

Ecohydrologisch onderzoek en planuitwerking Beekvliet

Voor de gronden van Leppink en in samenhang met het Stelkampsveld

Conceptrapport

Zwolle, oktober 2017



Bell Hullenaar

**Ecohydrologisch
Adviesbureau**

Schellerweg 112, 8017 AK Zwolle
tel 038-4774559
E-mail hullenaar@live.com

in opdracht van:



Natuurmonumenten

Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Schellerweg 112

8017 AK Zwolle

Telefoon: 038-4774559

E-mail: hullenaar@live.com / belljudybell@outlook.com

Projecttitel: Ecohydrologisch onderzoek en planuitwerking Beekvliet

Opdrachtgever: Natuurmonumenten

Auteurs: J.S. Bell en J.W. van 't Hullenaar

Projectgroep: J. Braad en R. Ketelaar (Natuurmonumenten)

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de projectuitvoerder en opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Gebiedsbeschrijving	4
2.1	Topografische ligging	4
2.1.1	Huidige situatie	4
2.1.2	Historische situatie	6
2.2	Geologie en geohydrologische opbouw	8
2.3	Geomorfologie	10
2.4	Bodem	12
2.5	Hoofd-oppervlaktewatersysteem	13
2.6	Grondwatersysteem	16
2.7	Grondwaterstandsverloop	18
2.8	Vegetatie / flora	20
3	Veldonderzoek	23
3.1	Methode	23
3.2	Resultaten inventarisatie lokale oppervlaktewatersysteem	25
3.3	Ecohydrologische dwarsprofielen	26
3.4	Resultaten onderzoek bodemopbouw voormalige landbouwgronden	31
4	Synthese en conclusies	35
5	Inrichtingsplan	39
5.1	Inleiding	39
5.2	Doelstellingen en randvoorwaarden	40
5.3	Plan in hoofdlijnen	41
5.4	Maatregelen aangrenzende gebied Staatsbosbeheer	42
5.5	Maatregelen Beekvliet	44

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

Beekvliet betreft een oud landgoed, dat nu in drieën is verdeeld: een deel is van Staatsbosbeheer, een deel is van Natuurmonumenten en een deel is particulier bezit. De kern van het gebied wordt gevormd door het (binnen het SBB-eigendom gelegen) Stelkampsveld (*sensu scripto*). Het Stelkampsveld is (inclusief een omvangrijke zone hieromheen) begrensd als Natura 2000-gebied. Grotendeels betreft het hierbij gronden van Staatsbosbeheer. Een (relatief) klein deel hiervan aan de noordzijde is van Natuurmonumenten (zie figuur 1.1).

In het Stelkampsveld s.s. is een ecologisch waardevolle gradiënt aanwezig van de habitattypen H4030 Droge heiden, H4010A Vochtige heiden, H6230 Heischrale graslanden, H6410 Blauwgraslanden, H7230 Kalkmoerassen en H3130 Zwakgebufferde vennen. Ten noordwesten hiervan is bovendien een laagte met H91E0C Beekbegeleidend bos (ofwel Alluviaal bos) aanwezig. Belangrijke doelen voor het Natura 2000-gebied zijn behalve instandhouding en kwaliteitsverbetering van de genoemde habitattypen ook de uitbreiding van de arealen hiervan. Om de doelen te kunnen realiseren zijn (onder meer) aanpassingen in de waterhuishouding nodig. Op basis van een GGOR-studie die door Waterschap Rijn en IJssel is uitgevoerd is een maatregelenpakket afgeleid dat moet leiden tot het benodigde herstel van het grondwatersysteem (maatregelenpakket SD3). Ook zijn vier boerderijen verplaatst. De betreffende landbouwgronden komen zodoende vrij voor herinrichting.

