook de vraag hoe representatie dit profiel is voor de betreffende zone (op 55-65 cm-mv is de bodem wat minder verrijkt met fosfaat; maar geldt dit voor de gehele zone?). Vanaf 80 cm-mv is een C-horizont aanwezig. Vaak is deze bodem niet of licht verrijkt met fosfaat. Het is dus mogelijk dat na een afgraving van 80 cm de ontwikkeling van een blauwgrasland/dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk is. Dit is echter wel een aanname.

Optie: 80 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland/dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden). Er bestaat onzekerheid over de fosfaatconcentraties op deze diepte.

Locatie 90 (GHG: 40 cm-mv, GLG: 120 cm-mv):

De 30 cm dikke bouwvoor is rijk aan ijzer, matig-sterk calciumhoudend en matig aluminiumhoudend (Fe-t: 200-214 mmol/l; Al-t: 214-217 mmol/l; Ca-t: 49-61 mmol/l en Ca-z: $\pm 14.950 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 31,9-39,1 mmol/l en Olsen-P: 2865-3148 $\mu\text{mol/l}$). Op termijn kan een kruidenrijk grasland tot ontwikkeling komen door middel van maaien en afvoeren; eventuele versnelde vershraling is mogelijk onder invloed van ijzerrijk grondwater in combinatie met wisselend peilbeheer (droogval van de toplaag in de zomer is essentieel). Op 45 cm-mv is een bodem aangetroffen die voldoende fosfaatarm (totaal-P: 3,7 mmol/l en Olsen-P: 592 $\mu\text{mol/l}$) is voor de ontwikkeling van blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk.

Advies: 45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

.....
Locatie 94 (GHG: 30 cm-mv, GLG: 110 cm-mv):

De 20 cm dikke toplaag is rijk aan ijzer, sterk calciumhoudend en zwak-matig aluminiumhoudend (Fe-t: 202 mmol/l; Al-t: 249 mmol/l; Ca-t: 51 mmol/l en Ca-z: $\pm 15.100 \mu\text{mol/l}$). De toplaag is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 41,1 mmol/l en Olsen-P: 4001 $\mu\text{mol/l}$). Op 45 cm-mv is een bodem aangetroffen die, in combinatie met 13 jaar verschrallen, geschikt is de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) (948 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 17,9 mmol/l totaal-P). Deze is nog net wat te rijk. Indien 55 cm wordt afgegraven is de leembodem voldoende fosfaatarm (262 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 11,5 mmol/l totaal-P) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 1: 45 cm afgraven en 13 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 2: 55 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Buiten de slenk

Locatie 34 (GHG: 30 cm-mv, GLG: 100 cm-mv):

Op locatie 34 zijn de twee bodemlagen direct onder de bouwvoor (25-35 en 35-45 cm-mv) geanalyseerd. De bodem op 35 cm-mv is matig ijzer- en calciumhoudend en zwak-matig aluminiumhoudend (Fe-t: 66 mmol/l, Al-t: 152 mmol/l, Ca-t: 27 mmol/l en Ca-z: $\pm 8.950 \mu\text{mol/l}$). Deze bodemlaag is niet verrijkt met fosfaat (totaal-P: 4,1 mmol/l en Olsen-P: 204 $\mu\text{mol/l}$), waardoor de ontwikkeling van een fosfaatgelimiteerde vegetatie zoals heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Advies: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 54 (GHG: 80 cm-mv, GLG: >150 cm-mv):

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is sterk ijzerhoudend, zwak-matig calcium- en aluminiumhoudend (Fe-t: 256-282 mmol/l, Al-t: 150-158 mmol/l, Ca-t: 18-21 mmol/l en Ca-z: $\pm 6.600 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 16,5-30,7 mmol/l en Olsen-P: 1418-4123 $\mu\text{mol/l}$). Onder de bouwvoor (35-50 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (totaal-P: 3,6 mmol/l en Olsen-P: 471 $\mu\text{mol/l}$) om de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.

Advies: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 58 (GHG: 70 cm-mv, GLG: 140 cm-mv):

De toplaag (0-20 cm-mv) is sterk ijzerhoudend, zwak-matig calcium- en aluminiumhoudend (Fe-t: 210 mmol/l, Al-t: 178 mmol/l, Ca-t: 20 mmol/l en Ca-z: $\pm 8.000 \mu\text{mol/l}$). De toplaag is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 30,9 mmol/l en Olsen-P: 3530 $\mu\text{mol/l}$). Onder de bouwvoor (35-45 cm-mv) is de bodem, na 16 jaar maaien en afvoeren (in eerste instantie risico op verzuuring), geschikt voor

.....
de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) (totaal-P: 11,6 mmol/l en Olsen-P: 914 µmol/l). Op 45-65 cm-mv is de bodem voldoende fosfaatarm (totaal-P: 3,6 mmol/l en Olsen-P: 219 µmol/l) om de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.

Optie 1: 35 cm afgraven en 16 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 2: 45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 62 (GHG: 50 cm-mv, GLG: 130 cm-mv):

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is sterk ijzerhoudend, zwak-matig calcium- en aluminiumhoudend (Fe-t: 127-131 mmol/l; Al-t: 182-184 mmol/l; Ca-t: 25 mmol/l en Ca-z: ± 9.300 µmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 23,8-23,9 mmol/l en Olsen-P: 3173-3215 µmol/l). Onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (totaal-P: 2,9 mmol/l en Olsen-P: 450 µmol/l) om de ontwikkeling van een natte heide/ kleine zeggenvegetatie/ vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras of elzen-/berkenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.

Advies: 25 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een natte heide/ kleine zeggenvegetatie/ vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras of elzen-/berkenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 88 (GHG: 70 cm-mv, GLG: >150 cm-mv):

De bouwvoor (0-30 cm-mv) is sterk ijzerhoudend en zwak-matig calcium- en aluminiumhoudend (Fe-t: 103-113 mmol/l; Al-t: 160-163 mmol/l; Ca-t: 9-14 mmol/l en Ca-z: ± 5.050 µmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 26,9-30,7 mmol/l en Olsen-P: 6136-6378 µmol/l). Onder de bouwvoor (30-40 cm-mv) is de calciumarme zandbodem voldoende fosfaatarm (totaal-P: 3,5 mmol/l en Olsen-P: 982 µmol/l) om de ontwikkeling van een vochtige heide (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/ berkenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtige heide (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/ berkenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 200 (GHG: 50 cm-mv, GLG: 115 cm-mv):

De bouwvoor (0-15 cm-mv) is sterk ijzerhoudend, sterk-matig calciumhoudend en matig aluminiumhoudend (Fe-t: 173 mmol/l; Al-t: 251 mmol/l; Ca-t: 41 mmol/l en Ca-z: ± 12.100 µmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 22,7 mmol/l en Olsen-P: 2559 µmol/l). Onder de bouwvoor (15-25 cm-mv) is de bodem, in combinatie met aanvullend verschrallingsbeheer, voldoende fosfaatarm (totaal-P: 6,4 mmol/l en Olsen-P: 631 µmol/l) om de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.

.....
Advies: 15 cm afgraven in combinatie met 4 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 201 (GHG: 70 cm-mv, GLG: 130 cm-mv):

De 20 cm dikke toplaag is sterk ijzerhoudend, matig calciumhoudend en zwak-matig aluminiumhoudend (Fe-t: 144 mmol/l; Al-t: 189 mmol/l; Ca-t: 22 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.900 \mu\text{mol/l}$). De toplaag is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 38,5 mmol/l en Olsen-P: 4633 $\mu\text{mol/l}$). Op 50 cm-mv is een bodem aangetroffen die geschikt is de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) (186 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 2,5 mmol/l totaal-P).

Advies: 50 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Locatie 202 (GHG: 25 cm-mv, GLG: 110 cm-mv):

De 20 cm dikke toplaag is sterk ijzer- en calciumhoudend en zwak-matig aluminiumhoudend (Fe-t: 120 mmol/l; Al-t: 191 mmol/l; Ca-t: 32 mmol/l en Ca-z: $\pm 10.650 \mu\text{mol/l}$). De toplaag is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 19,2 mmol/l en Olsen-P: 2280 $\mu\text{mol/l}$). Onder de bouwvoor (25-35 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (totaal-P: 6,7 mmol/l en Olsen-P: 393 $\mu\text{mol/l}$) om de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.

Advies: 25 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Samenvatting kansen natuurontwikkeling deelgebied Oost

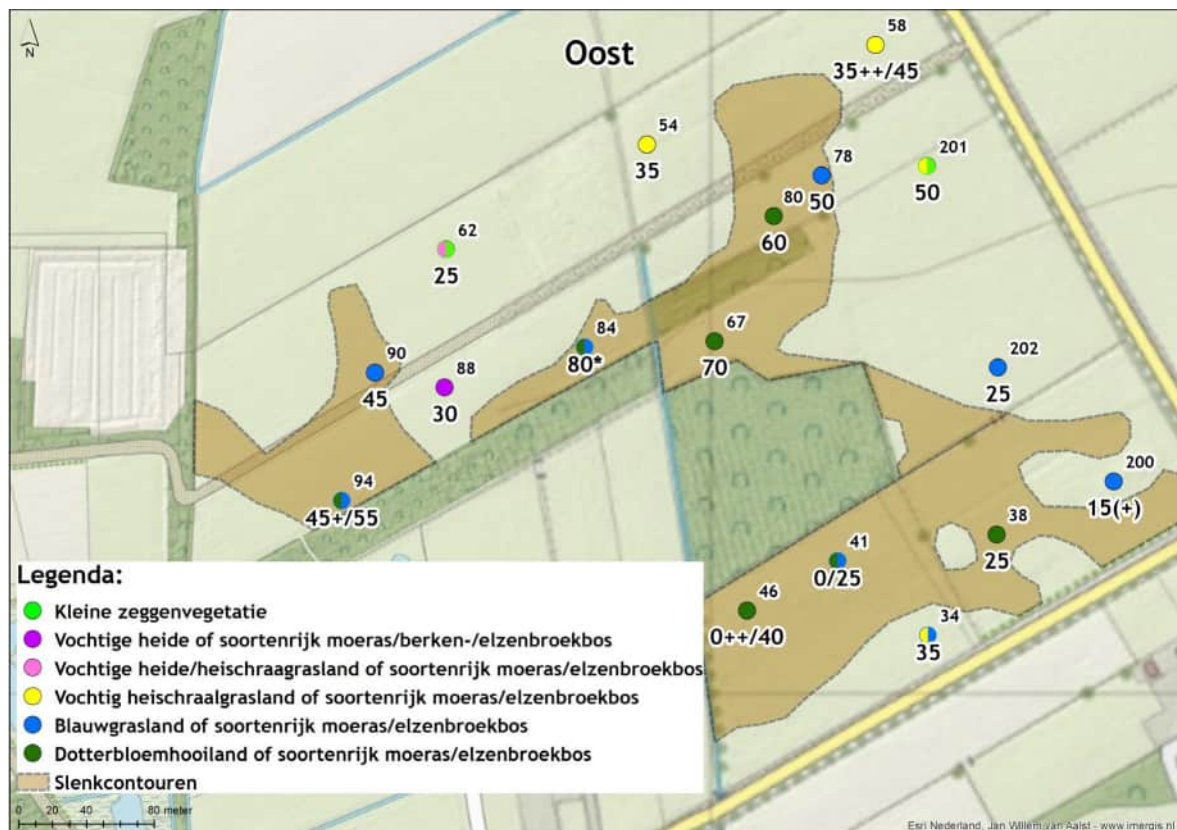
Zowel binnen als buiten de slenk is de toplaag (20/25 cm) meestal verrijkt met fosfaat. Per locatie verschilt de diepte van de bouwvoor en de diepte van het fosfaatfront. Daarnaast verschilt ook de buffering tussen de locaties sterk. Dit wordt echter ook gestuurd door ligging binnen en buiten de slenk. Na afgraving van 25-80 cm is op bijna alle locaties binnen de slenk de ontwikkeling van een dotterbloemland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk. Op locatie 41 en 46 is het zelfs mogelijk om dit te bereiken op de huidige toplaag (op locatie 46 is verschrallingsbeheer nodig). Daarentegen is buiten de slenk (na afgraving van 15-50 cm) de ontwikkeling van minder gebufferde vegetatie zoals vochtige heide, kleine zeggenvegetatie, heischraalgrasland en blauwgrasland of minder gebufferd soortenrijk moeras/elzenbroekbos mogelijk.

In dit deelgebied zijn de potenties wisselend maar zijn er ook kansen aanwezig voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie.

In Tabel 11 en Figuur 34 wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingsmogelijkheden in het deelgebied Oost.

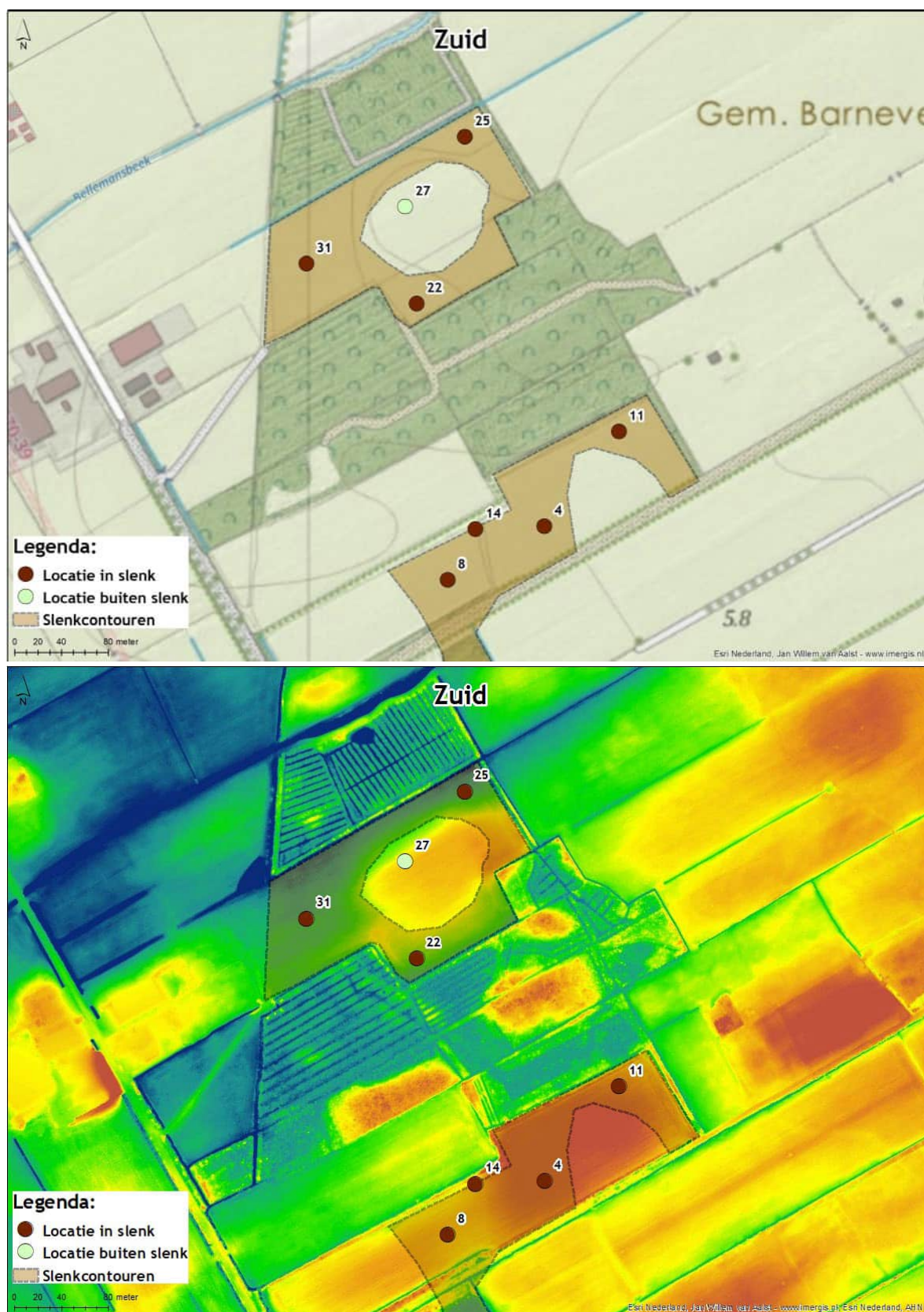
Tabel 11. Overzichtstabel van de kansen door afgraven en/of door middel van verschrallingsbeheer ((+) = 0-5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren) en de bodemchemisch gegevens van de (nieuwe) toplaag per locatie in deelgebied Oost. DBH = dotterbloemhooiland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos, BLG = blauwgrasland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos, VHG = vochtig heischraalgrasland of soortenrijk moeras, KZ= kleine zeggenvegetatie, VHEI = vochtige heide, kleine zeggenvegetatie of soortenrijk moeras. * = onbekende bodemchemie bodemlaag.

Nr	Vegetatie	Maatregel	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ol-s-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Ca-z	P-z	NO3-z	M3	M5	M8	M12
34	35	HSG/BLG	35-45	zand	C	1	204	4,1	152	27	66	8964	0	25	0	0	0	0
38	25	DBH	25-35	klei, matig siltig, sterk humeus (sterk veraard bosveen)	A	14	305	11,7	296	215	315	35885	0	81	1	0	0	0
41	0	DBH	0-25	zand, uiterst siltig, sterk humeus, bv	AP	10	808	19,8	310	104	339	27298	1	126	97	59	2	0
	25	BLG	25-40	zand, matig siltig, omgew.	C	2	392	6,8	208	41	94	20258	0	39	7	0	0	0
46	0++	DBH	0-20	zand, uiterst siltig, sterk humeus, bv	AP	7	996	15,8	278	64	225	19634	1	5	69	49	19	0
	40	DBH	40-50	zand, matig siltig, omgew.	BC	2	718	10,7	252	52	103	19571	0	73	20	10	0	0
54	35	VHG	35-50	zand, sterk siltig, omgew.	BC	2	471	3,6	152	16	68	6279	0	26	3	0	0	0
58	35++	VHG	35-45	zand, sterk siltig, matig humeus, omgew.	A	4	914	11,6	159	22	225				24	16	5	0
	45	VHG	45-65	zand, matig siltig, omgew.	BC	1	219	3,6	253	21	91	8075	0	12	0	0	0	0
62	25	VHEI/KZ/VHG	25-35	zand	C	0	450	2,9	126	13	45	3436	0	18	0	0	0	0
67	70	DBH	70-80	leem, sterk humeus, sterk veraard bosveen	A	8	269	9,5	345	101	131	24842	0	62	0	0	0	0
78	50	BLG	50-60	zand, uiterst siltig, omgew.	BC	2	440	6,7	188	37	112				7	0	0	0
80	60	DBH	60-70	bosveen, sterk veraard	A	24	407	14,7	102	170	178	29435	1	238	12	0	0	0
84	80*	DBH/BLG	80-120	zand	C													
88	30	VHEI	30-40	zand	C	0	982	3,5	147	9	43	644	4	21	2	2	2	0
90	45	BLG	45-55	zand, matig siltig	BC	1	592	3,7	155	24	46	9022	2	19	2	2	0	0
94	40+	DBH	40-55	bosveen, sterk veraard	A	16	948	17,9	203	102	227	30046	1	298	58	40	13	0
	55	BLG	55-65	leem, sterk zandig	BC	5	262	11,5	490	130	360	33176	1	133	0	0	0	0
200	15(+)	BLG	15-25	zand	C	0	631	6,4	164	23	82	13474	2	39	10	4	0	0
201	50	VHG/KZ	50-60	zand	C	0	186	2,5	242	20	64	7882	0	35	0	0	0	0
202	25	BLG	25-35	zand, matig siltig	C	1	393	6,7	188	33	91	9294	0	16	5	0	0	0



Figuur 34. Overzichtsfiguur van de kansen per boorlocatie in deelgebied Oost op een topografische kaart. Onder de locatie staat de benodigde ontgrondingsdiepte en/of verschrallingsduur ((+) = <5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren). * = onbekende bodemchemie bodemlaag.

Deelgebied Zuid



Figuur 35. Overzicht van de ligging van de locaties in deelgebied Zuid op een topografische (boven) en een hoogtekartaart (onder).



Figuur 36. Impressie van deelgebied Zuid op de locaties 8 (links) en 25 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.



Figuur 37. Boorprofielen van de locaties 8 (links) en 25 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.

Deelgebied Zuid bestaat uit locatie 4, 8, 11, 14, 22, 25, 27 en 31. Locaties 4, 8, 11, 14, 22, 25 en 31 liggen binnen de contouren van een (historische) slenk, locatie 27 ligt erbuiten. De locaties liggen relatief hoog in het gebied (4,62-5,81 m NAP; zie Tabel 3). Op locaties 4, 11, 22, 25, 27 en 31 is de toplaag bemonsterd. De GHG varieert sterk van 20 tot 110 cm-mv en de GLG varieert van 90 tot >150 cm-mv.

Tabel 12. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied Zuid. Voor de gebruikte parameters en arceringen zie Tabel 8.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ol-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M5	M8	M12
4	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	13	1,2	5617	53,5	217	24	184	10	18	4	268	8674	524	826	4,1	86	50	60	13	316	305	287	263
	45-55	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	13	1,1	2606	17,9	188	20	183	5	12	5										47	45	39	30
	55-65	zand, omgew.	C	1	9	1,5	372	2,1	201	13	37	5	9	0	136	6539	1067	1719	4,5	90	0	23	2	0	0	0	0
	75-85	zand, sterk siltig, matig humeus	A	1	9	1,4	231	1,7	179	16	28	5	8	0	61	7226	813	1821	4,4	91	2	11	3	0	0	0	0
8	50-65	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	14	1,2	3722	34,6	251	44	180	9	25	5										148	141	128	110
	65-75	zand	C	0	9	1,6	579	6,1	184	27	88	13	33	0										9	3	0	0
11	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	11	1,2	5727	37,5	227	15	168	13	20	4	462	4973	1419	1091	4,1	75	16	71	19	216	214	202	185
	40-55	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	10	1,1	1985	25,9	229	16	229	9	20	4										103	91	73	48
	55-65	zand	C	1	4	1,2	437	4,6	168	12	73	7	16	1	414	3094	2283	2066	4,1	57	0	8	8	4	0	0	0
14	50-60	zand, matig siltig, omgew.	BC	2	12	1,4	1167	7,8	193	33	95	8	24	3	8	13150	1410	4048	6,4	100	1	296	32	15	14	8	0
	60-70	zand	C	0	11	1,6	263	3,7	189	27	98	14	37	0	8	9488	1143	3329	6,3	99	0	185	118	0	0	0	0
22	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	16	1,4	3175	25,9	265	38	147	10	30	6	19	13513	272	4415	5,2	99	12	66	33	143	137	121	101
	20-40	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	16	1,3	2953	28,2	264	43	154	10	29	8										158	146	129	105
	40-55	zand, sterk siltig, doorgew.	BC	1	10	1,6	1451	8,2	166	19	92	8	19	1	14	7952	959	2977	5,5	99	4	25	44	25	25	17	7
	55-65	zand	C	0	11	1,6	506	3,3	151	17	72	9	22	0	5	6562	757	2521	6,0	99	0	3	47	1	0	0	0
25	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	18	1,2	3453	33,9	221	57	153	13	30	9	12	16310	867	5047	5,6	100	19	234	61	193	181	163	138
	20-35	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	22	1,0	2364	22,9	224	79	217	12	31	12										93	85	71	53
	35-45	zand	C	0	9	1,6	1078	5,6	95	18	71	8	16	0	7	5641	997	1344	5,9	99	3	40	32	8	8	5	0
27	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	11	1,2	4907	35,2	196	21	140	7	18	5	113	8219	217	2980	4,5	94	24	47	32	201	197	184	166
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	10	1,3	5955	36,0	201	23	142	7	18	5										103	103	97	90
	30-45	zand	BC	1	6	1,4	1798	5,6	174	11	46	5	14	0	74	3524	263	1250	4,9	89	17	7	7	12	12	12	9
	45-55	zand	C	0	7	1,5	1303	5,0	188	13	47	6	17	1	45	3486	400	1749	4,8	90	15	12	5	6	6	6	1
31	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	3	15	1,3	2915	21,8	210	38	106	11	38	7	36	12511	180	3999	4,9	98	20	188	75	117	113	99	80
	60-70	zand, sterk siltig en humeus, omgew.	AC	5	22	1,1	2776	25,5	172	55	93	14	45	14	4	15064	1914	6105	6,1	99	93	296	204	70	65	57	45
	70-80	zand, matig siltig	C	1	13	1,6	875	7,0	176	38	86	12	59	2	2	9274	1320	4110	6,5	99	4	26	271	13	9	2	0

Binnen de slenk

Op locatie 4, 11, 22, 25 en 31 is de bovenste 20 cm van de bodem geanalyseerd. Deze bodemlagen zijn sterk ijzerhoudend, matig tot sterk calciumhoudend en zwak-matig calciumhoudend (Fe-t: 106-184 mmol/l; Al-t: 210-265 mmol/l; Ca-t: 15-57 mmol/l en Ca-z: $\pm$ 4.950-16.300 μ mol/l). Deze bodemlagen zijn verrijkt met fosfaat (totaal-P: 21,8-53,5 mmol/l en Olsen-P: 2915-5727 μ mol/l).

De fosfaatconcentraties blijven in de gehele bouwvoor hoog. Op termijn kan een kruidenrijk grasland tot ontwikkeling komen door middel van maaien en afvoeren; eventuele versnelde verschraling is mogelijk onder invloed van ijzerrijk grondwater in combinatie met wisselend peilbeheer (droogval van de toplaag in de zomer is essentieel).

Op de locaties gelegen in het zuidelijk perceel van dit deelgebied (locatie 4, 8, 11 en 14) zijn de fosfaatconcentraties direct onder de bouwvoor sterk afgenomen (totaal-P: 2,1-6,1 mmol/l en Olsen-P: 372-579 $\mu\text{mol/l}$). Hierdoor zijn fosfaatlimiterende omstandigheden aanwezig in de onderliggende bodemlaag op locatie 4, 8 en 11. Op locatie 14 is de onderliggende omgewerkte bodemlaag ook nog licht verrijkt (totaal-P: 7,8 mmol/l en Olsen-P: 1167 $\mu\text{mol/l}$) waardoor aanvullend verschrallingsbeheer nodig is (minimaal 14 jaar). Het is bij dus deze locaties mogelijk om een vochtig heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) te ontwikkelen na afgraving van de bouwvoor. Op locatie 14 (de randzone) is aanvullend verschrallingsbeheer en een groot risico op verruiging.

Op de locaties gelegen in het noordelijk perceel van dit gebied (locatie 22, 25 en 31) zijn onder de bouwvoor de fosfaatconcentraties op alle locaties nog verhoogd (totaal-P: 5,6-25,5 mmol/l en Olsen-P: 1078-2776 $\mu\text{mol/l}$). Dit betekent dat na afgraving van de bouwvoor een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 8-12 jaar nodig (in eerste instantie risico op verruiging) is om de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken. Het is ook mogelijk om niet alleen de bouwvoor maar 10-15 cm extra af te graven om deze ontwikkeling mogelijk te maken. Op basis van de resultaten van deze geanalyseerde bodemlaag op locatie 22 is de nieuwe toplaag voldoende fosfaatarm (totaal-P: 5,6-3,3 mmol/l en Olsen-P: 506 $\mu\text{mol/l}$) voor deze ontwikkeling.

Advies zuidelijk perceel: bouwvoor afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden). Op locatie 14 (de randzone) is aanvullend verschrallingsbeheer nodig (kans op verruiging).

Advies noordelijk perceel: bouwvoor afgraven en aanvullend verschrallen (8-12 jaar) of bouwvoor+10/15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Buiten de slenk

De bouwvoor op locatie 27 is ijzerrijk, zwak-matig calcium- en aluminiumhoudend (Fe-t: 140-142 mmol/l; Al-t: 196-201 mmol/l; Ca-t: 21-23 mmol/l en Ca-z: $\pm 8.200 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 35,2-36,0 mmol/l en Olsen-P: 4907-5955 $\mu\text{mol/l}$). Op termijn kan een kruidenrijk grasland tot ontwikkeling komen door middel van maaien en afvoeren; eventuele versnelde verschraling is mogelijk onder invloed van ijzerrijk grondwater in combinatie met wisselend peilbeheer (droogval van de toplaag in de zomer is essentieel).

Onder de bouwvoor (30-45 cm-mv) zijn de fosfaatconcentraties afgenomen maar is de bodem nog niet voldoende fosfaatarm (totaal-P: 5,6 mmol/l en Olsen-P: 1798 $\mu\text{mol/l}$) om de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland/ kleine zeggenvegetatie (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras of elzen-/berkenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken. Hiervoor is een aanvullend verschrallingsbeheer van circa 18 jaar nodig (grote kans op verruiging). Wanneer 45 cm wordt afgegraven is dit 6 jaar. Het is ook mogelijk om 55 cm af te graven, op basis van de afname van fosfaat in de bovenliggende bodemlagen is de bodemlaag op 55 cm-mv waarschijnlijk voldoende fosfaatarm voor deze ontwikkeling. Dit is echter wel een aanname.

.....
Optie 1: 30-45 cm afgraven en 18 of 6 jaar verschrallen (risico op verzuivering) t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras of elzen-/berkenbroekbos (natte omstandigheden).

Optie 2: 55 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras of elzen-/berkenbroekbos (natte omstandigheden). Er bestaat onzekerheid over de fosfaatconcentraties op deze diepte.

Samenvatting kansen natuurontwikkeling deelgebied Zuid

Zowel binnen als buiten de slenk is de toplaag (20 cm) verrijkt met fosfaat. Binnen de slenk kan in het zuidelijk perceel (locatie 4, 8, 11 en 14) na afgraving van de bouwvoor vochtig heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtig omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) ontwikkeld worden. Op locatie 14 is wel een aanvullend verschrallingsbeheer nodig. In het noordelijk perceel is binnen de slenk deze ontwikkeling pas mogelijk als op alle locaties na afgraving van de bouwvoor een aanvullend verschrallingsbeheer wordt uitgevoerd. Het is ook mogelijk om de bouwvoor + 10/15 cm af te graven op basis van de bodemchemie op locatie 22.

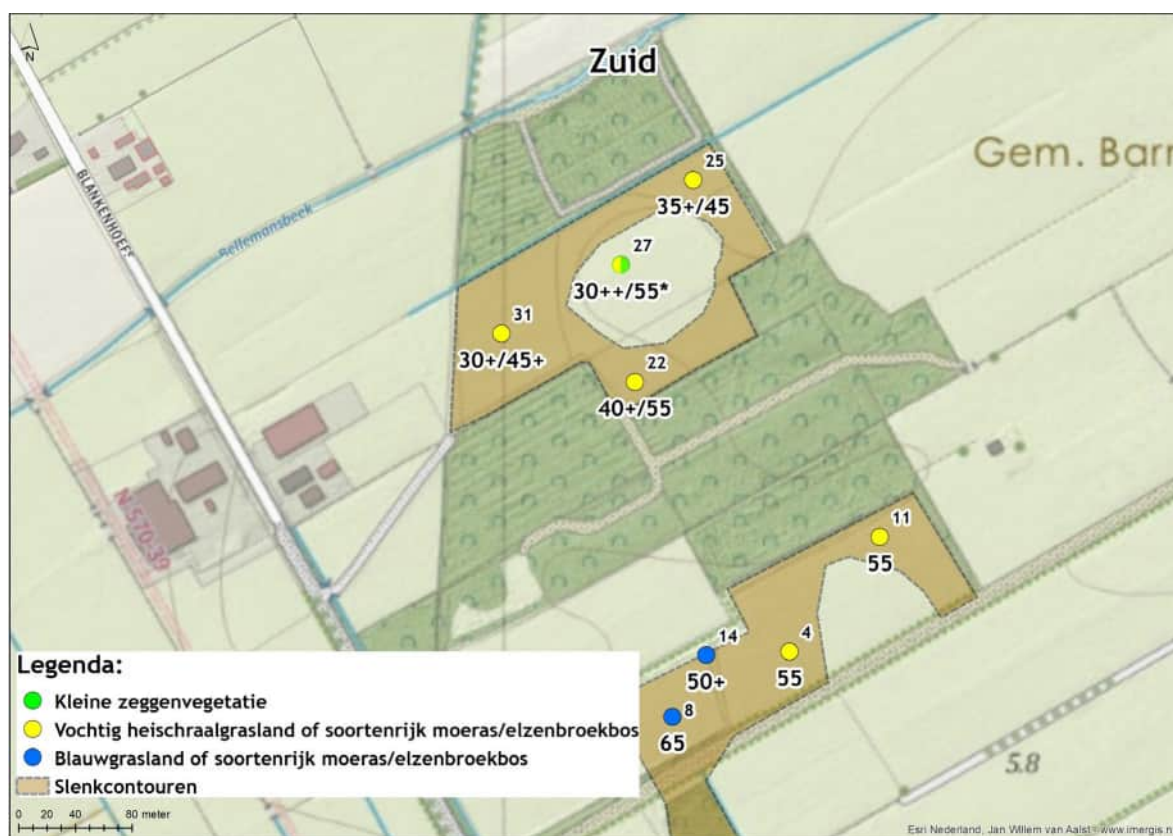
Buiten de slenk is na afgraving van de bouwvoor nog een verschrallingsbeheer van circa 18 jaar nodig voor de ontwikkeling van vochtig heischraalgrasland/ kleine zeggenvegetatie (vochtig omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden). Het is ook mogelijk om 55 cm af te graven voor deze ontwikkeling echter de fosfaatconcentraties zijn op deze diepte onbekend.

In dit deelgebied is vooral het zuidelijk perceel kansrijk; door middel van het afgraven van de bouwvoor, is de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie mogelijk.

In Tabel 13 en Figuur 38 wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingsmogelijkheden in het deelgebied Zuid.

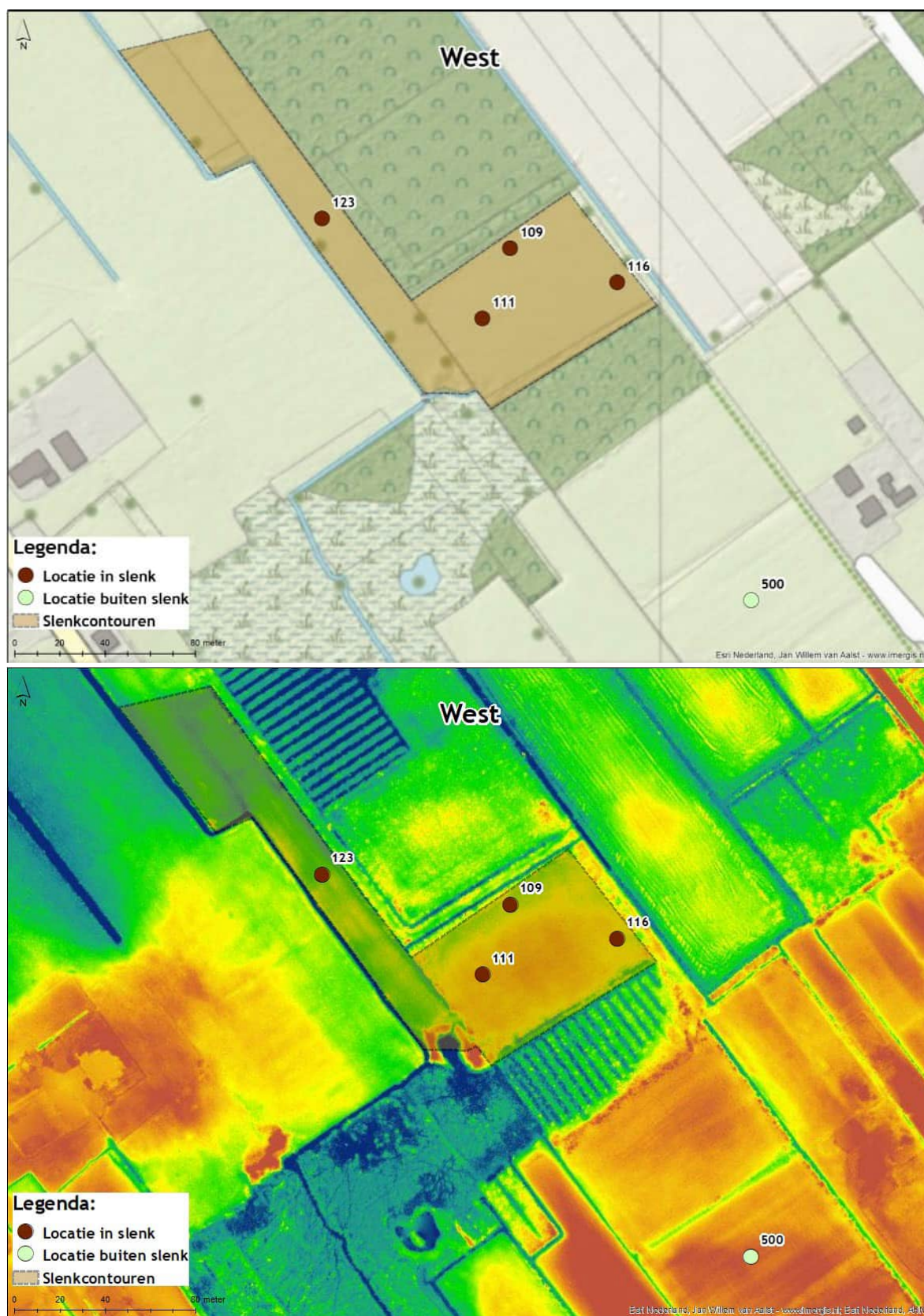
Tabel 13. Overzichtstabel van de kansen door afgraven en/of door middel van verschrallingsbeheer ((+) = 0-5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren) en de bodemchemisch gegevens van de (nieuwe) toplaag per locatie in deelgebied Zuid. BLG = blauwgrasland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos, VHG = vochtig heischraalgrasland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos, KZ = kleine zeggenvegetatie. * = onbekende bodemchemie bodemlaag.

Nr	Vegetatie	Maatregel	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Os-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Ca-z	P-z	NO3-z	M3	M5	M8	M12
4	55	VHG	55-65	zand, omgew.	C	1	372	2,1	201	13	37	6539	0	23	0	0	0	0
8	65	BLG	65-75	zand	C	0	579	6,1	184	27	88				9	3	0	0
11	55	VHG	55-65	zand	C	1	437	4,6	168	12	73	3094	0	8	4	0	0	0
14	50+	BLG	50-60	zand, matig siltig, omgew.	BC	2	1167	7,8	193	33	95	13150	1	296	15	14	8	0
22	40+	VHG	40-55	zand, sterk siltig, doorgew.	BC	1	1451	8,2	166	19	92	7952	4	25	25	25	17	7
	55	VHG	55-65	zand	C	0	506	3,3	151	17	72	6562	0	3	1	0	0	0
25	35+	VHG/KZ	35-45	zand	C	0	1078	5,6	95	18	71	5641	3	40	8	8	5	0
	45	VHG/KZ	45-85	zand	C													
27	30++	VHG/KZ	30-45	zand	BC	1	1798	5,6	174	11	46	3524	17	7	12	12	12	9
	55*	VHG/KZ	45-55	zand	C	0	1303	5,0	188	13	47	3486	15	12	6	6	6	1
31	70+	BLG	70-80	zand, matig siltig	C	1	875	7,0	176	38	86	9274	4	26	13	9	2	0



Figuur 38. Overzichtsfiguur van de kansen per boorlocatie in deelgebied Zuid op een topografische kaart. Onder de locatie staat de benodigde ontgrondingsdiepte en/of verschrallingsduur ((+) = <5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren).

Deelgebied West



Figuur 39. Overzicht van de ligging van de locaties in deelgebied West op een topografische (boven) en een hoogtekaart (onder).



Figuur 40. Impressie van deelgebied West op de locaties 123 (links) en 500 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.



Figuur 41. Boorprofielen van de locaties 123 (links) en 500 (rechts). Foto's: Jan Vermeer.

Deelgebied West bestaat uit locatie 109, 111, 116, 123 en 500. Locaties 109, 111, 116, 123 liggen binnen de contouren van een (historische) slenk en liggen lager (4,03-4,35 m NAP; zie Tabel 3), locatie 500 ligt erbuiten en ligt hoger (4,69 m NAP; zie Tabel 3). Op locaties 109, 111 en 500 is de toplaag bemonsterd. De GHG varieert van 30 tot 60 cm-mv en de GLG van 90 tot 140 cm-mv.

Tabel 14. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in deelgebied West. Voor de gebruikte parameters en arceringen zie Tabel 8.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	OLS-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	M12
109	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	18	1,1	3775	25,7	182	38	70	7	18	8	53	12009	124	1334	5,0	98	58	997	72	142	140	127	110
	25-45	veen, sterk kleilig	A	7	26	1,2	555	11,4	555	105	129	18	57	11	34	24771	91	4903	5,6	100	2	1129	85	33	7	0	0
	45-60	zand	C	1	15	1,5	580	6,0	235	33	65	12	35	1	19	10570	315	2455	5,6	99	3	317	27	14	4	0	0
111	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	16	1,1	4825	26,9	156	23	64	6	15	9	310	7398	97	368	4,1	80	75	34	193	149	149	140	126
	20-30	zand	C	0	9	1,5	2714	8,0	130	17	39	7	17	0	64	4928	195	256	4,8	90	104	15	28	16	16	14	
	30-40	zand	C	0	12	1,5	1950	5,0	138	16	37	8	18	0									6	6	6	6	
116	10-25	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	4	20	1,2	3692	31,2	255	64	98	8	24	9	32	17217	116	2013	5,1	99	71	498	76	132	127	115	99
	25-40	zand	C	1	14	1,5	1549	7,3	220	29	59	12	28	1	14	10123	249	1389	5,4	99	42	761	47	20	20	17	8
	40-55	zand	C	1	15	1,6	686	4,9	173	26	48	10	25	0									9	6	0	0	
123	40-60	bosveen, sterk veraard	C	13	38	0,8	263	4,9	126	127	49	4	16	23	12	25244	138	3192	5,3	100	1	181	96	0	0	0	0
	60-70	bosveen, sterk veraard	C	26	51	0,6	229	3,6	91	113	38	3	12	23									0	0	0	0	0
	70-80	zand	BC	1	18	1,5	211	4,3	169	36	48	11	25	2	7	8148	375	1007	5,7	99	1	12	61	0	0	0	0
500	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	15	1,1	1856	10,8	206	19	69	5	17	6	293	7054	131	357	4,2	85	2	55	204	49	49	38	24
	20-35	zand	BC	1	8	1,4	547	2,8	164	15	40	7	16	0									0	0	0	0	0
	35-45	zand	C	0	11	1,5	136	1,7	149	15	34	7	17	0	98	4955	183	117	5,0	93	0	7	23	0	0	0	0

Binnen de slenk

Op locatie 109, 111 en 116 is de bovenste 20/25 cm van de bodem geanalyseerd. Deze bodemlagen zijn matig ijzerhoudend, matig tot sterk calciumhoudend en zwak-matig calciumhoudend (Fe-t: 64-98 mmol/l; Al-t: 156-255 mmol/l; Ca-t: 23-64 mmol/l en Ca-z: $\pm$ 7.400-17.200 μ mol/l). Deze bodemlagen zijn verrijkt met fosfaat (totaal-P: 25,7-31,2 mmol/l en Olsen-P: 3692-4852 μ mol/l). Op termijn kan een kruidenrijk grasland tot ontwikkeling komen door middel van maaien en afvoeren; eventuele versnelde verschraving is mogelijk onder invloed van ijzerrijk grondwater in combinatie met wisselend peilbeheer (droogval van de toplaag in de zomer is essentieel).