In het deel van Natuurmonumenten speelt de boerderijverplaatsing van Leppink. Nu dat deze boerderij is verplaatst kan het vrijkomende landbouwgebied heringericht worden. De herinrichting moet ten dienste staan van de aangrenzende kern in het gedeelte van Staatsbosbeheer (het Stelkampsveld s.s.). Binnen deze context is ook ecologisch herstel van het gebied zelf gewenst. De betreffende gronden zijn daarbij deels begrensd als PAS-gebied (gronden ten zuiden van de Borculeseweg en gelegen binnen het Natura 2000-gebied) en deels als SKNL-gebied (gronden ten noorden van de Borculoseweg en gelegen buiten het Natura 2000-gebied).

Op basis van de resultaten van de GGOR-studie is in grote lijnen al bekend op welke wijze het hydrologische systeem functioneert en welke maatregelen globaal getroffen moeten worden voor het realiseren van het beoogde systeemherstel. Om tot een optimale planuitwerking te komen, dus met maximale ondersteuning van de kern en goede benutting van de potenties van het betreffende gebied zelf, is echter eerst nader inzicht nodig in het ecohydrologisch functioneren van het gebied en de bodemkundige en bodemchemische toestand. Met deze informatie kan een goed onderbouwd inrichtingsplan worden opgesteld dat vervolgens (samen met deelplannen die door de provincie Gelderland worden opgesteld voor het gebied van Staatsbosbeheer) als input gebruikt kan worden voor het (door Eelerwoude) op te stellen integrale inrichtingsplan voor het totale Natura 2000-gebied / natuurgebied.