Direct onder de toplaag zijn de fosfaatconcentraties afgenomen, maar nog niet voldoende fosfaatarm waardoor er een kans bestaat op vervuiling. Op locatie 109, 116 en 123 is de bodem op 40/45 cm-mv dusdanig fosfaatarm (totaal-P: 4,9-6,0 mmol/l en Olsen-P: 263-686 μ mol/l) dat de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (locatie 111),

blauwgrasland (locatie 109 en 116), dotterbloemhooiland (locatie 123) (vochtig omstandigheden) of soortenrijk moeras/ elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk is. Het veraarde (bos)veen is kalkrijk.

Advies: 40/45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (locatie 111) /blauwgrasland (locatie 109 en 116)/ dotterbloemhooiland (locatie 123) (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Buiten de slenk

De 20 cm dikke bouwvoor op locatie 500 is matig ijzerhoudend, zwak-matig calcium- en aluminiumhoudend (Fe-t: 69 mmol/l; Al-t: 206 mmol/l; Ca-t: 19 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.050 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 10,8 mmol/l en Olsen-P: 1856 $\mu\text{mol/l}$). Onder de bouwvoor (20-35 cm-mv) is de bodem voldoende fosfaatarm (totaal-P: 2,8 mmol/l en Olsen-P: 547 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden). Op 35 cm-mv nemen de P-concentraties nog verder af.

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig heischraalgrasland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).

Samenvatting kansen natuurontwikkeling deelgebied West

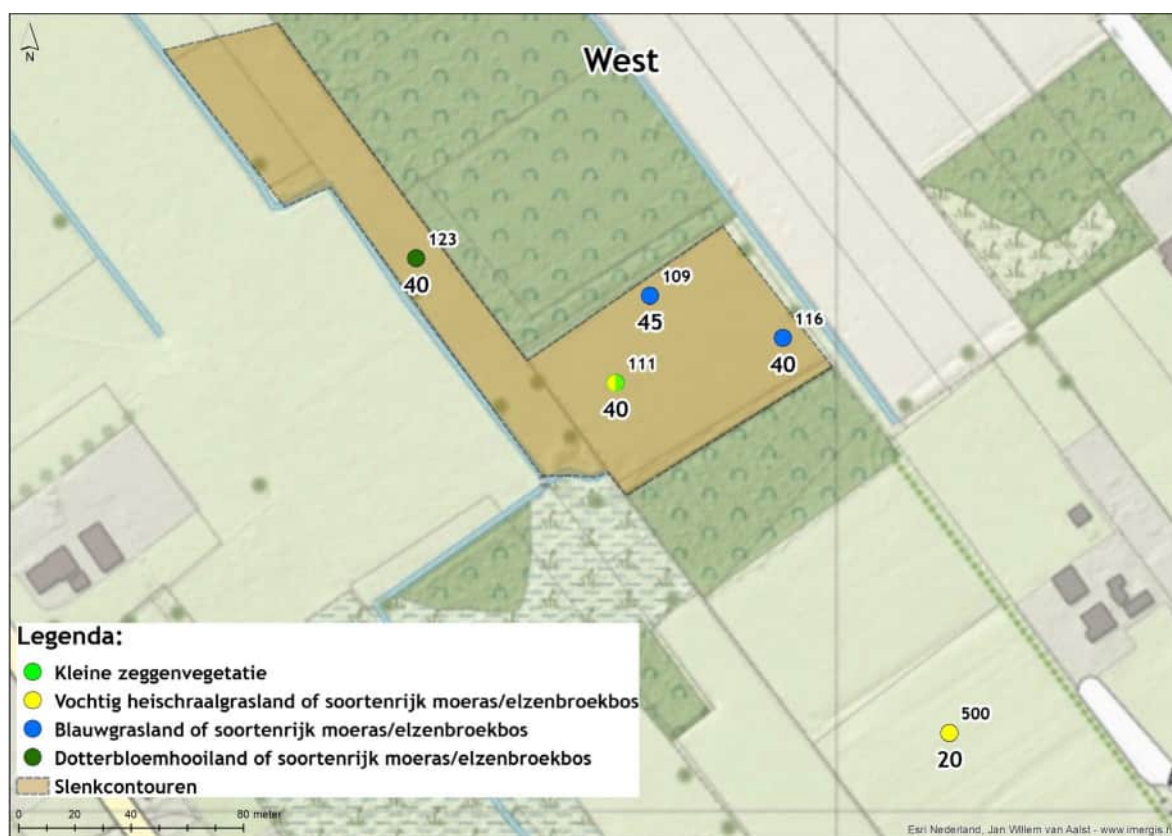
Zowel binnen als buiten de slenk is de toplaag (20/25 cm) verrijkt met fosfaat. Buiten de slenk kan na afgraving van de bouwvoor (20 cm) fosfaatgelimiteerde vegetatie worden ontwikkeld zoals een vochtig heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtig omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden). Binnen de slenk wordt een afgravingsdiepte van 40/45 cm geadviseerd de ontwikkeling van een heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (locatie 111) /blauwgrasland (locatie 109 en 116)/ dotterbloemhooiland (locatie 123) (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.

Dit deelgebied is relatief kansrijk, door middel van een ontgroning van 20 tot 45 cm is de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie mogelijk.

In Tabel 15 en Figuur 42 wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingsmogelijkheden in het deelgebied West.

Tabel 15. Overzichtstabel van de kansen door afgraven en/of door middel van verschrallingsbeheer ((+) = 0-5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren) en de bodemchemisch gegevens van de (nieuwe) toplaag per locatie in deelgebied West. DBH = dotterbloemhooiland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos, BLG = blauwgrasland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos, KZ = kleine zeggenvegetatie, VHG = vochtig heischraalgrasland of soortenrijk moeras/elzenbroekbos.

Nr	Vegetatie	Maatregel	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	Ol-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Ca-z	P-z	NO ₃ -z	M3	M5	M8	M12
109	45	BLG	45-60	zand	C	1	580	6,0	235	33	65	10570	3	317	14	4	0	0
111	40	VHG/KZ	40-80	zand	C													
116	40	BLG	40-55	zand	C	1	686	4,9	173	26	48				9	6	0	0
123	40	DBH	40-60	bosveen, sterk veraard	C	13	263	4,9	126	127	49	25244	1	181	0	0	0	0
500	20	VHG	20-35	zand	BC	1	547	2,8	164	15	40				0	0	0	0



Figuur 42. Overzichtsfiguur van de kansen per boorlocatie in deelgebied West op een topografische kaart. Onder de locatie staat de benodigde ontgrondingsdiepte en/of verschralingsduur ((+) = <5 jaar, + = 6-15 jaar en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren).

6. SYNTHESE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Aanleiding en aanpak van het onderzoek

- Het Zwartebroek, in de buurt van Barneveld in de Gelderse Vallei, is een kleinschalig, eeuwenoud cultuurlandschap en vermoedelijk onderdeel van een randzone van een (historisch) groot veencomplex. Diverse percelen in het Zwartebroek zijn in eigendom van Natuurmonumenten.
- Natuurmonumenten heeft als wens om uit te zoeken welke maatregelen moeten worden genomen om de knelpunten (verdroging, verzuring en vermesting) op te heffen. Daarvoor is het van belang meer inzicht te hebben in het functioneren van het systeem: welke (hydrologische) knoppen zijn er om aan te draaien?
- Daartoe wordt door de Bosgroepen een watersysteemanalyse (WASA) uitgevoerd om de samenhang van hydrologie en bodem te onderzoeken, en de rol van de ontwatering daarin. Daarnaast worden inrichtingsmaatregelen geformuleerd voor percelen die nog niet door Alterra zijn meegenomen in 2007 (16,7 ha).
- Onderzoekcentrum B-WARE is door Natuurmonumenten gevraagd om een bodem- en hydrochemisch onderzoek uit te voeren binnen de (voormalige) slenk en de flanken om de natuurpotenties en de hieruit volgende inrichtingsmaatregelen in kaart te brengen. Omdat Natuurmonumenten en Bosgroepen tot op heden ervan uitgaan dat de hydrologie op orde komt en (flinke) vernatting plaatsvindt wordt er bij het inschatten van de potenties ervan uit gegaan dat het gebied (fors) natter zal worden.
- Daarnaast wordt een bijdrage geleverd aan de watersysteemanalyse, het onderzoek wordt uitgevoerd samen met de Bosgroepen.
- In Figuur 1 wordt de globale ligging van het onderzoeksgebied en de percelen weergegeven.

6.2 Belangrijkste conclusies hydrochemisch onderzoek

- Het grondwater is vooral in het zuidoostelijke deel van het gebied gunstig voor de ontwikkeling van grondwatergevoede natte schraallanden, vochtige hooilanden of broekbos. Het westelijk deel van het gebied is minder gebufferd en rijker aan fosfor (maar lokaal ook rijker aan ijzer wat dan weer positief is). De lage nitraat- en sulfaatconcentraties zijn positief. De mate van buffering bepaalt, onder voedselarme condities, welk type tot ontwikkeling kan komen. Naast de buffering van het grondwater is ook de buffering van de bodem essentieel en is de periode dat het grondwater in de wortelzone komt van invloed op de vegetatieontwikkeling.
- Opgemerkt dient te worden dat het slechts een eenmalige meting van de grondwater- en oppervlaktekwaliteit betreft.

6.3 Belangrijkste conclusies bodemchemisch onderzoek

- De toplaag in het onderzoeksgebied bestaat voornamelijk uit matig tot uiterst siltig zand. De dikte van de bouwvoor verschilt tussen locaties en varieert van 15 tot 65 cm-mv maar is overwegend 20-35 cm dik. In Figuur 20 wordt de dikte van de bouwvoor per locatie weergegeven. Hieruit blijkt dat de bouwvoordikte ruimtelijk ook zeer variabel is (sterke verstoren van de bodemopbouw) maar ook dat in het westelijk gelegen gebied wel een uniforme bouwvoordikte (20/25 cm) aanwezig is. In de slenk is lokaal sprake van dichtgeschoven laagtes (onder andere venige bodemlagen). Lokaal zijn tevens lemige/kleiige bodems aangetroffen. Zie bijlage 1 voor de boorprofielen per locatie. Door de Bosgroepen is een uitgebreide bodemkartering uitgevoerd in het gebied op basis waarvan de monsterlocaties en monsterdieptes zijn vastgesteld.

- De buffering in het gebied wisselt sterk in de diepte, echter de mediaan ligt in alle bodemlagen tussen de 19 en 41 mmol totaal-Ca/l bodem. Dergelijke totaal-Ca concentraties worden (onder P-arme en de juiste hydrologische condities) vaak aangetroffen in blauwgraslanden of elzenbroekbossen. Dit is slechts de mediaan, in Figuur 24 is duidelijk te zien dat er grote verschillen tussen de bodemmonsters aanwezig zijn. De totaal-Ca concentraties in de dataset hebben een range van 9 tot 230 mmol totaal-Ca/l bodem. Per zone (noord, oost, zuid, west) en in de noordelijke en oostelijke zone per locatie is dit behandeld in hoofdstuk 5/ paragraaf 5.4.
- In Figuur 25 worden de totaal-calciumconcentraties van de toplaag ruimtelijk weergegeven. De verschillen lijken vooral beïnvloed te zijn door de hoogte van de locaties, hoger gelegen locaties lijken minder rijk in totaal-Ca te zijn dan lagergelegen locaties. De calciumconcentraties in de toplaag kunnen tevens beïnvloed zijn door de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik.
- In een groot deel van het gehele gebied is de toplaag verrijkt en verzadigd met fosfaat, hierdoor is de kans groot dat de locaties verruigen en fosfaat gemobiliseerd wordt en uitspoelt bij de geplande vernatting (analyse van de fosfaatverzadigingsgraad of het uitvoeren van enkele vernattingsproeven kan meer duidelijkheid geven). Op basis van de ligging in het gebied zijn de locaties onderverdeeld in 4 zones (Noord, Oost, Zuid en West; zie Figuur 26). Per deelgebied worden hieronder kort de bevindingen gepresenteerd:
 - Deelgebied Noord: Dit deelgebied is over het algemeen niet kansrijk. Indien dit deelgebied wordt ontwikkeld wordt er geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op de ontwikkeling van (ver)ruigde grasland of mesotroof moeras/broekbos op de toplaag of na afgraving. Bij afgraving wordt een diepte van 55 cm geadviseerd zodat ter hoogte van locatie 107 fosfaatgelimiteerde vegetatie kan worden ontwikkeld. Op locatie 100 en 103 zijn geen goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie.
 - Deelgebied Oost: In dit deelgebied zijn de potenties wisselend maar zijn er ook kansen aanwezig voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie. Per locatie verschilt de diepte van de bouwvoor en de diepte van het fosfaatfront. Daarnaast verschilt ook de buffering tussen de locaties sterk, dit wordt ook gestuurd door de ligging binnen en buiten de slenk:
 - Binnen de slenk (na afgraving van 25-80 cm) is op bijna alle locaties de ontwikkeling van een dotterbloemland (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk. Op locatie 41 en 46 is dit zelfs mogelijk te bereiken op de toplaag (op locatie 46 is verschrallingsbeheer nodig).
 - Buiten de slenk (na afgraving van 15-50 cm) is de ontwikkeling van minder gebufferde vegetatie zoals vochtige heide, kleine zeggenvegetatie, heischraalgrasland en blauwgrasland of minder gebufferd soortenrijk moeras/elzenbroekbos mogelijk.
 - Deelgebied Zuid: In dit deelgebied is vooral het zuidelijk perceel kansrijk; door middel van het afgraven van de bouwvoor, is de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie mogelijk.
 - Binnen de slenk kan in het zuidelijk perceel (locatie 4, 8, 11 en 14) na afgraving van de bouwvoor vochtig heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtig omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) ontwikkeld worden. Op locatie 14 is wel een aanvullend verschrallingsbeheer nodig.
 - In het noordelijk perceel is binnen de slenk deze ontwikkeling pas mogelijk als op alle locaties na afgraving van de bouwvoor een aanvullend

-
- verschrallingsbeheer wordt uitgevoerd. Het is ook mogelijk om de bouwvoor + 10/15 cm af te graven op basis van de bodemchemie op locatie 22.
- Buiten de slenk is na afgraving van de bouwvoor nog een verschrallingsbeheer van circa 18 jaar nodig voor de ontwikkeling van vochtig heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (vochtig omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden). Het is ook mogelijk om 55 cm af te graven voor deze ontwikkeling echter de fosfaatconcentraties zijn op deze diepte onbekend.
 - Deelgebied West: Dit deelgebied is relatief kansrijk, door middel van een beperkte ontgronding 20-45 cm is de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie mogelijk.
 - Buiten de slenk kan na afgraving van de toplaag (20 cm) fosfaatgelimiteerde vegetatie worden ontwikkeld zoals een vochtig heischraalgrasland/blauwgrasland (vochtig omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden).
 - Binnen de slenk wordt een afgravingsdiepte van 40/45 cm geadviseerd om de ontwikkeling van een heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie (locatie 111) /blauwgrasland (locatie 109 en 116)/ dotterbloemhooiland (locatie 123) (vochtige omstandigheden) of soortenrijk moeras/elzenbroekbos (natte omstandigheden) mogelijk te maken.
 - Op basis van de bodemchemische data is een advies per locatie opgesteld. De gedetailleerde potenties van de vegetatie en de benodigde maatregelen hiervoor (ontgronding en/of verschrallen) worden per deelgebied in Tabel 9, Tabel 11, Tabel 13 en Tabel 15 en in Figuur 30, Figuur 34, Figuur 38 en Figuur 42 weergegeven.

6.4 Aanbevelingen

- Na afgraving van de P-rijke toplaag, het verwijderen van de zode of het bereiken van de gewenste verschralling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden te creëren voor de beoogde doelsoorten. Het zorgt er bovendien voor dat extra organisch materiaal wordt ingebracht na ontgraving en remt de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten. De eerste jaren na herintroductie volstaat het klepelen van de vegetatie. Bij een dichtere zode wordt maaien en afvoeren geadviseerd. Zie paragraaf 2.4 voor aanvullende informatie omtrent het aanvullend beheer wanneer de gewenste verschralling is bereikt.
- Het ontwikkelen van een soortenrijke P-gelimiteerde vegetatie lukt vooral wanneer daadwerkelijk voldoende P-arme condities worden gecreëerd. Wanneer minder wordt afgegraven dan geadviseerd of wanneer lokaal aanvullend verschrallingsbeheer nodig is kan verzuiving ontstaan. Door middel van het inbrengen van maaisel uit een referentieterrein kan de ontwikkeling van ruigtesoorten worden onderdrukt en de ontwikkeling van de doelvegetatie worden gestimuleerd.
- Een eventuele ontgronding dient getoetst te worden op de inpassing in het ecohydrologische systeem. Dit maakt geen onderdeel uit van het onderzoek. Het opstellen van een inrichtingsplan maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Het is aan de Bosgroepen en Natuurmonumenten om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan en welke keuzes op welke locatie worden gemaakt. Het doel van dit onderzoek is om de potenties en vereiste maatregelen in kaart te brengen zodat vervolgens

weloverwogen keuzes kunnen worden gemaakt per locatie zodat het systeem (in combinatie met standplaatscondities) kan worden hersteld.

- Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurbeheertypen. Ook wanneer vernattingsmaatregelen worden genomen is finetuning van de hydrologie essentieel. Er dient voldoende doorstroming te zijn en in de zomer dient de toplaag (beperkt) droog te vallen om P-binding te stimuleren en verzuuring te voorkomen. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden (bij vernatting) regelbaar te maken (regelbare stuwtjes).
- Het maken van de juiste keuzes per gebied en locatie is complex. Meerdere factoren zullen hierop van invloed zijn. In de loop van dit proces vormen de bodemchemische en de waterkwaliteit condities een belangrijk uitgangspunt. We beseffen ons dat dit specialistische kennis is waardoor het lastig is om consequenties van specifieke keuzes in te schatten. Indien gewenst kunnen we, aanvullend op deze opdracht, een keer aansluiten bij een overleg om de gemaakte plannen nog eens te toetsen aan de bodemchemische bevindingen en hiermee de keuzes en ontwikkelingsmogelijkheden te optimaliseren.

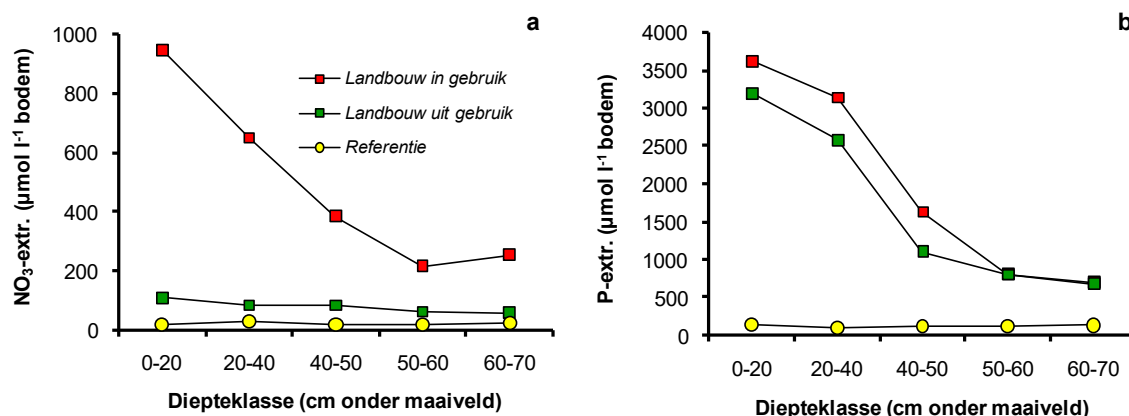
7. BIJLAGEN

7.1 Bijlage 1. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond

Belang fosfaatlimitatie

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 43; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 43; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren.