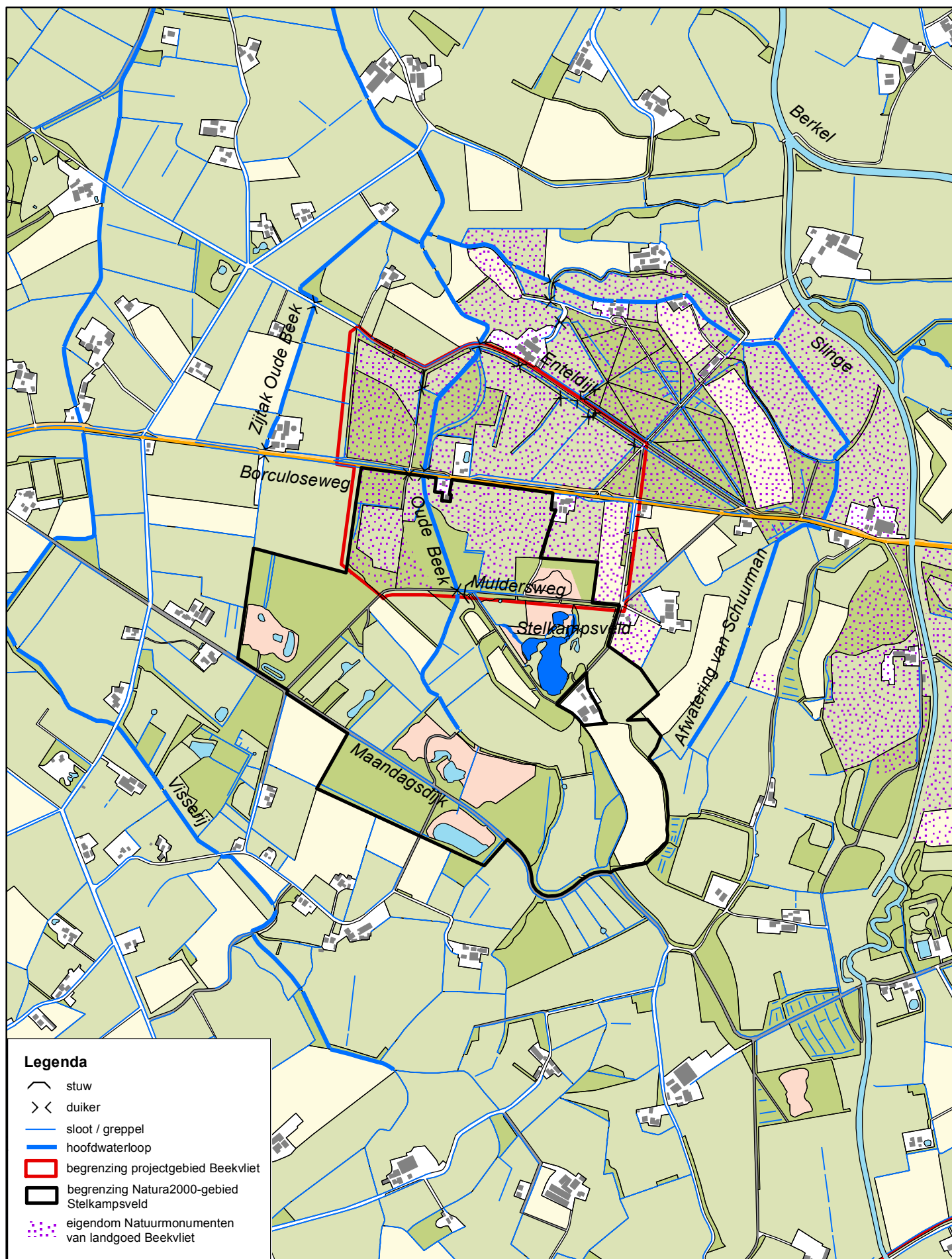
Doelstelling

Doel van het project is het opstellen van een inrichtingsplan voor de zone met de voormalige landbouwgrond van Leppink op basis van ecohydrologisch, bodemkundig en bodemchemisch vooronderzoek, in de eerste plaats ten behoeve van een optimaal behoud / herstel van de kern van het natuurgebied (Stelkampsveld) en in de tweede plaats voor een goede ecologische ontwikkeling van het betreffende gebied zelf. Dit inrichtingsplan dient daarbij als input voor het integrale inrichtingsplan voor het totale Natura 2000-gebied / natuurgebied.

Aanpak

Het project is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Opstellen van een gebiedsbeschrijving door middel van een bureaustudie, op basis van informatie uit het Natura 2000-beheerplan Stelkampsveld (DLG, 2016), gegevens uit de hydrologische databank DINO en enkele aanvullende bronnen. In de gebiedsbeschrijving wordt eerst ingegaan op de huidige en historische topografische situatie en vervolgens wordt ingegaan worden op de geologische en geohydrologische opbouw, de geomorfologische gesteldheid, de bodem, het hoofdoppervlaktewatersysteem, het (in grote lijnen) functioneren van het grondwatersysteem en de vegetatie /flora.
- Uitvoering van veldonderzoek. Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:
 - o Kartering van het lokale oppervlaktewatersysteem in het projectgebied, met daarbij speciale aandacht voor greppels en slootrestanten.
 - o Vervaardiging van drie ecohydrologische dwarsprofielen van het lokale systeem middels uitvoering van grondboringen, plaatsing van tijdelijke peilbuizen, het meten van de grondwaterstanden in een natte wintersituatie en een droge zomersituatie en het uitvoeren van hydrochemisch onderzoek.
 - o Inzichtelijk maken van de ondiepe bodemopbouw ter plaatse van de voormalige landbouwgronden middels uitvoering van grondboringen, met daarbij speciale aandacht voor bepaling van de bouwvoordikte, de aanwezigheid / dikte van een lemige toplaag en om te bepalen of onder de bouwvoor al dan niet een geroerde bodem aanwezig is.
 - o Uitvoeren van bodemchemisch onderzoek ter plaatse van de voormalige landbouwgronden, om af te leiden op welke wijze de bodem het best kan worden verschaald (volstaan met maaien en afvoeren, uitmijnen of afgraven van toplaag). Om af te leiden hoe diep de toplaag dient te worden afgegraven indien blijkt dat dit de beste methode is worden per locatie op verschillende diepten monsters genomen. Dit deelonderzoek is uitgevoerd door B-WARE en hiervan is een afzonderlijk rapport opgesteld. Het onderzoek is begeleid door Bell Hullenaar en de resultaten van het onderzoek zijn geïntegreerd in de synthese en conclusies van het door Bell Hullenaar opgestelde hoofdrapport.
- In hoofdstuk 4 worden de synthese en conclusies van het onderzoek behandeld, en hierbij wordt ook ingegaan op de herstel mogelijkheden.
- Opstellen van een inrichtingsplan op basis van de resultaten van het vooronderzoek (hoofdstuk 5).