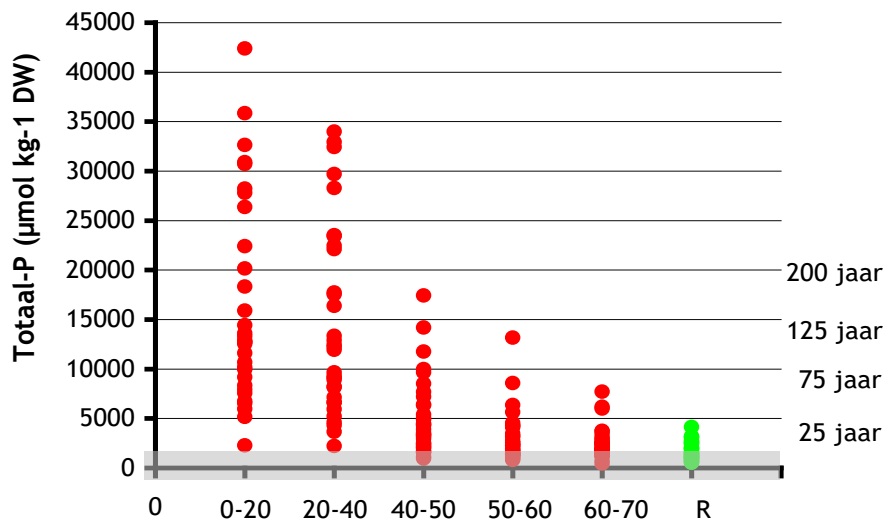


Figuur 43. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 44; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 44. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

Verschralingsmaatregelen

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

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

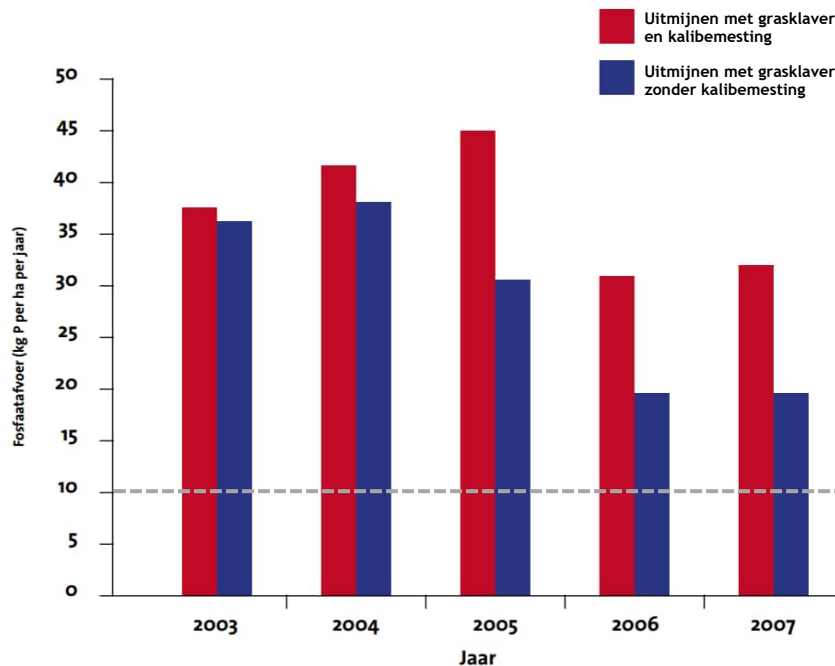
Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders

e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 44, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoer van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschrallingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 45. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het

fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgronding kan een snelle vershraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

Aanvullende (beheer)maatregelen

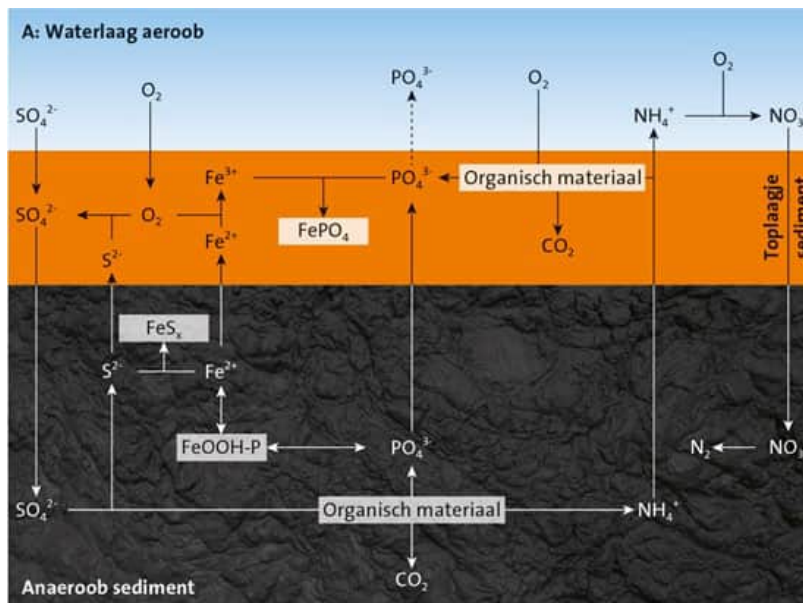
Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend vershralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere vershraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Vooral de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijs op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van vershralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

Biogeochemische processen bij vernatting

Vernatting (inundatie) van (voormalige) landbouwpercelen kan potentieel leiden tot grote problemen voor de waterkwaliteit (van Diggelen e.a., 2016). Dit komt omdat er onder natte bodemomstandigheden diverse biogeochemische processen worden gestimuleerd die kunnen leiden tot een toename van de fosfaatbeschikbaarheid en mogelijk ammoniumophoping.

De mate waarin er in het oppervlaktewater op de percelen fosfaat en ammonium accumuleert hangt af van de hoeveelheden fosfor, ijzer en ammonium die worden vrijgemaakt in de bodems en van de zuurstofvoorziening van het water op maaiveld (Figuur 46). De uitwisseling van fosfaat van de bodem naar het water op maaiveld wordt afgeremd door de gelijktijdige diffusie van gereduceerd ijzer naar het oppervlaktewater. Op de geoxideerde overgang van bodem naar oppervlaktewater wordt het ijzer geoxideerd waarbij weer ijzer(III)(hydr)oxiden worden gevormd waaraan fosfaat goed kan binden. Daardoor is de nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vaak laag zolang er meer ijzer dan fosfor in oplossing is in het poriewater en de waterlaag zuurstofrijk is (Smolders e.a. 2001, Geurts e.a., 2010). Ammonium kan vrij naar de waterlaag diffunderen waar het wordt geoxideerd tot nitraat. Nitraat kan weer in de anaerobe bodem worden gedenitrificeerd tot stikstofgas.



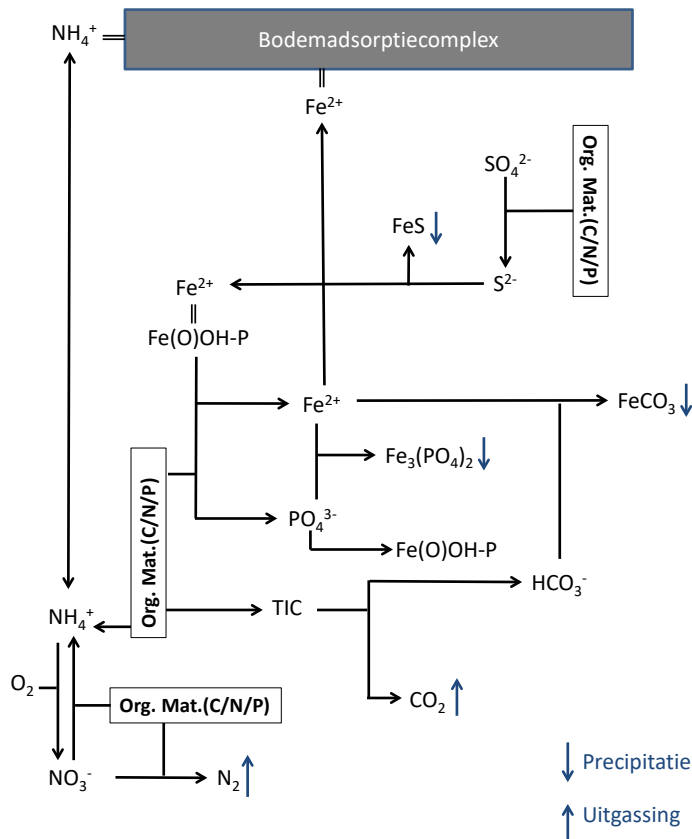
Figuur 46. Schematische weergave van de theoretische accumulatie van P en N in het water op maaiveld na vernatting, bij een zuurstofrijke waterlaag (Smolders e.a., 2019).

Wanneer er veel afbraak plaatsvindt en de zuurstofbeschikbaarheid daalt kan dit zorgen voor meer nalevering van nutriënten. De mate waarin onder anaerobe omstandigheden afbraak plaatsvindt hangt af van de beschikbaarheid van reactief organisch stof en de beschikbaarheid van alternatieve elektronenacceptoren. Omdat nitraat energetisch de meest gunstige elektronenacceptor is wordt eerst nitraat (NO_3^-) gebruikt en vervolgens driewaardig (geoxideerd) ijzer (Fe^{3+}) en sulfaat (SO_4^{2-}). Bij deze processen wordt achtereenvolgens stikstofgas (N_2), ijzer (Fe^{2+}) en sulfide (HS^-) gevormd. Omdat het om microbiële processen gaat, zijn deze ook temperatuur-afhankelijk.

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

Bij de anaerobe oxidatie van organisch materiaal komt ook koolstof, stikstof en fosfor vrij in de vorm van respectievelijk anorganische koolstof (kooldioxide en bicarbonaat) ammonium en fosfor. Er komt ook fosfor vrij door de reductie van ijzer(III)(hydr)oxiden. Fosfor bindt namelijk goed aan

ijzer(III)(hydr)oxiden en wanneer deze worden gereduceerd tot tweewaardig ijzer komt er fosfaat vrij. In hoeverre er ammonium, tweewaardig ijzer en fosfaat ophoopt in het poriewater van de geïnundeerde onderwaterbodems hangt ook weer af van de mate waarin er (re-)adsorptie plaatsvindt van deze ionen in de bodem (Figuur 47). Wanneer de bodem erg rijk is aan ijzer(III)(hydr)oxiden kan adsorptie van fosfaat aan nog niet gereduceerde ijzer(III)(hydr)oxiden er bijvoorbeeld voor zorgen dat de toename van P in het poriewater beperkt blijft (Lucassen e.a., 2015).



Figuur 47. Schematisch overzicht van belangrijke biogeochemische processen die optreden in vernatte landbouwbodems (Bron: Lucassen e.a. 2015).

Zowel ammonium, ijzer als fosfor kunnen vanuit het poriewater in de waterlaag terecht komen (van Diggelen e.a., 2016). Wanneer de waterlaag zuurstofhoudend is zal het gereduceerde ijzer in de waterlaag worden geoxideerd tot ijzer(III)(hydr)oxiden. Deze zijn slecht oplosbaar waardoor ze neerslaan op de onderwaterbodems en binden bovendien fosfaat waardoor de fosfaatbeschikbaarheid in het oppervlaktewater beperkt kan blijven (Smolders e.a., 2012). Het is dus van belang om in een geïnundeerde bodem niet alleen te kijken naar hoeveel fosfor er vrijkomt maar ook om te meten hoeveel gereduceerd ijzer er vrijkomt in het poriewater. Ook ammonium is belangrijk omdat de hoeveelheid ammonium die onder anaerobe omstandigheden kan vrijkomen in een landbouwbodem erg groot kan zijn (Lucassen e.a., 2015).

Het risico op P-mobilisatie en uitspoeling na vernatting kan worden bepaald door de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van een bodem te meten (Smolders et al., 2019). Als in het deel van het bodemprofiel boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) de FVG hoger is dan 25% bestaat kans op uitspoelen van fosfaat en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld (Schoumans, 2004). Bij lagere waarden is dit risico minder groot. Uit eerder onderzoek (van Mullekom & Smolders, 2017) bleek dat de uitspoeling van fosfaat en nitraat het sterkst is voor akkers en duidelijk minder voor graslanden. Uit experimenteel onderzoek naar vernatting van landbouwbodems in Leegveld (Noord-Brabant) bleek de fosfaatnaleving aanzienlijk (> 1 mg

.....
P/m²/dag) in bodems met een Olsen-P > 1000 µmol/kg droge bodem en een totaal-P > 5 mmol/liter verse bodem. Ook hier nam de P-mobilisatie en nalevering sterk toe bij een FVG > 25%. Voor veenbodems was de P-nalevering ook bij een lagere FVG (rond 10%) soms al hoog (van Mullekom et al., 2018).

Broeikasgasemissie na vernatten van veenweiden

Veenbodems zijn sterk organische bodems en bevatten daarmee grote hoeveelheden (reactief) organisch koolstof (Convention on Wetlands, 2021). Wanneer deze bodems droogvallen kan het organische materiaal door microbiële oxidatie (door verbruik van zuurstof) worden afgebroken. Hierbij komt het broeikasgas CO₂ vrij. Door vernatten van veenbodems wordt de afbraak van organisch materiaal tegengegaan en daarmee ook de CO₂-emissie naar de atmosfeer. Vernatting leidt echter ook via CO₂-reductie tot de vorming van methaan (CH₄), wat tevens een broeikasgas is en zelfs een sterker broeikaseffect heeft dan CO₂. Vernatting leidt echter niet tot verhoogde concentraties in de atmosfeer (Günther et al., 2020). Vanwege de korte verblijftijd van methaan leidt deze CH₄-emissie snel (binnen enkele tientallen jaren) tot een stabiele toestand van de CH₄-concentratie in de atmosfeer. Wanneer drooggelegde veenbodems niet worden vernat, leidt de voortdurende emissie van CO₂ uit deze veenbodems juist tot een almaar stijgende CO₂-concentratie. Op termijn zal vernatten van (droog liggende) veengebieden daarom leiden tot een verminderd effect op de opwarming van de astmosfeer ten opzichte van oxiderende veenbodems.

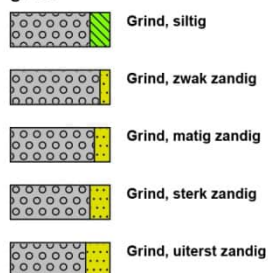
7.2 Bijlage 2. Profielbeschrijvingen locaties bodemonsters

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties voor de bodemonsters in Zwarteboek. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door het ATKB (Jan Vermeer).

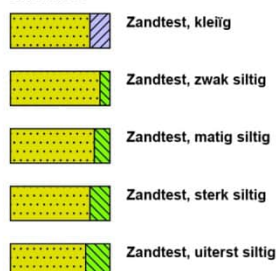
Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind



zandtest



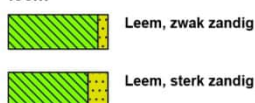
veen



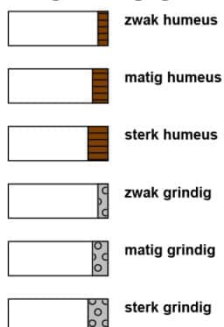
klei



leem



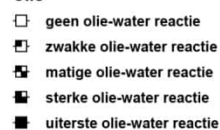
overige toevoegingen



geur



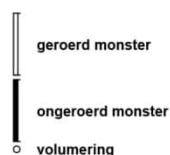
olie



p.i.d.-waarden



monsters



overig

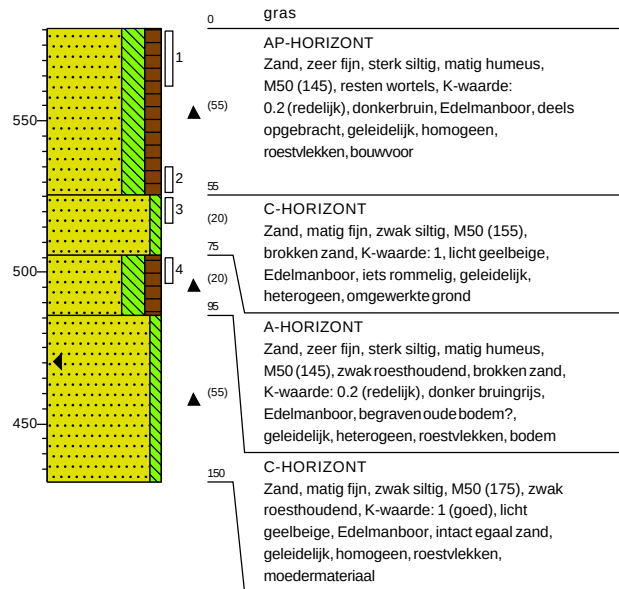


Boring: 4

X: 164201,13
Y: 465226,45
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.806
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 110

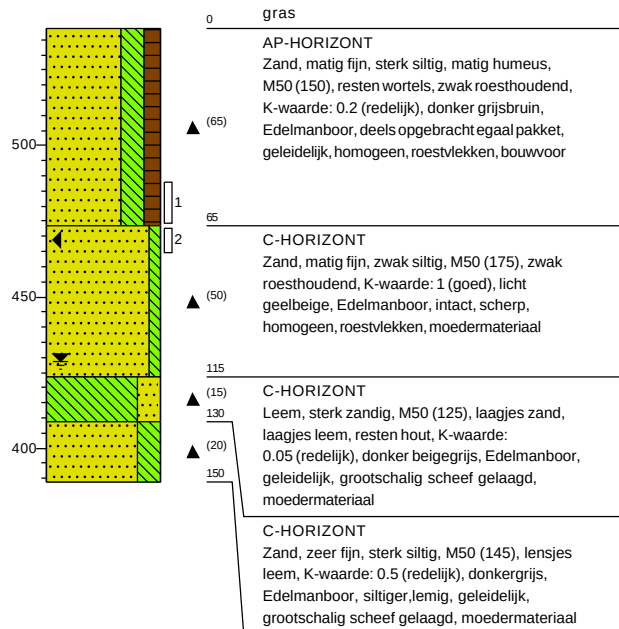
Opmerking: 0-20(bv),10cm-bv,40-50(mineraal)



Boring: 8

X: 164118,66
Y: 465180,56
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.387
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 110
GHG: 70

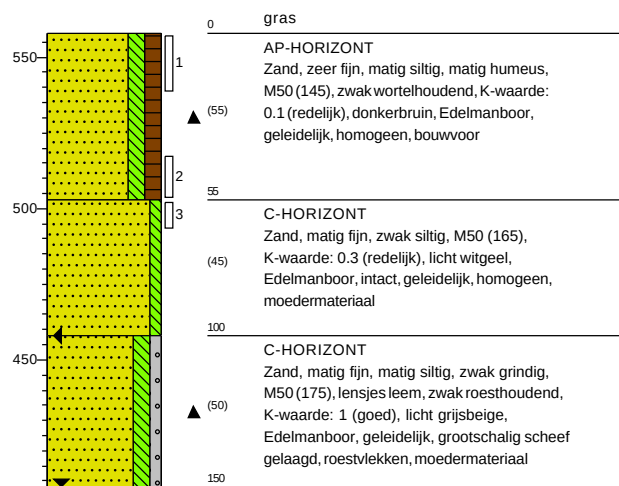
Opmerking: 50-60 (mineraal)



Boring: 11

X: 164264,74
Y: 465307,34
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.58
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 150
GHG: 100

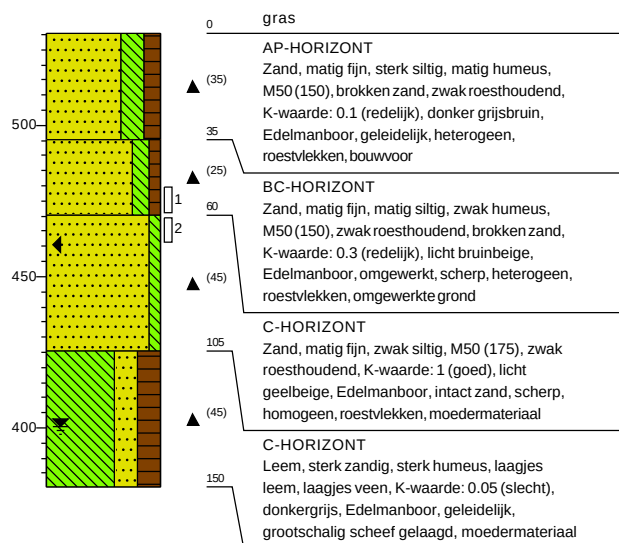
Opmerking: 0-20(bv),10cm-bv,50-60(mineraal)



Boring: 14

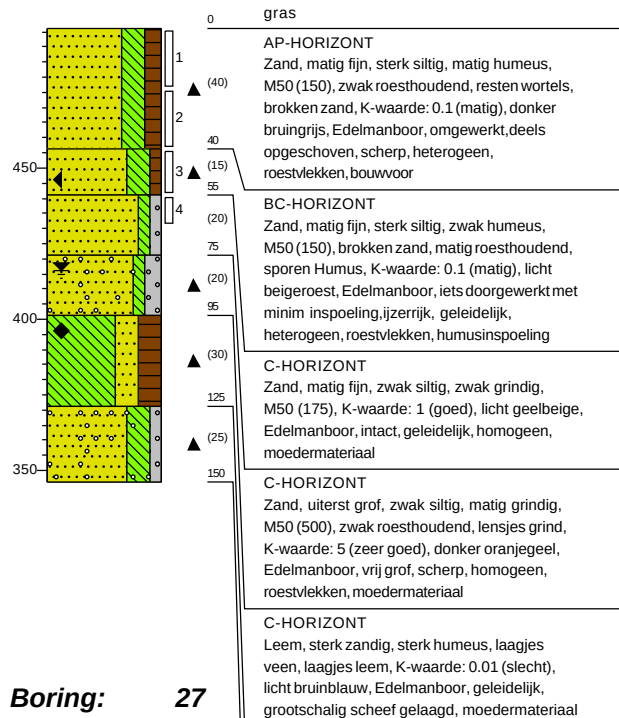
X: 164142,30
Y: 465224,02
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.305
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 130
GHG: 70

Opmerking: 80-90veenietsmineraal



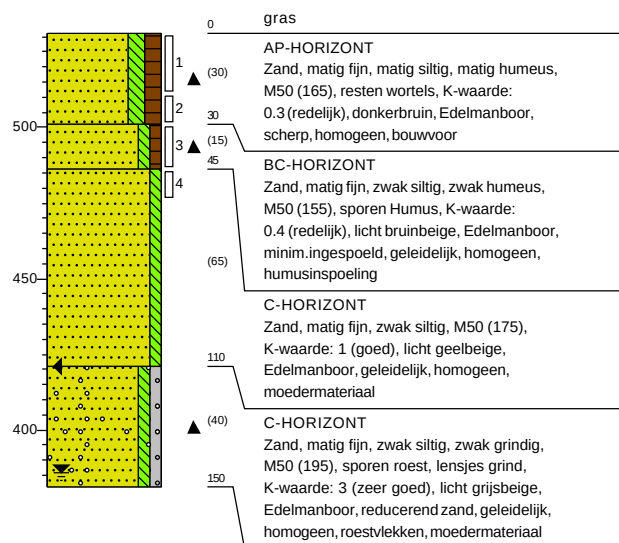
Boring: 22

X: 164092,19
Y: 465416,54
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.962
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 100
Opmerking: 0-20 (bv) 50-70 (veen), 70-80 (mineraal)