2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Topografische ligging

2.1.1 Huidige situatie

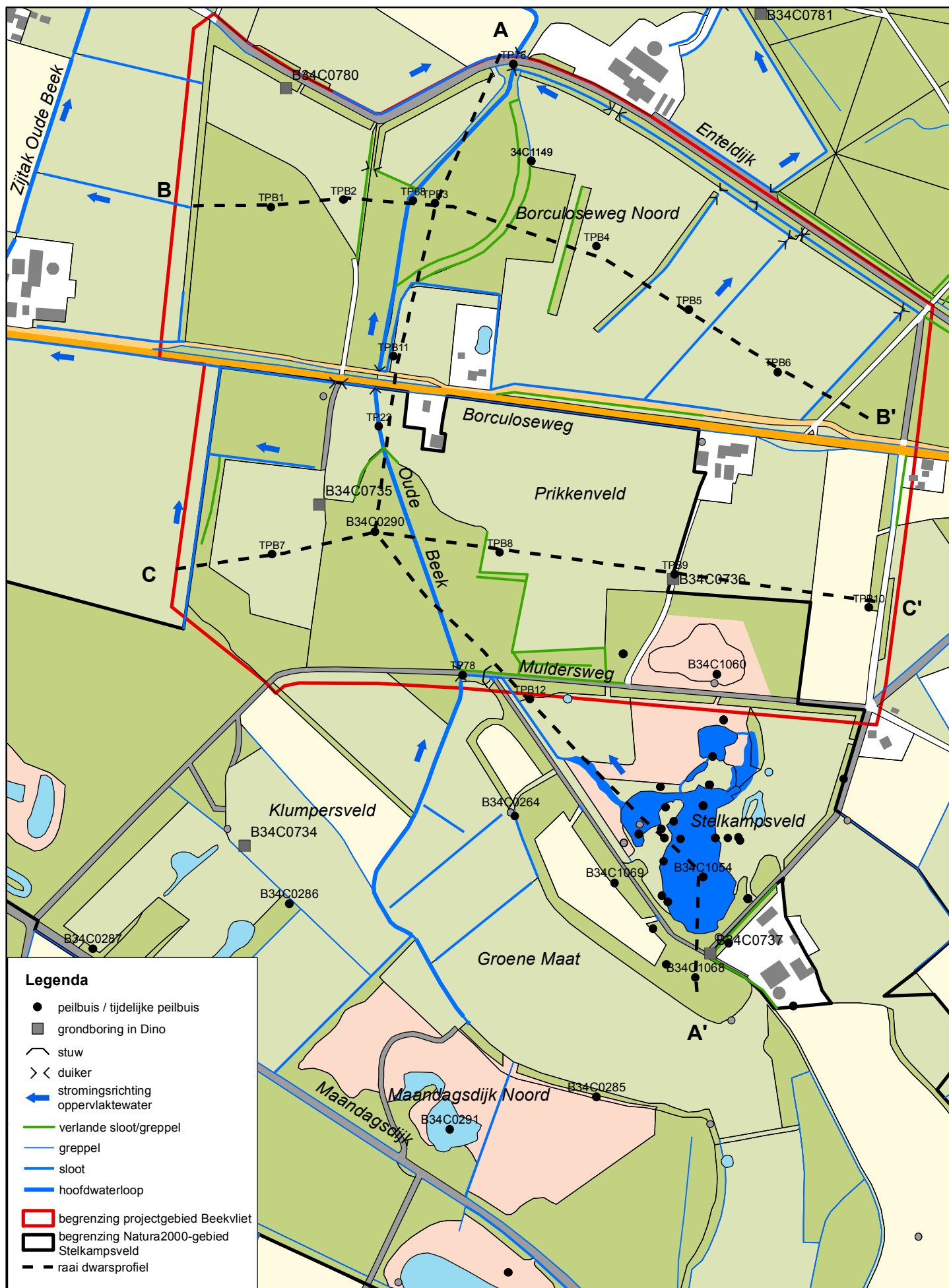
Landgoed Beekvliet ligt tussen de dorpen Barchem en Borculo. Landgoed Beekvliet betreft een zeldzaam gaaf voorbeeld van een Achterhoeks kampenlandschap. Kenmerkend is de kleinschalige afwisseling van essen, graslanden, heiden met vennen, houtwallen en bosjes.