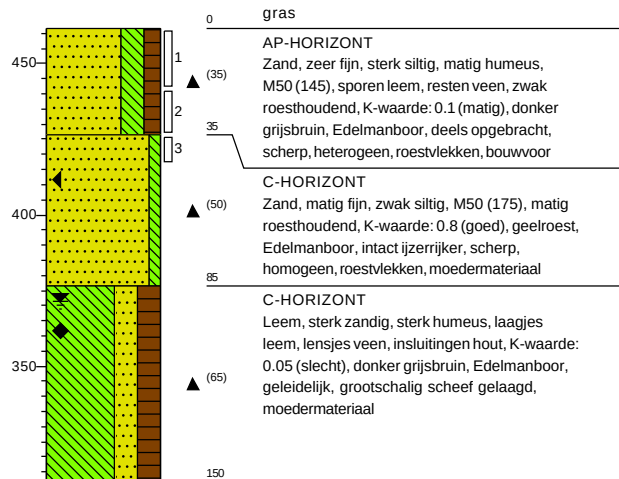
Boring: 27

X: 164082,28
Y: 465499,25
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.312
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 145
GHG: 110
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



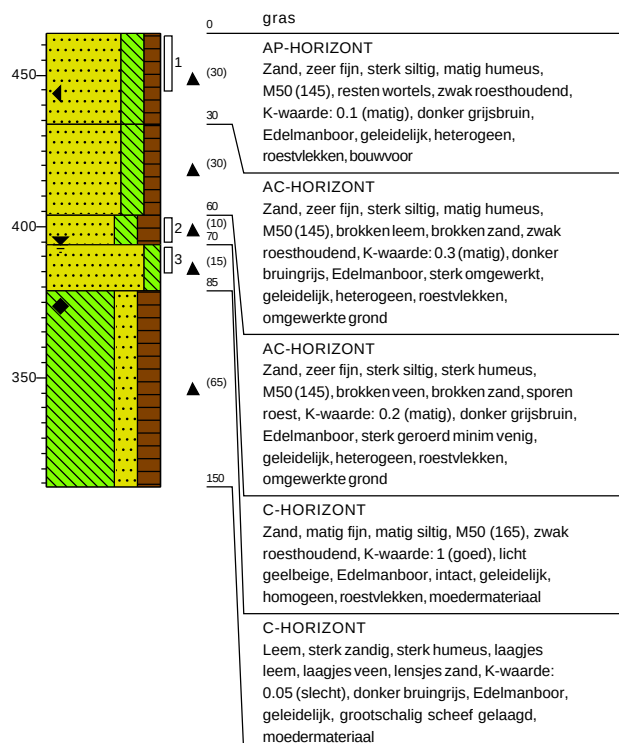
Boring: 25

X: 164133,24
Y: 465558,96
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.616
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 50
GLG: 100
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



Boring: 31

X: 163998,07
Y: 465450,71
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.639
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 20
GLG: 90
Opmerking: 0-20 (bv) 50-60 (veen), 60-70 (mineraal)

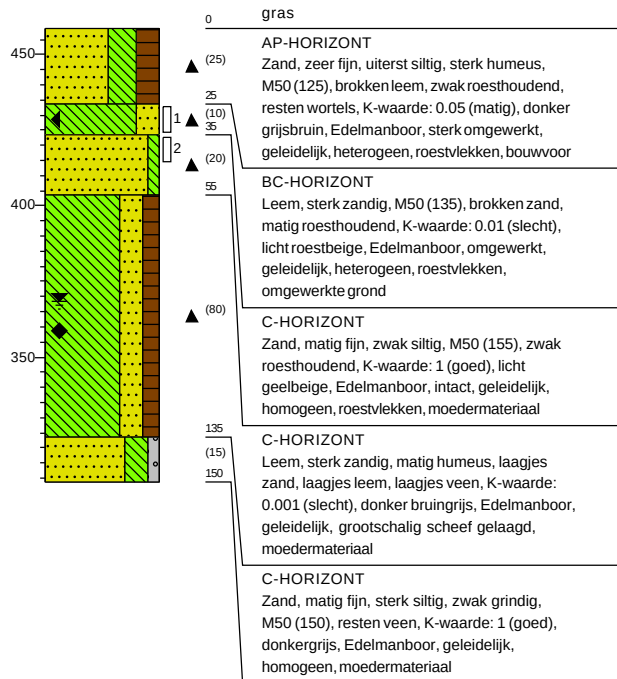


Projectcode: PR-22.089

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Zwarteboek

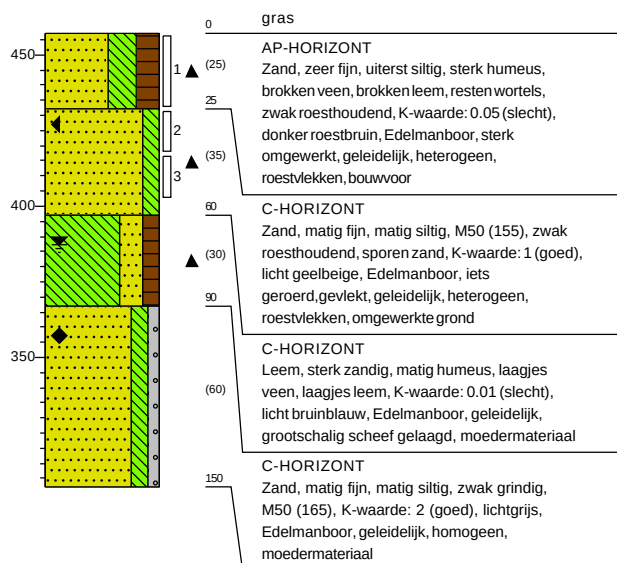
Boring: 34

X: 164128,08
Y: 466035,02
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.587
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 30
GLG: 100
Opmerking: 25-35 (leemlaag) en 35-45 (mineraal)



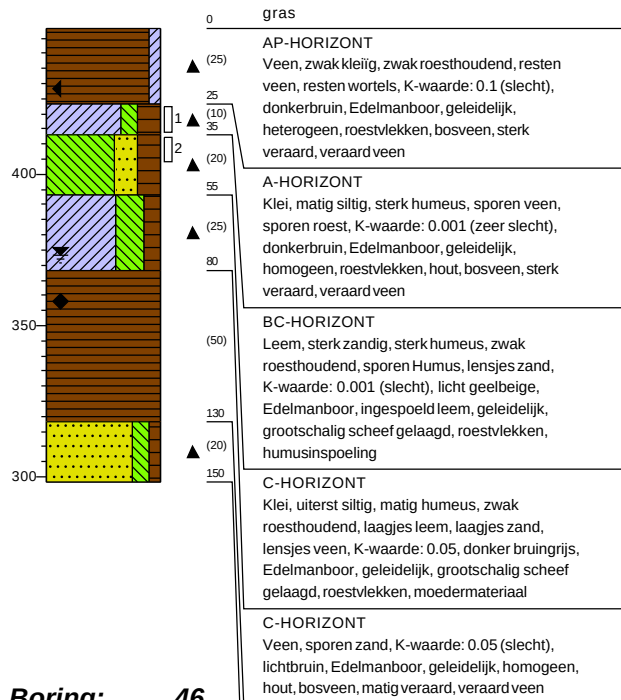
Boring: 41

X: 164074,74
Y: 466078,94
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.571
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 100
Opmerking: 0-20 (bv), 30-45 (veen), 45-55 (mineraal)



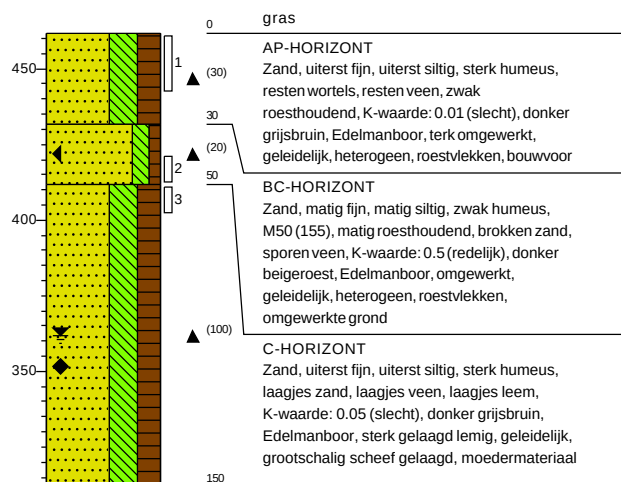
Boring: 38

X: 164168,58
Y: 466094,36
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.483
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 75
GHG: 20
GLG: 90
Opmerking: 25-35 (mineraal)



Boring: 46

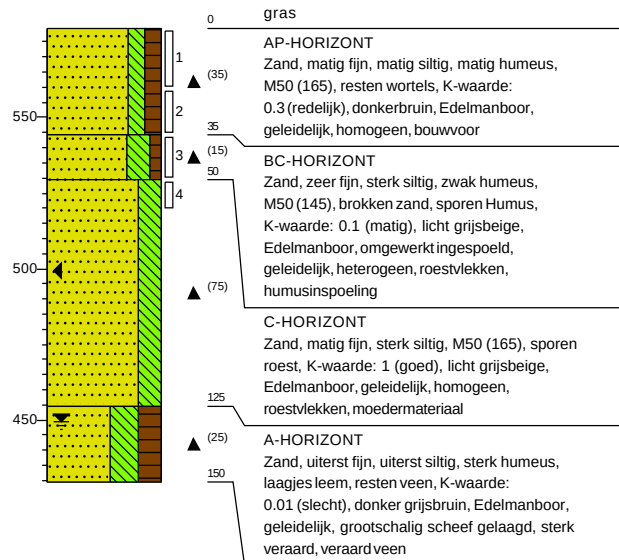
X: 164021,20
Y: 466049,54
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.617
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 40
GLG: 110
Opmerking: 0-20 (bv), 40-50 (veen), 50-60 (mineraal)



Boring: 54

X: 163962,09
Y: 466324,60
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.794
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 130
GHG: 80

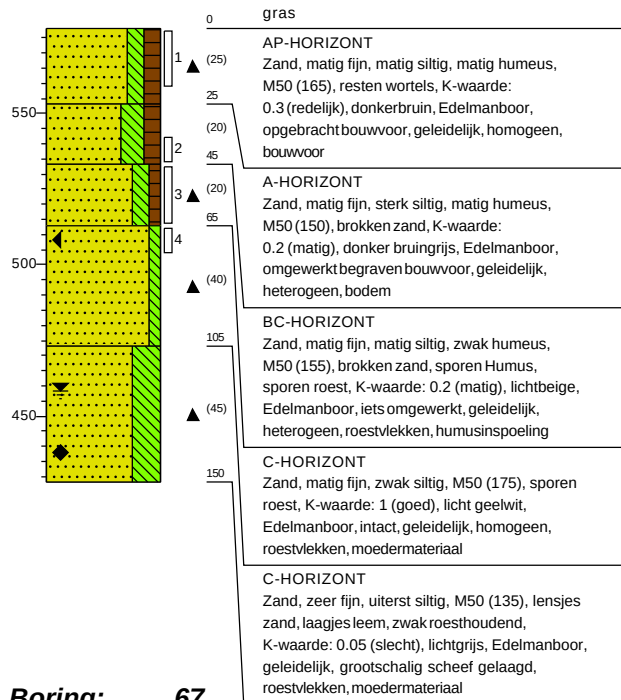
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



Boring: 58

X: 164097,07
Y: 466383,38
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.781
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 70
GLG: 140

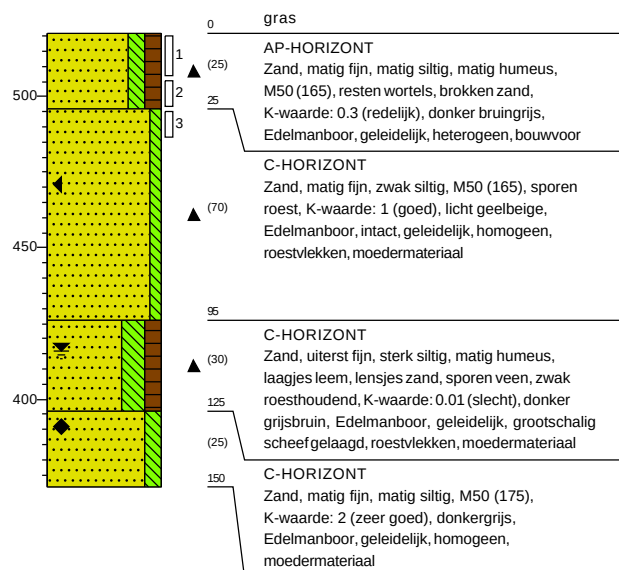
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



Boring: 62

X: 163843,53
Y: 466262,63
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.209
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 105
GHG: 50
GLG: 130

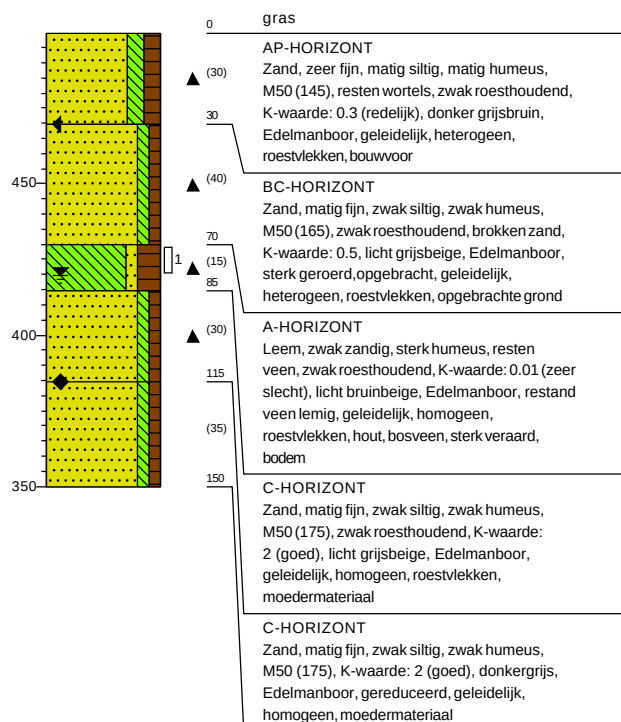
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



Boring: 67

X: 164002,09
Y: 466208,50
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.997
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 115

Opmerking: 70-80 (venig/mineraal)



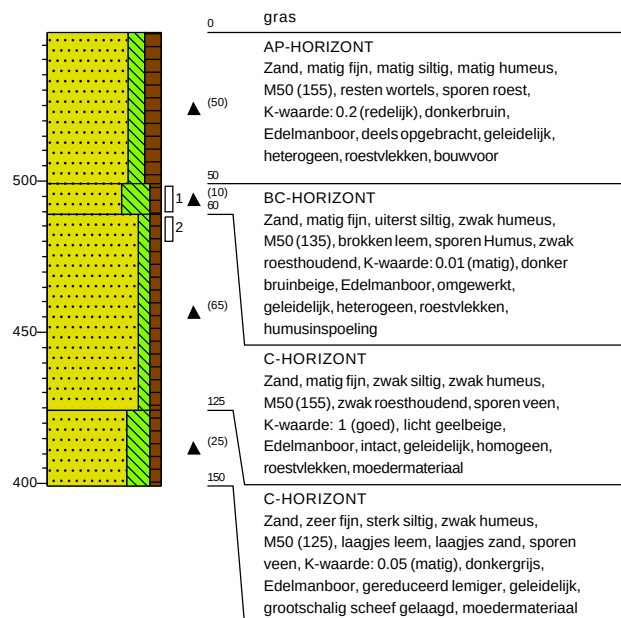
Projectcode: PR-22.089

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Zwarteboek

Boring: 78

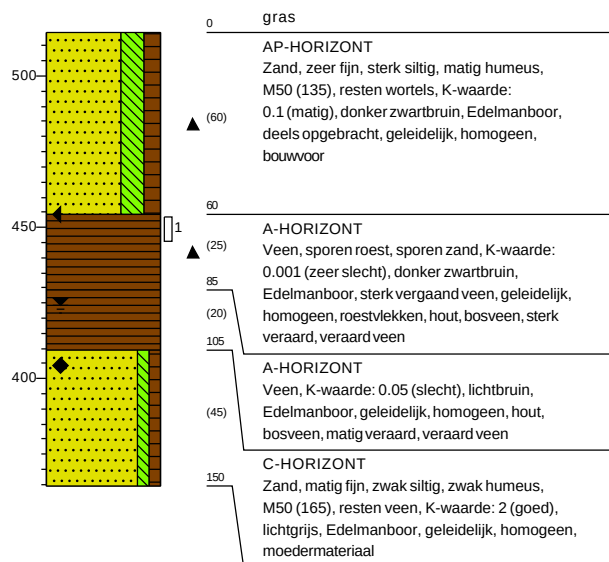
X: 164065,23
Y: 466306,30
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.491
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: 70-80 (mineraal)



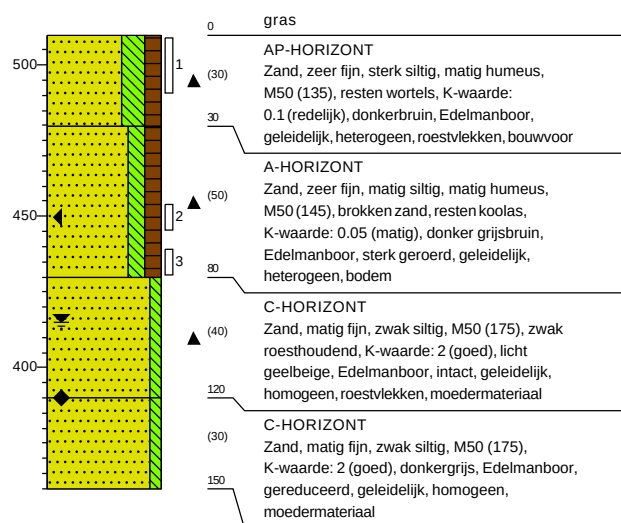
Boring: 80

X: 164037,05
Y: 466282,23
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.145
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 60
GLG: 110
Opmerking: 60-70 (begraven veen)



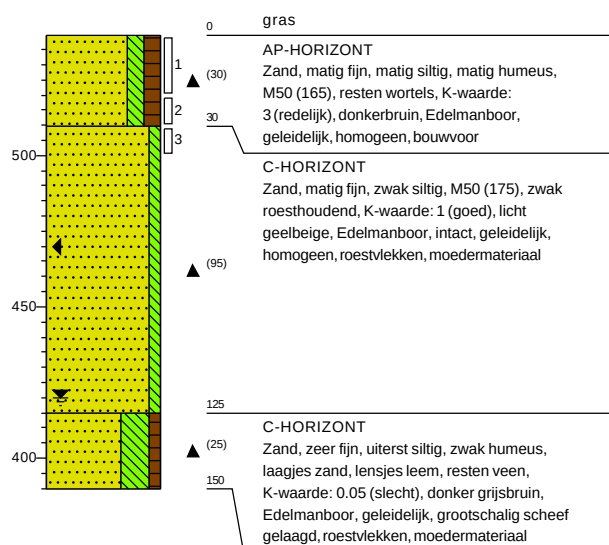
Boring: 84

X: 163925,47
Y: 466204,99
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.098
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 60
GLG: 120
Opmerking: 0-20 (bv), 55-65 (gyttja), 65-75 (mineraal)



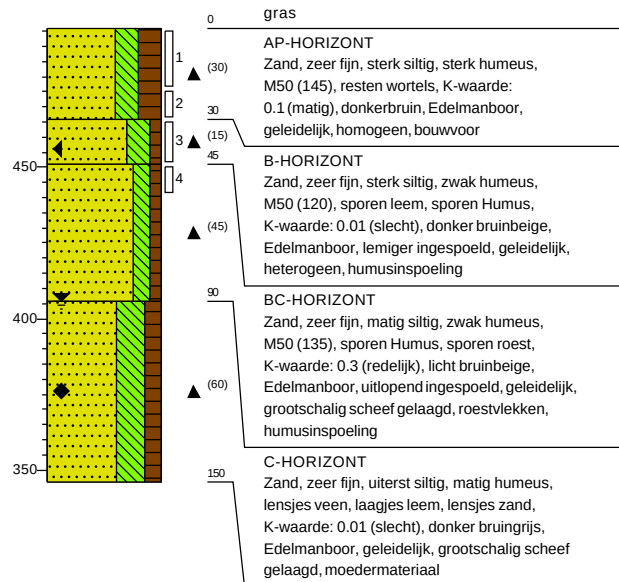
Boring: 88

X: 163842,65
Y: 466181,11
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.398
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 70
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



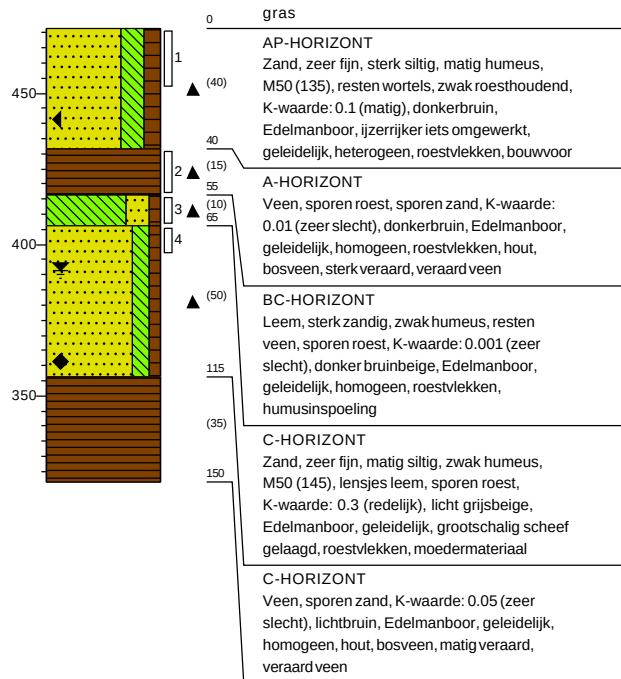
Boring: 90

X: 163801,71
Y: 466189,88
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.959
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 40
GLG: 120
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



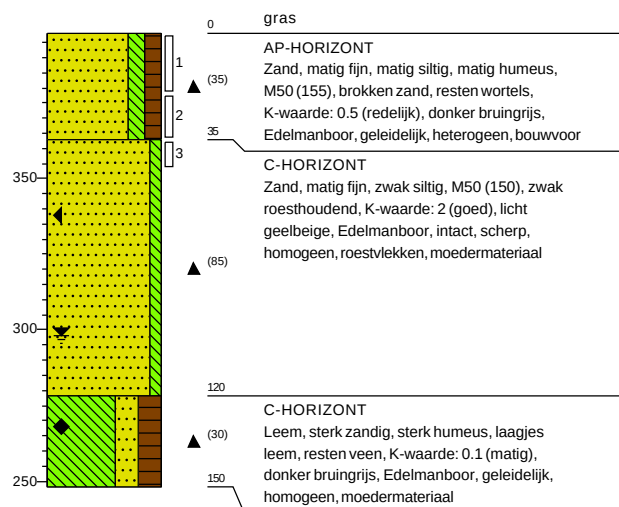
Boring: 94

X: 163782,17
Y: 466114,47
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.714
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 110
Opmerking: 0-20 (bv), 50-60 (veen), 60-70 (mineraal)



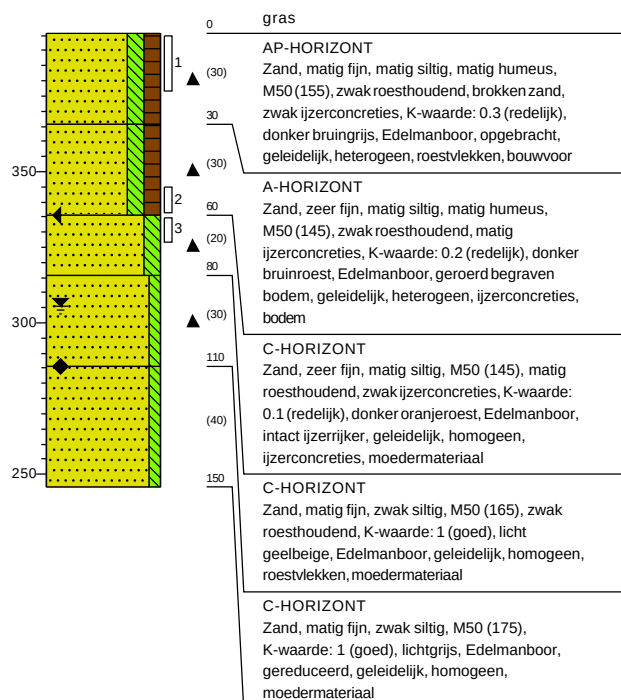
Boring: 100

X: 162750,71
Y: 466861,93
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 3.981
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 60
GLG: 130
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



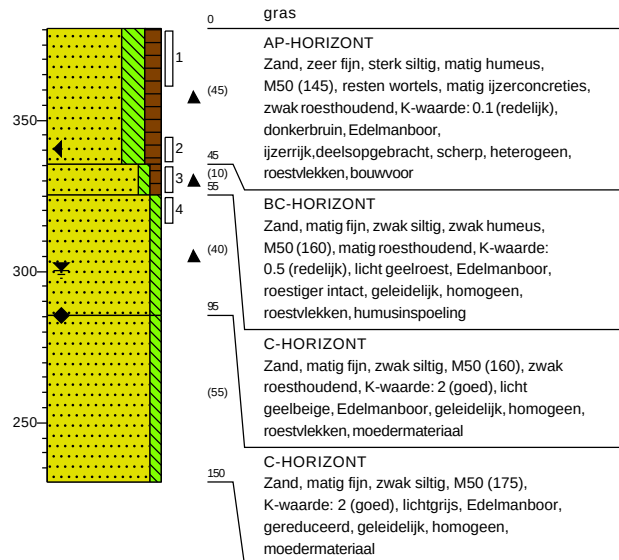
Boring: 103

X: 162747,54
Y: 466797,79
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 3.958
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 60
GLG: 110
Opmerking: 0-20 (bv), 40-50, 70-80 (mineraal)



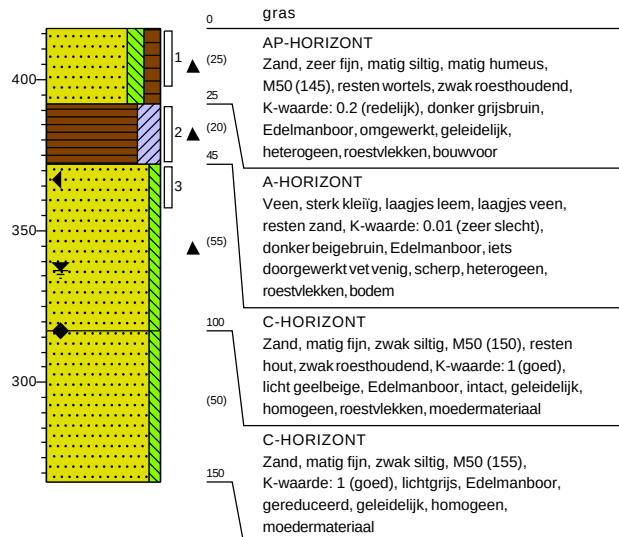
Boring: 107

X: 162806,63
Y: 466811,01
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 3.804
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 40
GLG: 95
Opmerking: bouwvoor (boven en onder), 45-55 (mineraal)



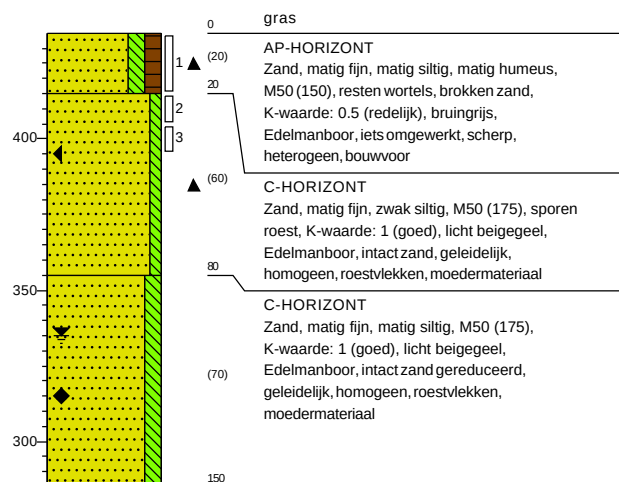
Boring: 109

X: 162933,63
Y: 466183,76
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.169
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 100
Opmerking: 0-20 (bv) 30-50 (venig), 50-60 (mineraal)



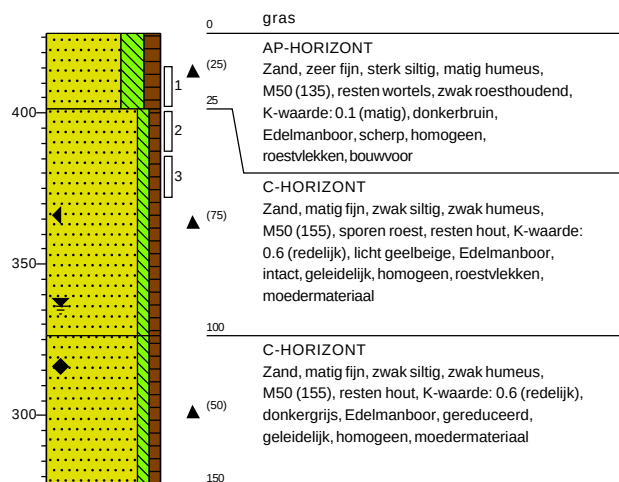
Boring: 111

X: 162921,37
Y: 466152,73
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.35
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 40
GLG: 120
Opmerking: bouwvoor (boven en onderkant), minerale ondergrond



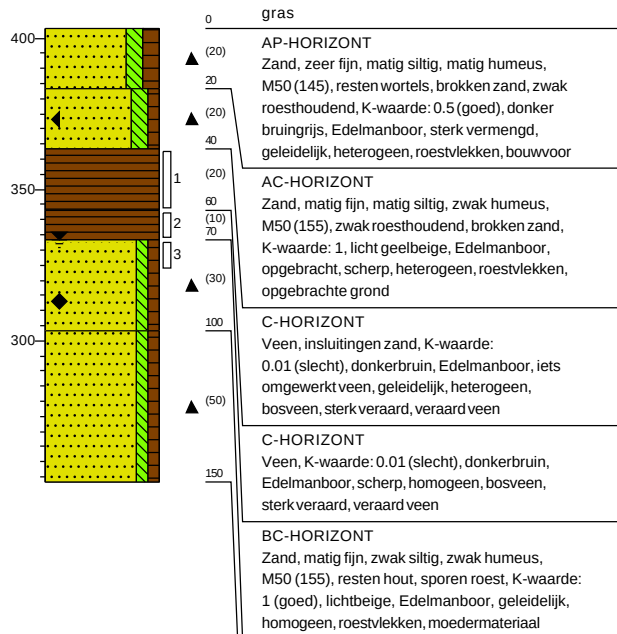
Boring: 116

X: 162980,90
Y: 466168,69
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.263
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 60
GLG: 110
Opmerking: 0-20 (bv) 40-50 (venig), 50-60 (mineraal)



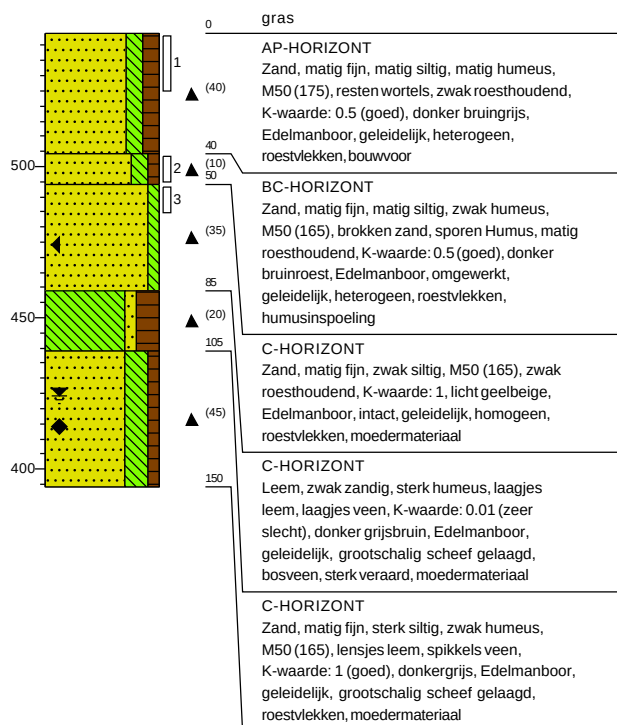
Boring: 123

X: 162850,39
Y: 466197,04
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.032
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 90
Opmerking: 70-80 (veen)



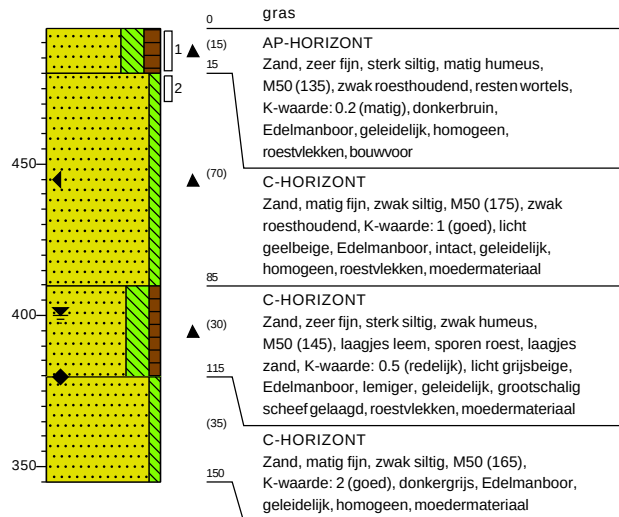
Boring: 201

X: 164127,53
Y: 466311,82
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.441
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 70
GLG: 130
Opmerking: 0-20 (bv), 10 cm-bv



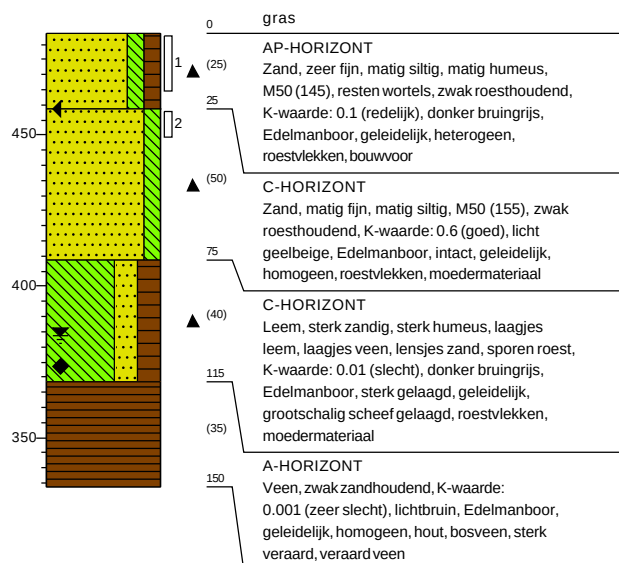
Boring: 200

X: 164237,66
Y: 466125,78
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.949
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 95
GHG: 50
GLG: 115
Opmerking: 0-20 (bv), 10 cm-bv



Boring: 202

X: 164169,35
Y: 466192,97
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.837
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 25
GLG: 110
Opmerking: 0-20 (bv), 10 cm-bv



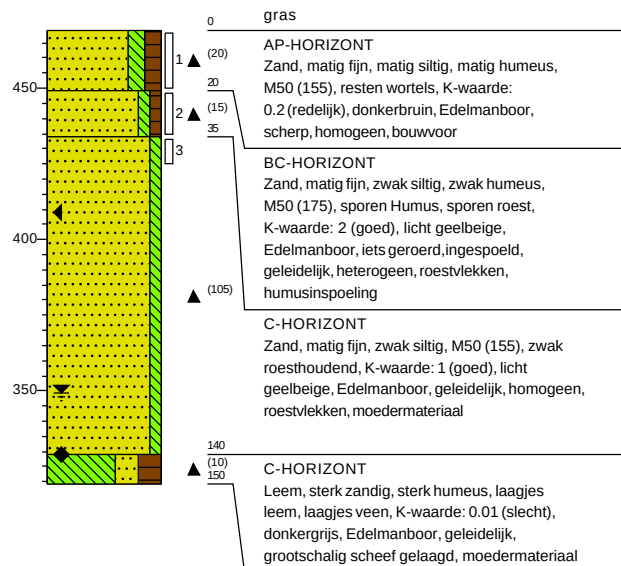
Projectcode: PR-22.089

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek Zwarteboek

Boring: 500

X: 163040,21
Y: 466028,01
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.692
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 60
GLG: 140

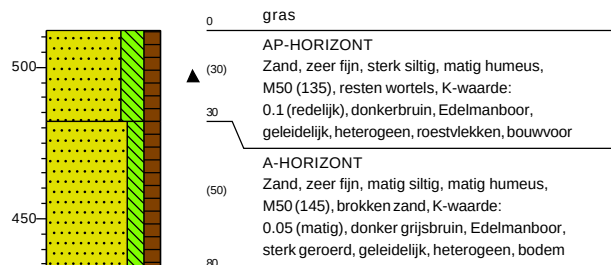
Opmerking: toplaag (0-20 cm-mv), 0-10 en 10-20 onder bouwvoor



Boring: 84a

X: 163924,06
Y: 466205,73
Datum: 14-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.122
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

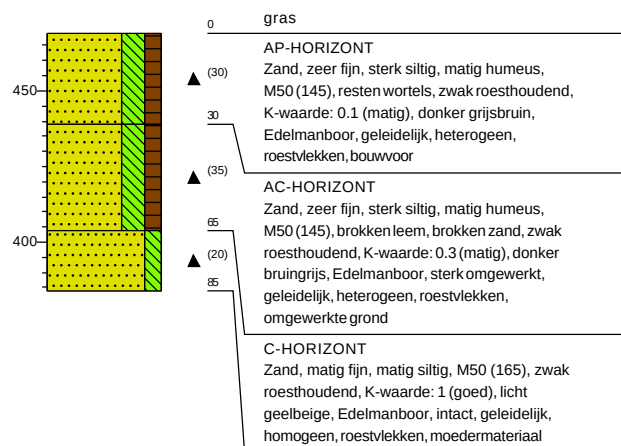
Opmerking: 0-20 (bv), 55-65 (gyttja), 65-75 (mineraal)



Boring: 31a

X: 164000,20
Y: 465448,31
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.69
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

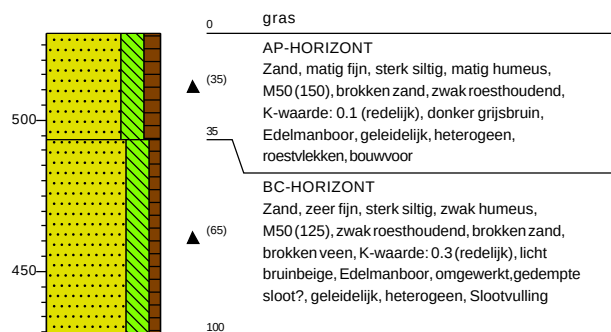
Opmerking: herplaats ook geen veen



Boring: 14a

X: 164141,42
Y: 465223,76
Datum: 15-11-2022
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.287
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: 80-90 veen iets mineraal

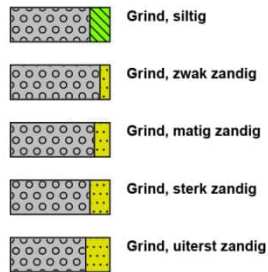


7.3 Bijlage 3. Profielbeschrijvingen locaties watermonsters

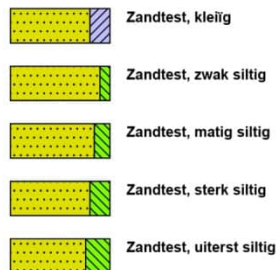
Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties voor de watermonsters in Zwarteboek. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door het ATKb (Jan Vermeer).

Legenda (conform NEN 5104)

grind



zandtest



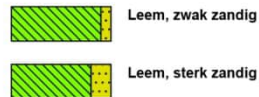
veen



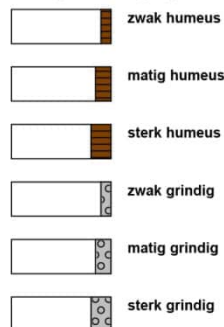
klei



leem



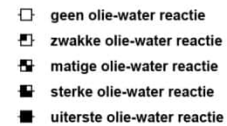
overige toevoegingen



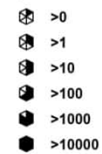
geur



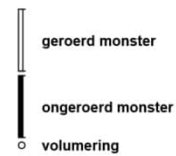
olie



p.i.d.-waarde



monsters

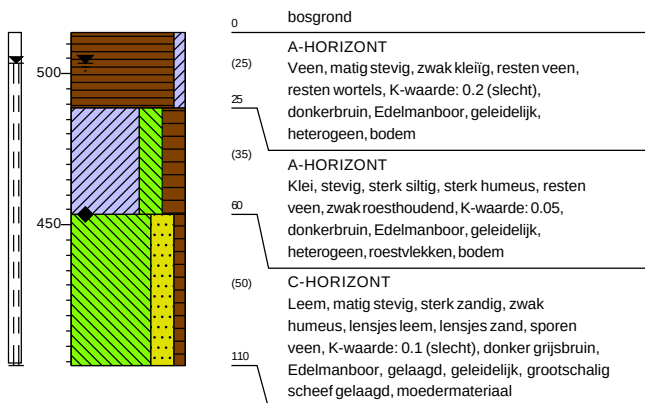


overig



Boring: 01

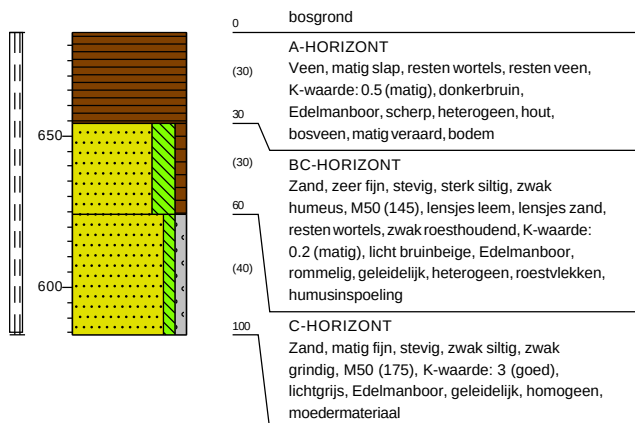
X: 164099,90
Y: 465379,06
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.136
Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
GWS: 10
GHG: 0
GLG: 60
Opmerking: grondwater



Boring: 02

X: 164135,34
Y: 465124,35
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 6.842
Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
GWS: 0

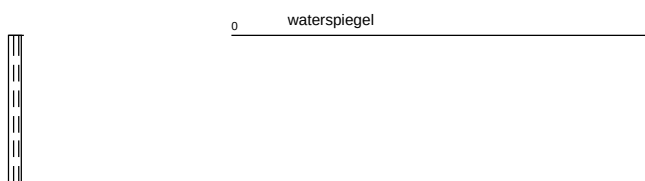
Opmerking: grondwater, verplaatst ivm onbereikbaar moeras