Het projectgebied omvat de her in te richten landbouwpercelen van Leppink in het westelijke deel van het eigendom van Natuurmonumenten en enkele hierop aansluitende bospercelen. De bospercelen in het zuidelijke en zuidoostelijke deel van het projectgebied zijn eigendom van Staatsbosbeheer en overige bospercelen liggen binnen het eigendom van Natuurmonumenten. Het projectgebied wordt gesneden door de Borculoseweg (N821). Het gedeelte ten zuiden van de weg behoort tot het Natura 2000-gebied Stelkampsveld. Het gedeelte ten noorden van de weg valt buiten het Natura 2000-gebied.

Het projectgebied grenst aan het Stelkampsveld s.s. Hier is een gradiënt aanwezig van droge heiden, natte heiden, heischrale graslanden, basenminnende blauwgraslanden met begroeiingen van kalkmoerassen naar venbegroeiingen.

Bij de naamgeving van de verschillende deelgebieden wordt aangesloten op de naamgeving zoals deze wordt gehanteerd in het Natura 2000-beheerplan (DLG, 2016). Deze is als volgt:

- Noordelijke deel van het projectgebied: Borculoseweg Noord.
- Middendeel van het projectgebied: Prikkenveld.
- Direct ten zuiden van het projectgebied: Stelkampsveld s.s.
- Ten zuiden hiervan: andere deelgebieden van het Natura 2000 gebied Stelkampsveld, onder andere Groene Maat, Klumpersveld en Maandagsdijk noord.



2.1.2 Historische situatie

(zie figuur 2.2)

1773-1794 (Hottingerkaart)

De ligging van de Maandagsdijk is herkenbaar op de kaart en aangegeven als de weg van Lochem. Ten noorden van een herkenbare bocht in die weg is een bebost gebied aanwezig. Dit gebied valt grotendeels samen met waar er in de huidige situatie het zuidelijke gedeelte van het dal van de Oude Beek ligt (het zuidelijke deel van de Groene Maat). De Oude Beek is nog niet gegraven. Er is al bebouwing te zien op de locatie van de boerderij de Steelkamp. De Lebbinkbeek ligt ten oosten van de Steelkamp. In de huidige situatie loopt hier de Slinge. De Slinge, die ontstaat in de buurt van Groenlo, is pas begin van het 19^e eeuw verlengd en aangetakt op de Lebbinkbeek. De gronden tussen Steelkamp en de Lebbinkbeek zijn al ontgonnen. Vier percelen ten (zuid) westen van Steelkamp zijn ook al ontgonnen maar het Stelkampsveld en ons projectgebied zijn aangegeven als heide. De zone tussen boerderij Steelkamp en de binnenweg naar Lochem is donkerder ingekleurd, wat een indicatie is voor natte omstandigheden.

1850-1861

Op de kaart van 1850 is de Oude Beek voor het eerst zichtbaar. Ook de Enteldijk en de Borculoseweg staan op de kaart. Er liggen twee kleine landbouwpercelen: één ten zuiden van de Borculoseweg en één ten zuiden van de Enteldijk. Het perceel ten zuiden van de Enteldijk komt overeen met het eenmansesje op de bodemkaart 1:50.000 (Stiboka, 1979). Er is veel bos ten noorden van de Enteldijk aanwezig en ten zuiden ervan bestaat het gebied nog overwegend uit heide.

1890-1901

Op de kaart van 1890 is Beekvliet voor het eerst als toponiem weergegeven. In het projectgebied is een fijnmazige houtwallenstructuur aanwezig, maar de hierbinnen aanwezige (heide)percelen zijn in sterke mate begroeid geraakt met bos. Het Stelkampsveld is nog wel open en wordt op de kaart van 1901 ook als drassig heidegebied weergegeven.