Boring: 03

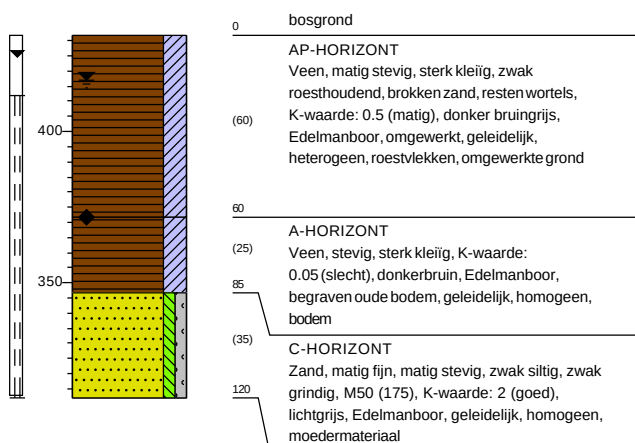
X: 163970,34
Y: 465595,31
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 3.672
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: oppervlaktewater



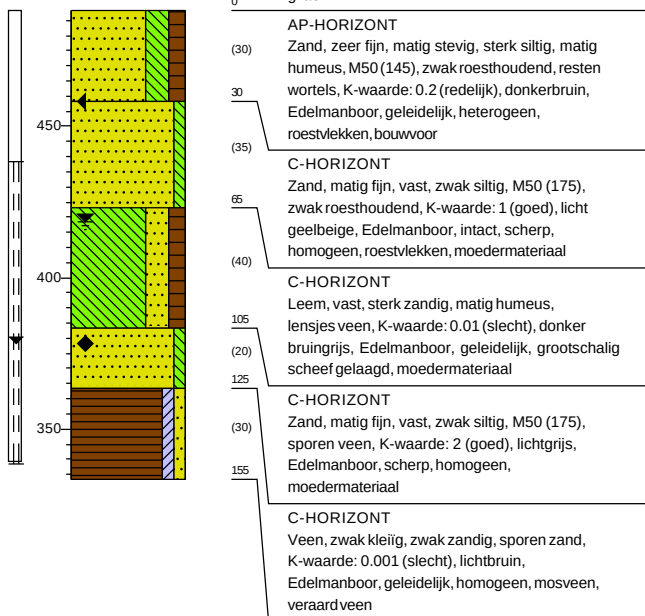
Boring: 04

X: 164047,68
Y: 466149,53
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.319
Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
GWS: 15
GHG: 0
GLG: 60
Opmerking: grondwater



Boring: 05

X: 164243,28
Y: 466121,77
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.884
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 110
Opmerking: grondwater



Boring: 06

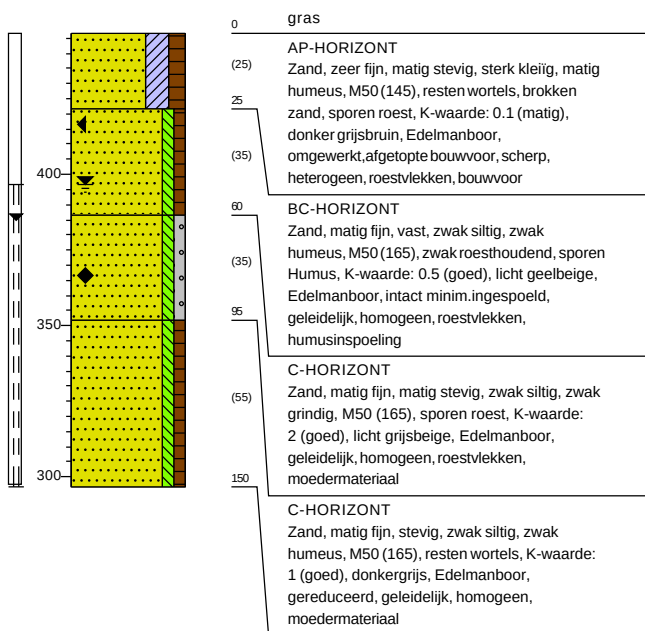
X: 164327,33
Y: 466092,38
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.266
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: oppervlaktewater

0 waterspiegel

Boring: 07

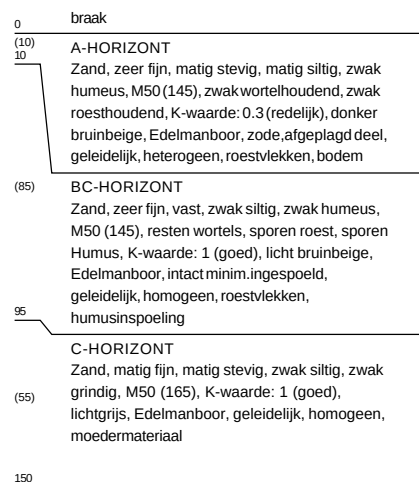
X: 163435,44
Y: 466783,01
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.466
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 30
GLG: 80
Opmerking: grondwater



Boring: 08

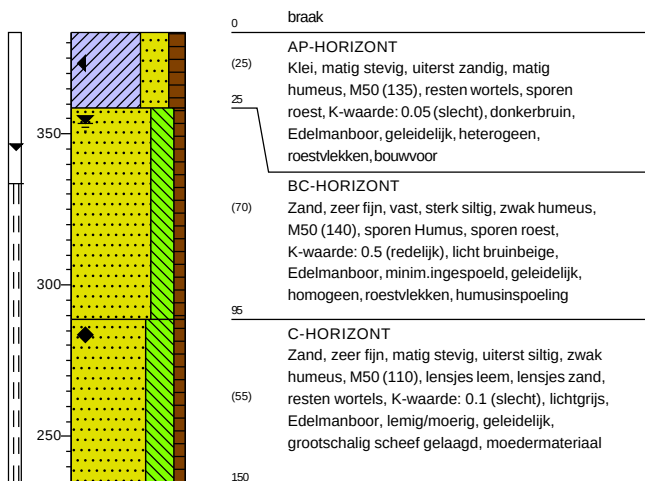
X: 162233,89
Y: 466268,60
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 3.7
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: grondwater



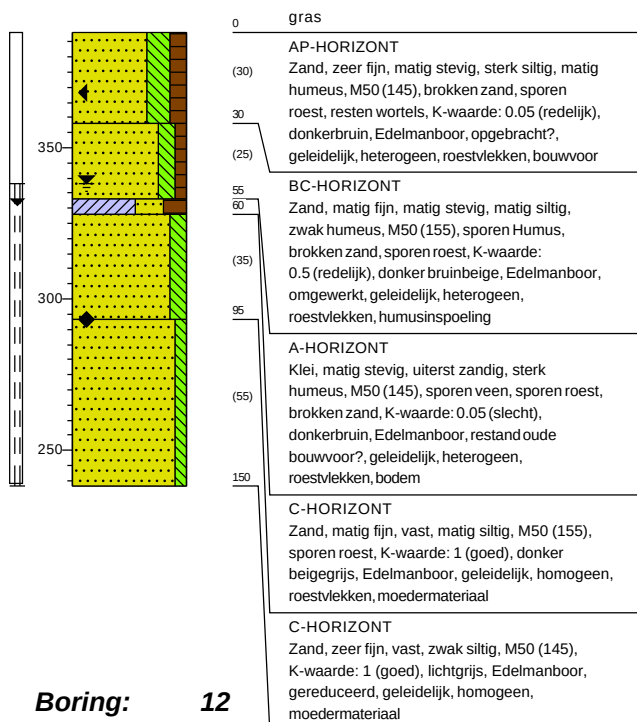
Boring: 09

X: 162386,80
Y: 466248,85
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 3.835
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 30
GHG: 10
GLG: 100
Opmerking: grondwater



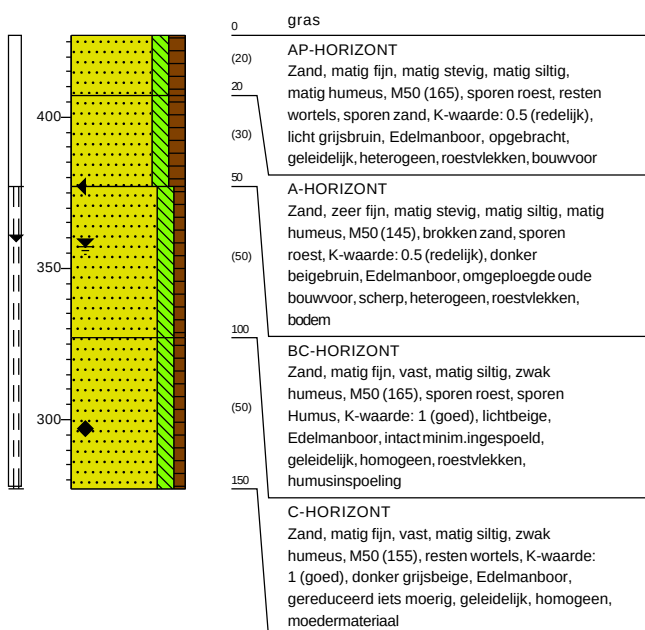
Boring: 10

X: 162625,61
Y: 466250,59
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 3.882
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 95
Opmerking: grondwater



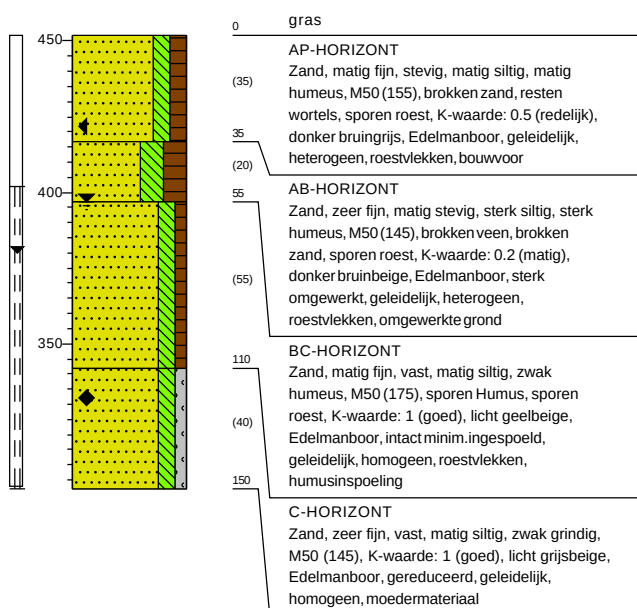
Boring: 11

X: 162832,57
Y: 466151,15
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.271
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 130
Opmerking: grondwater



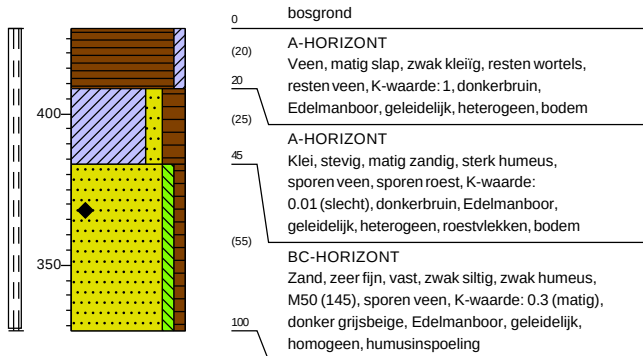
Boring: 12

X: 163016,47
Y: 466108,01
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.519
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 120
Opmerking: grondwater



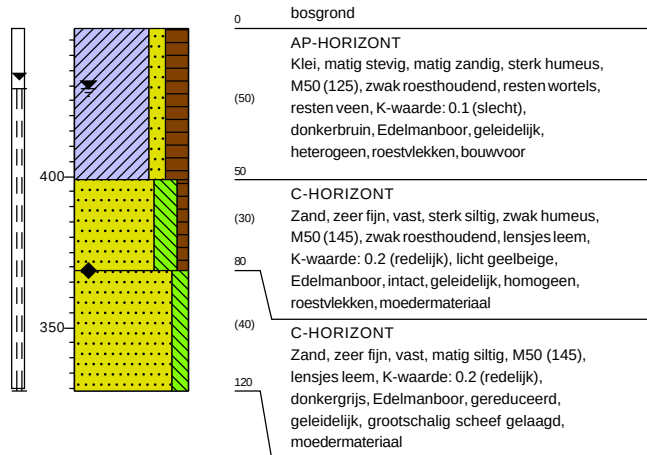
Boring: 13

X: 163324,65
Y: 466040,44
Datum: 31-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.282
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 0
GHG: 0
GLG: 60
Opmerking: grondwater



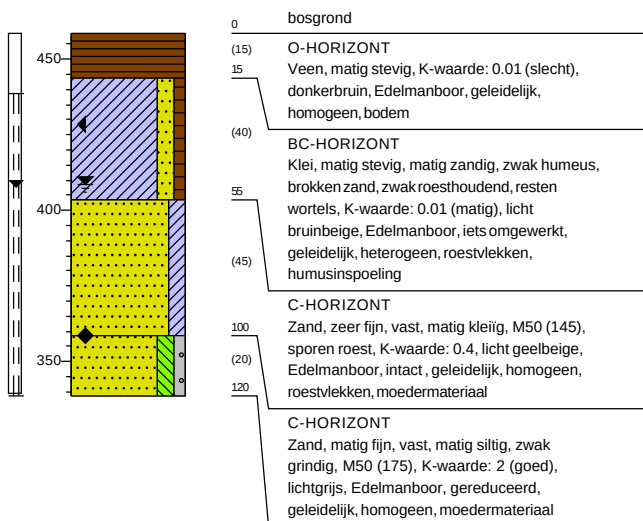
Boring: 14

X: 163480,82
Y: 466086,48
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.49
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 20
GHG: 0
GLG: 80
Opmerking: grondwater



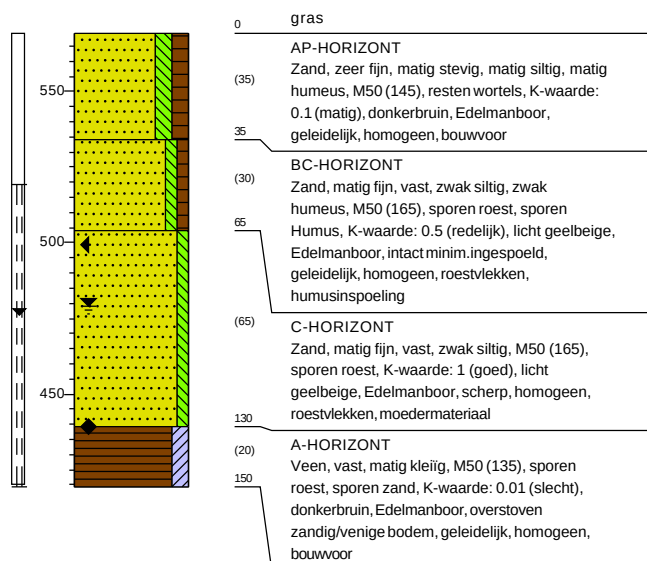
Boring: 15

X: 163942,12
Y: 466183,41
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.586
Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
GWS: 50
GHG: 30
GLG: 100
Opmerking: grondwater



Boring: 16

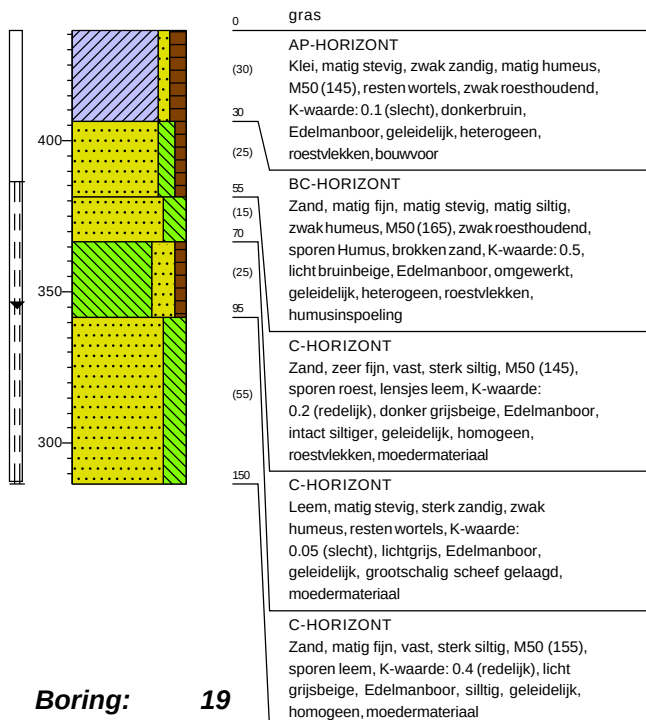
X: 163964,17
Y: 466312,07
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 5.693
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 70
GLG: 130
Opmerking: grondwater



Boring: 17

X: 163986,28
Y: 465835,83
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.365
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: grondwater



Boring: 19

X: 163324,00
Y: 467090,01

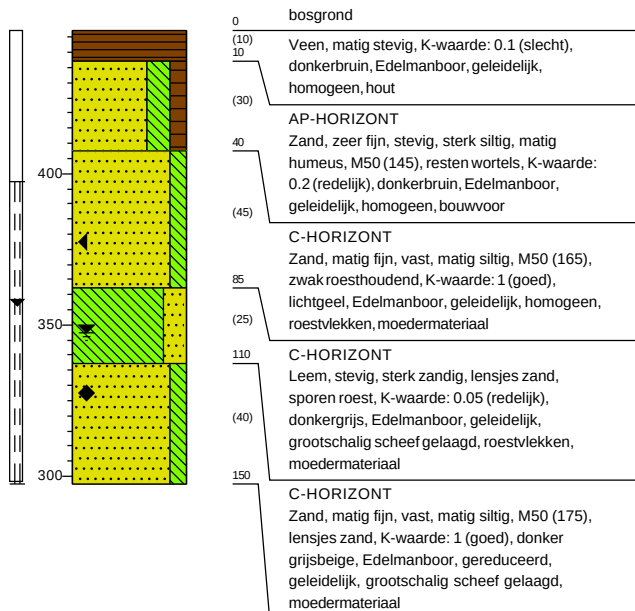
Opmerking: grondwater

0 — 0

Boring: 18

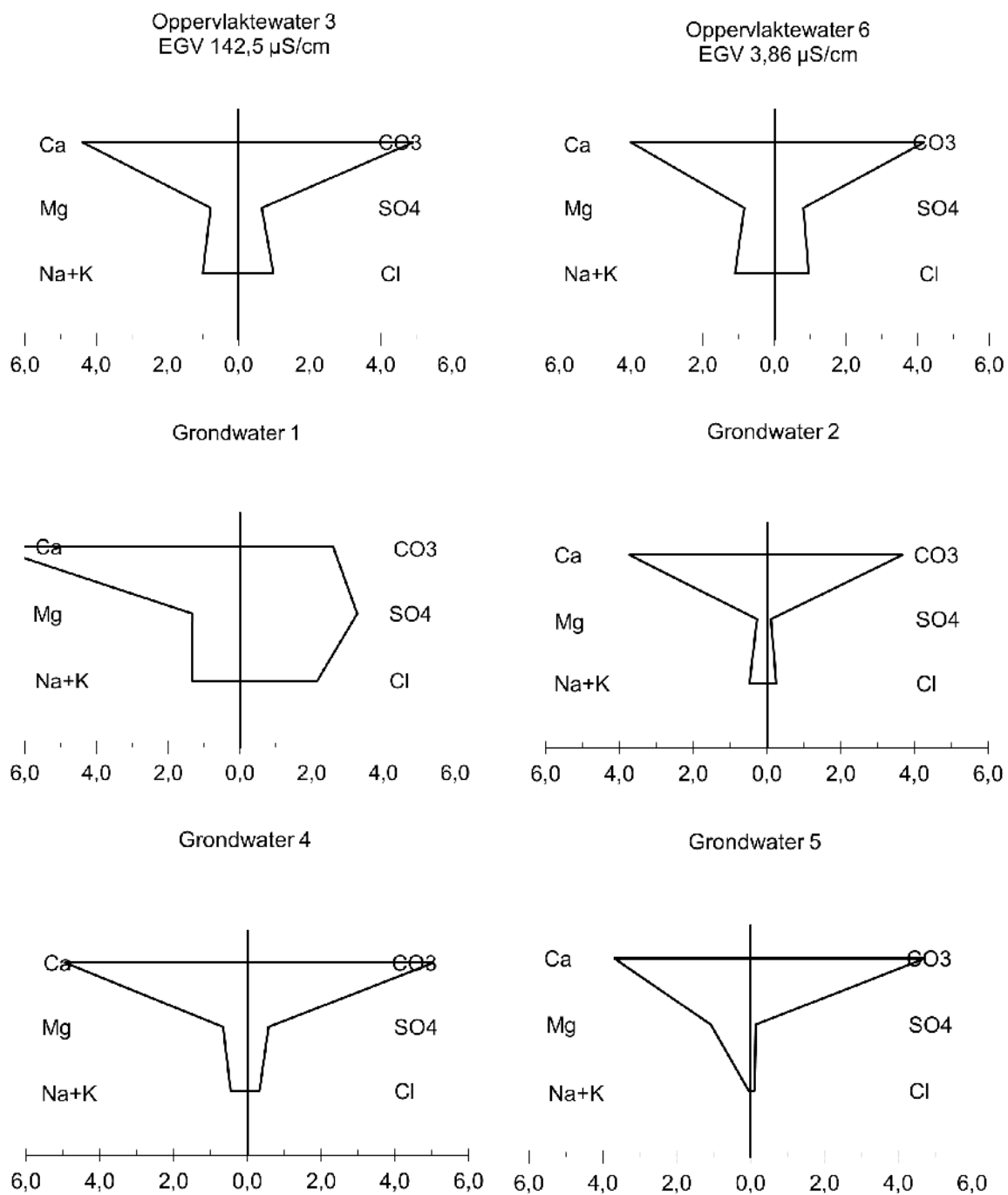
X: 164011,49
Y: 465542,09
Datum: 30-1-2023
Boormeester: Jan Ve
N.A.P.: 4.473
Nauwkeurigheid GPS: GPS
GWS: 100
GHG: 70
GLG: 120