1924-1937

Er verschijnen langs de Borculoseweg boerderijen in het projectgebied: eerst de Veldhoeve en de Voorhorst en later de Weidehof. De verboste heidepercelen worden omgevormd tot graslanden en akkertjes. Rond 1930 wordt ten noorden van de Veldhoeve de loop van de Oude Beek naar het westen verplaatst: op de kaart van 1924 ligt de Oude Beek nog in het oostelijk deel van de hier aanwezige laagte en op de kaart van 1937 ligt de loop in het westelijke deel van de laagte.

1965

Voorheen nog half open heidepercelen in het zuidelijke en westelijke deel van het projectgebied zijn inmiddels geheel begroeid geraakt met (naald)bos. Ook het Stelkampsveld is aan het dichtgroeien met bos.

1989-2011

In het zuidwesten van het projectgebied (ten zuidwesten van de Voorhorst) is een akkertje verschenen. Het bos in het Stelkampsveld is teruggedrongen en de omvang van de vennen lijkt te zijn toegenomen: terwijl op de kaart van 1965 alleen drassige omstandigheden zijn aangegeven, verschijnen op de kaart van 1989 twee kleine vennen en is op de kaart van 2011 een omvangrijk, aaneengesloten vennencomplex aangegeven.



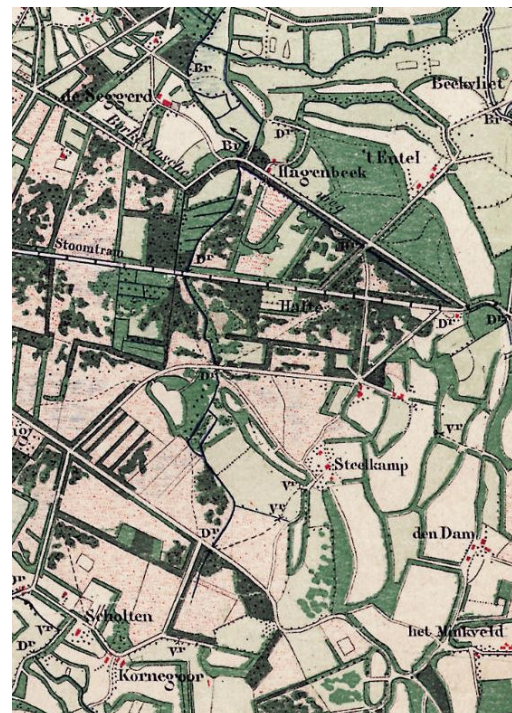
1773-1774



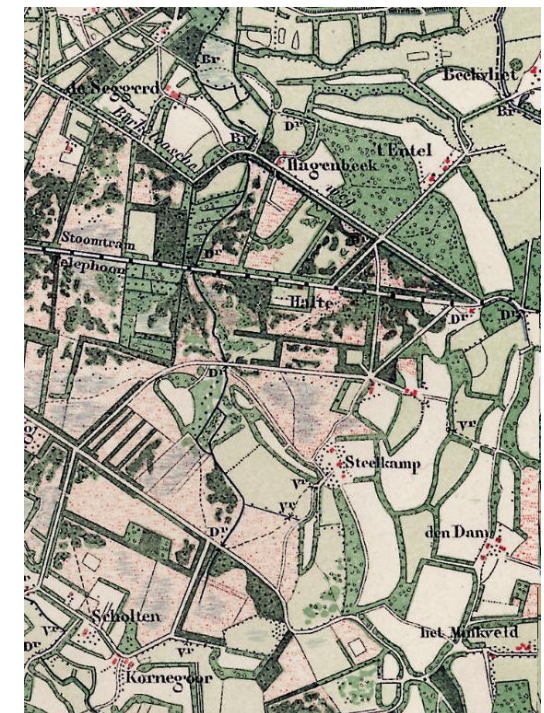
1850



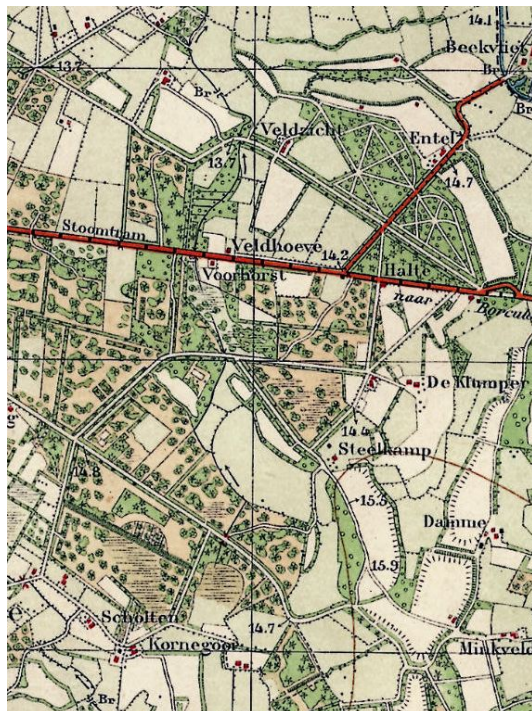
1861



1890



1901



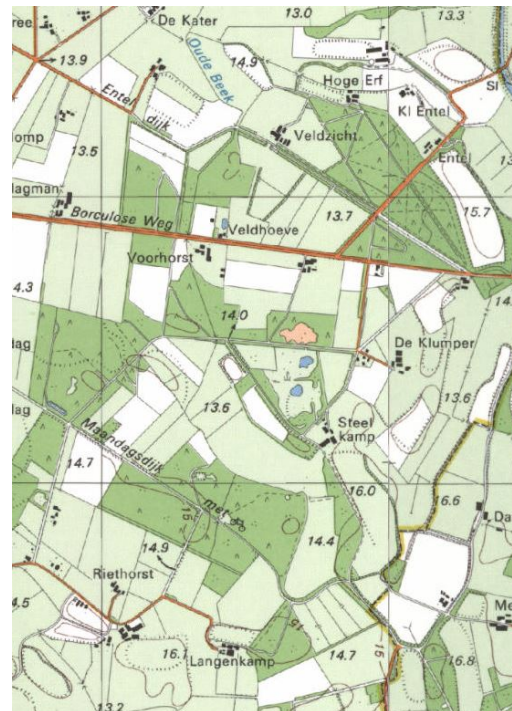
1924



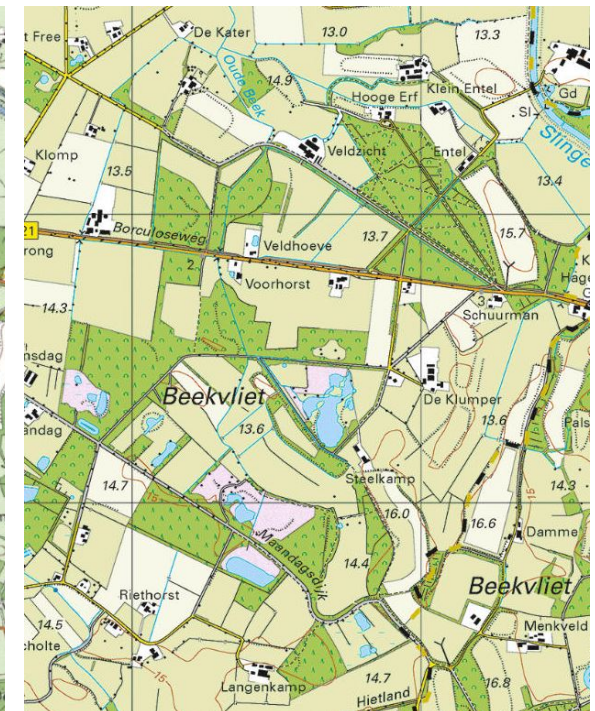
1937



1965



1989



2011

Figuur 2.2 Historische kaarten

2.2 Geologie en geohydrologische opbouw

Beschrijving op basis van REGIS dwarsprofielen

De geologische en geohydrologische opbouw wordt toegelicht aan de hand van de twee dwarsprofielen van het Regis II model van NITG TNO (figuur 2.3). Het eerste profiel betreft een regionaal overzichtsprofiel en het tweede betreft een inzoomprofiel van het projectgebied en de directe omgeving.