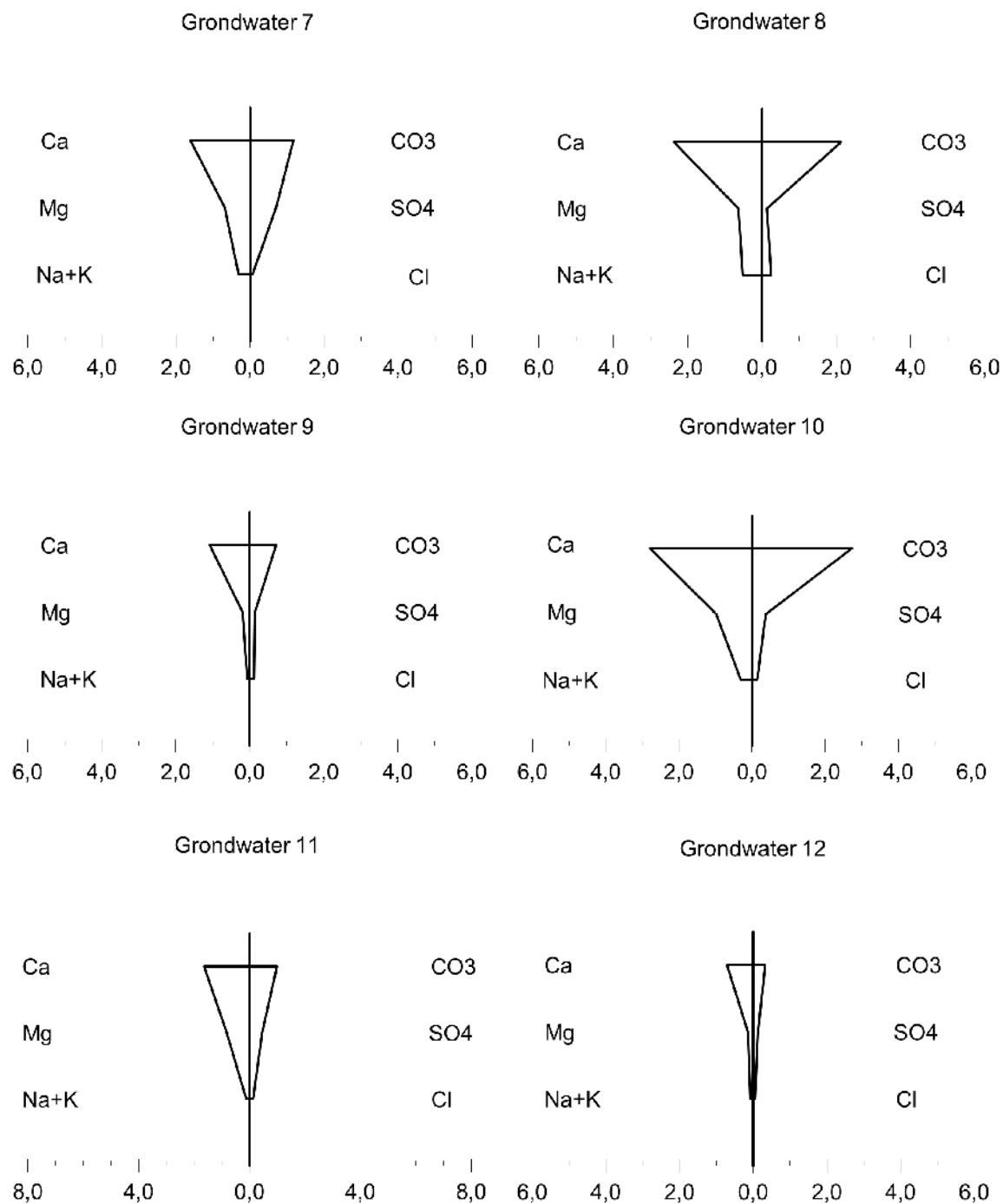
Opmerking: grondwater

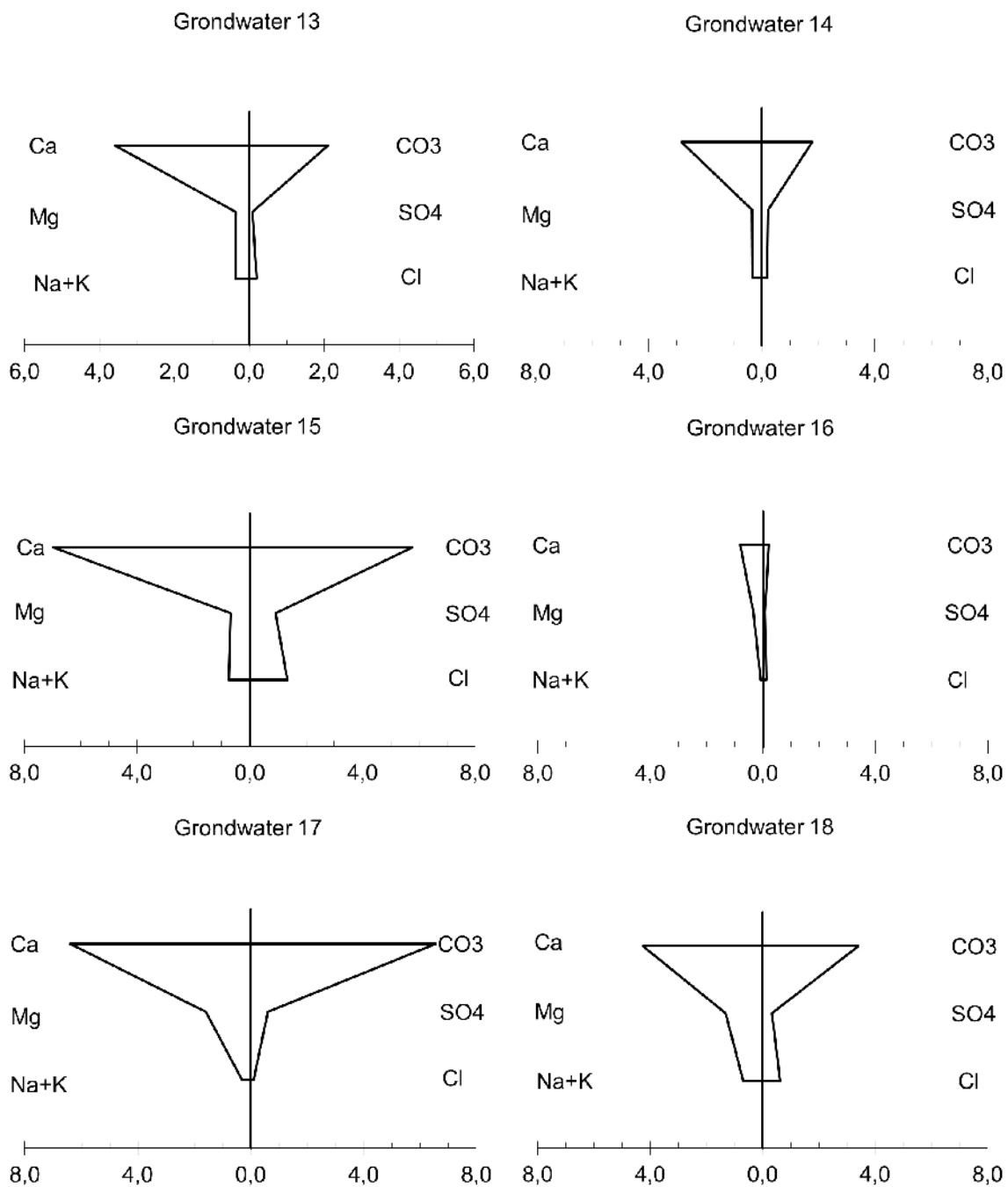


7.4 Bijlage 4. Stiff-diagrammen watermonsters

Stiff-diagram per watermonsterlocatie.







8. LITERATUUR

- Belgers, J., and G. Arts. 2003. Moerasvogels op peil; deelrapport 1: peilen op riet; literatuurstudie naar de sturende processen en factoren voor de achteruitgang en herstel van jonge verlandingspopulaties van riet (*Phragmites australis*) in laagveenmoerassen en rivierkleigebieden. Alterra.
- Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.
- 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.
- Convention on Wetlands (2021) Global guidelines for peatland rewetting and restoration. *Ramsar Technical Report* No. 11. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands.
- Diggelen, J.H.M. van & A.J.P. Smolders (2016) Pilot en monitoringsprogramma Effecten Plas-Dras. P-mobilisatie experiment. Onderzoekcentrum B-WARE projectnummer: PR-16.017.
- Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. *De Levende Natuur* 121: 86-91.
- Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? *De Levende Natuur* 121: 92-95.
- Engloner, A. I. 2009. Structure, growth dynamics and biomass of reed (*Phragmites australis*)-A review. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 204:331-346.
- Geurts J.J.M., Smolders A.J.P., Banach A.M., van de Graaf J.P.M., Roelofs J.G.M. & L.P.M. Lamers. (2010) The interaction between decomposition, N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. *Water Research* 44: 3487-3495.
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebisch, F. & Couwenberg, J. (2020) Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications* 11: 1644.
- Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.
- Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38 (17): 28-30.
- Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitruissing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.
- Lucassen, E.C.H.E.T. en Roelofs, J.G.M. (2005) Vernatten met beleid: Lessen uit het recente verleden. *Natuurhistorisch maandblad*.
- Lucassen E., Chardon W., Dorland E., Van der Sluys M., Poelen M. & Smolders A. (2015) IJzerrijk drinkwaterslib en verschraling landbouwgronden. Proof of principle. *Landschap* 32(4) 160-169.
- Lucassen, E.C.H.E.T., P.J. Westendorp, E.J.H. Bohnen-Verbaarschot, M. Poelen & A.J.P. Smolders (2017). *Landschap* 34(3): 119-127.

- Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.
- Mullekom, M. van & A.J.P. Smolders (2017) Bodemonderzoek landbouwpercelen Landgoederenzone Oldenzaal. Rapportnummer: RP-16.124.17.12, Onderzoekcentrum B-WARE. In opdracht van Provincie Overijssel.
- Mullekom, M. van, Y. Verstijnen, E. Bohnen-Verbaarschot & A.J.P. Smolders (2018) Biogeochemisch onderzoek Leegveld. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer: RP-17.174.18.10. In opdracht van Provincie Noord-Brabant.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.
- Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.
- Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof*.
- Schoumans, O. (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.4. 50 blz.; 11 fig.; 5 tab.; 35 ref.
- Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, M. Moonen, K. Zwaga & J.G.M. Roelofs (2001) Controlling phosphate release from phosphate-enriched sediments by adding various iron compounds. *Biogeochemistry* 54: 219-228.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.
- Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.
- Smolders A., Van den Broek T., Lucassen E. & Spanjers B. 2012. Monitoring proefsloten Lopikerwaard: hoe werkt een boerensloot in het veenweidegebied?. *H2O* 2012(17): 30-32.
- Smolders, F., van Mullekom, M., Tomassen, H. & Westendorp P.J. (2019) Waterkwaliteitsproblemen tot in de bodem uitgezocht. Brochure 2019, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* 45: 701-708.
- Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015)

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

Ulrich, K. E., and T. M. Burton. 1985. The effect of nitrate, phosphate and potassium fertilization on growth and nutrient uptake patterns of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Aquatic Botany* 21:53-62.

B
ware

www.b-ware.eu



Bijlage 2 **Stuwhoogtes deelgebied west en oost**

Analyse stuwhoogtes Zwarte Broek deelgebieden oost en west

Bosgroepen, 9 juni 2023

Algemeen

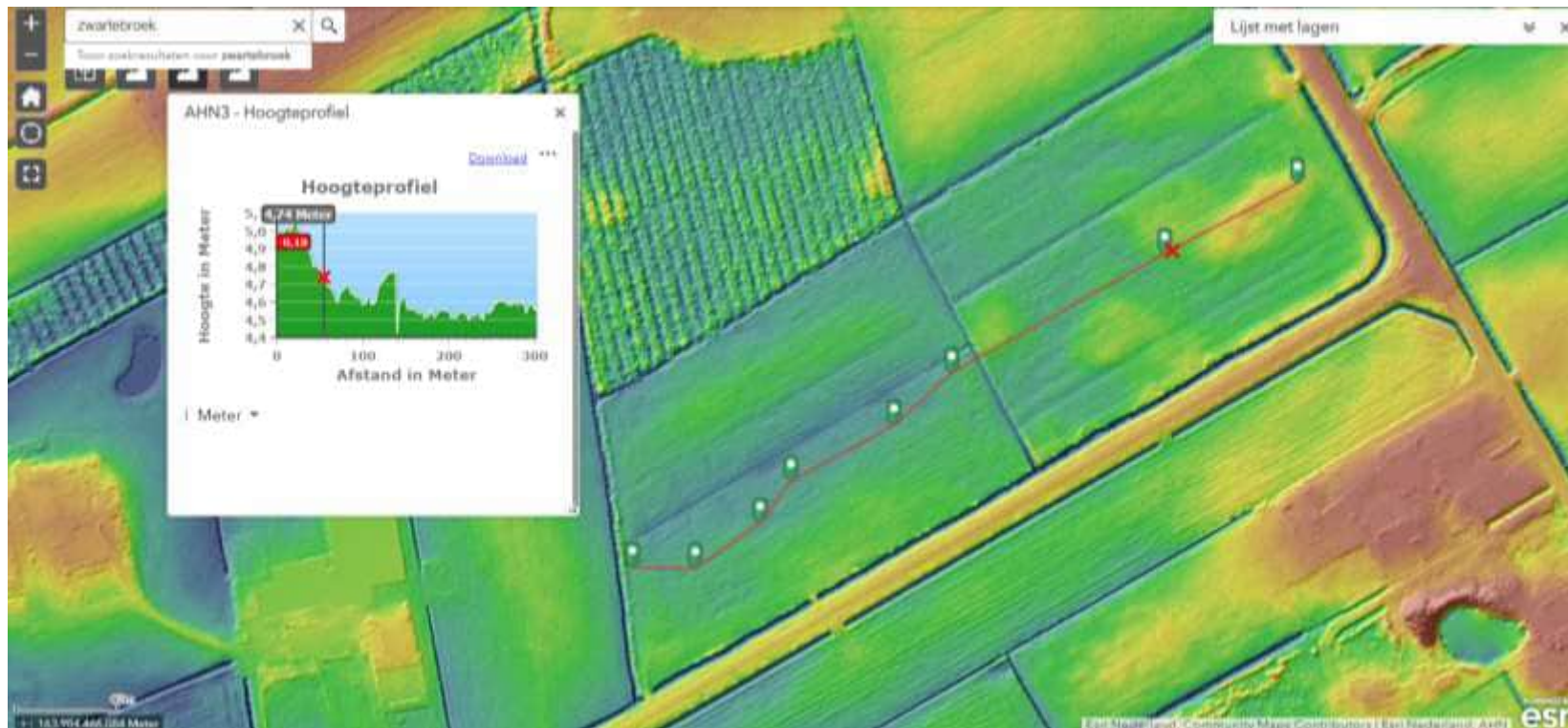
De stuwen zijn bedoeld om water vast te houden in het gebied tot half april, waarna het water moet worden afgelaten zodat de vegetatie zich daarna kan ontwikkelen. Het water op maaiveld is bedoeld in de gebieden met moerige eerdgronden, veengronden en plaatselijk beekeerdgronden.

Doorstroming is op termijn van belang om vrijgekomen voedingsstoffen in het water te kunnen afvoeren. Met name bij deelgebied oost, waar walletjes / rabatten mogelijk de doorstroming belemmeren, is van belang dat het water niet op het grootste deel van het terrein blijft hangen achter rabatten en walletjes. Waarschijnlijk kan dit het beste worden afgestemd tijdens uitvoering en mogelijk moet worden bijgestuurd in het eerste jaar na inrichting wanneer blijkt dat er plaatsen zijn waar water te lang blijft staan waardoor er plaatselijk een walletje / rabatsloot moet worden doorgraven.

Deelgebied oost

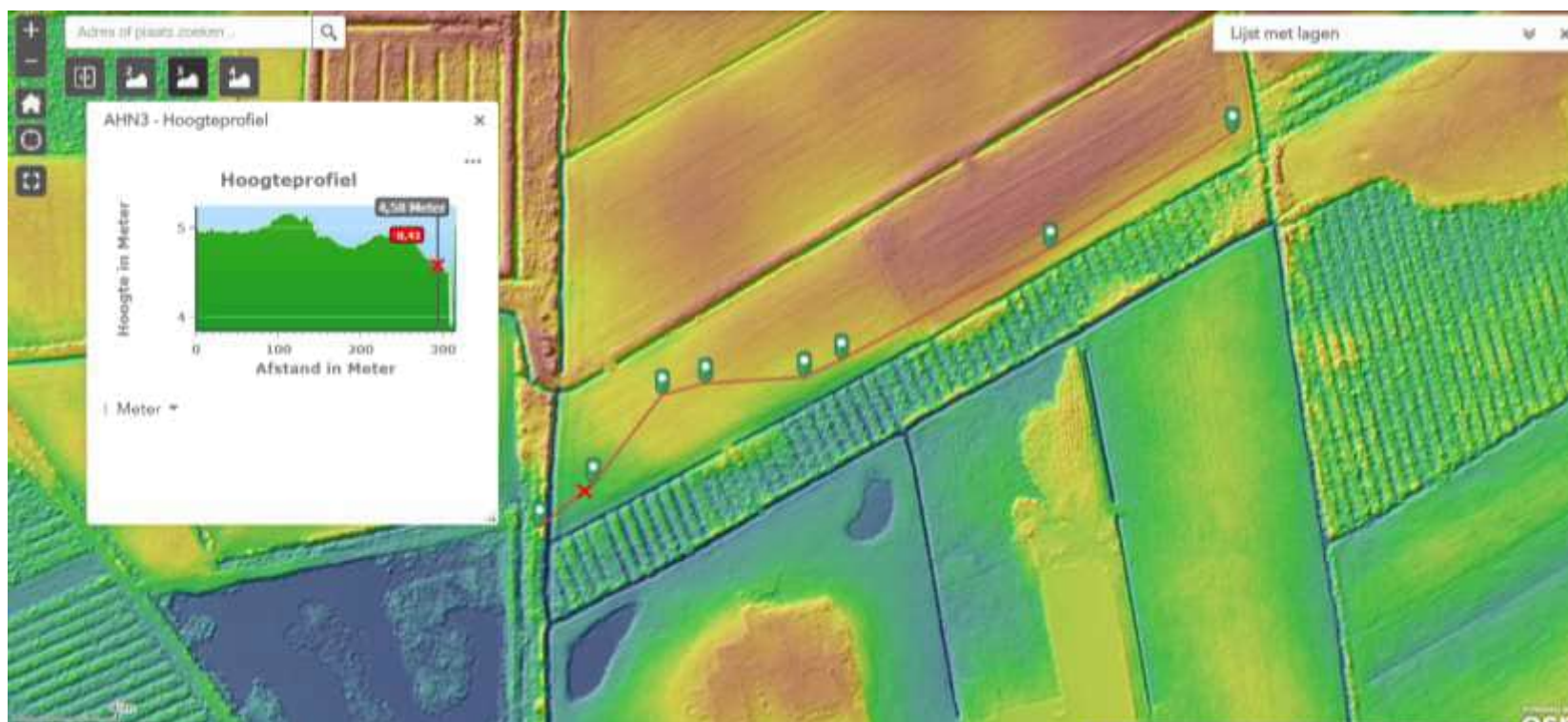
Stuw zuidzijde:

- Huidig maaiveld pakweg tussen 4,5 en 4,7 m+NAP, de kopjes in het oosten van het gebied zijn 4,8–5m+NAP
- Na afgraven (25–40 cm; zie afgraafkaart) is het nieuwe maaiveldniveau dus 4,25 – 4,45 m+NAP, kopjes 4,65–4,75 m+NAP
- Richtlijn is dat het grootste deel van dit gebied tot half april water aan maaiveld heeft. Pakweg 10 cm boven op de hoogste delen. Kopjes daarbij uitgezonderd, omdat anders de verwachting is dat het water wel heel erg hoog staat in de rest van het gebied.
- Dat betekent dus voor de maximale stuwhoogte 4,45 mNAP (hoogste deel) + 10 cm = **4,55 m+NAP**.
- Half april wordt de stuw opengemaakt zodat het water afgevoerd kan worden voor het vegetaties seizoen.



Stuw noordwestzijde:

- Huidig maaiveld pakweg tussen 4,6 en 5,1 m+NAP, de kopjes in het oosten van het gebied zijn 4,8–5m+NAP
- Na afgraven (30–60 cm; zie afgraafkaart) is het nieuwe maaiveldniveau 4,2–4,4 m+NAP
- Richtlijn is dat het grootste deel van het afgegraven gebied tot half april water aan maaiveld heeft, pakweg 10 cm.
- Dat betekent dus voor de maximale stuwhoogte 4,4 mNAP (hoogste deel) + 10 cm = **4,5 m+NAP**.
- Half april wordt de stuw opengemaakt zodat het water afgevoerd kan worden voor het vegetatiesseizoen.



Deelgebied west

Stuw noordzijde:

- Huidig maaiveld pakweg tussen 3,9 en 4,2 m+NAP
- Na afgraven (40 cm; zie afgraafkaart) is het nieuwe maaiveldniveau dus 3,5 – 3,8 m+NAP
- Richtlijn is dat het grootste deel van het afgegraven gebied (met moerige eerdgronden en veengronden) tot half april water aan maaiveld heeft, pakweg 10 cm.
- Dat betekent dus voor de maximale stuwhoogte 3,8 mNAP (hoogste deel) + 10 cm = **3,9 m+NAP**.
- Half april wordt de stuw opengemaakt zodat het water afgevoerd kan worden voor het vegetatiesseizoen.