De hydrologische basis wordt gevormd door tertiaire, mariene kleilagen van de Formaties van Oosterhout (ooc) en Breda (brk1) en ligt ter plaatse van Beekvliet op 30 à 40 m -NAP. Boven de basis komen zanden van de Formatie van Oosterhout (ooz1 en ooz3) voor (fijn tot en met grove zanden met grind en/of schelpen) met daarop rivierzanden van de Formaties Peize en Waalre (pzwaz7). De eerste afzettingen zijn zeer mineraalarm en afkomstig uit de omgeving van de huidige Oostzee. Hierboven op zijn in het midden van de Pleistoceen door een Rijntak bonte, grindhoudende, grove rivierzanden afgezet.

In de voorlaatste ijstijd (Saalien), zijn op circa 4km ten noordwesten van het gebied, door gestuwd landijs, de Lochemse- en Kale berg gevormd. In het Saalien is door de werking van schurend landijs ook keileem en grof zand (Formatie van Drenthe drgik1, drz2 en drz3) afgezet. Op deze formatie zijn vervolgens net na deze voorlaatste ijstijd door smeltend ijs smeltwaterafzettingen met grof zand en grind afgezet: fluvioperiglaciale zanden van de Formatie van Kreftenheye (krz5) en ontstonden door smeltwater diepe erosiedalen die ook weer opgevuld werden.

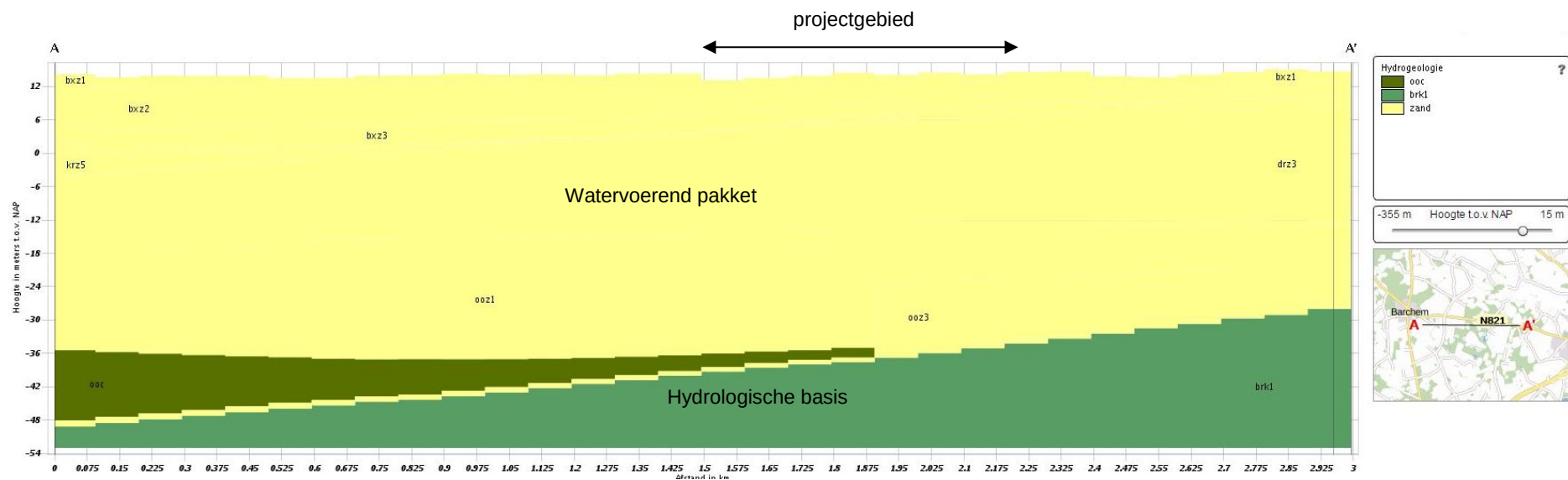
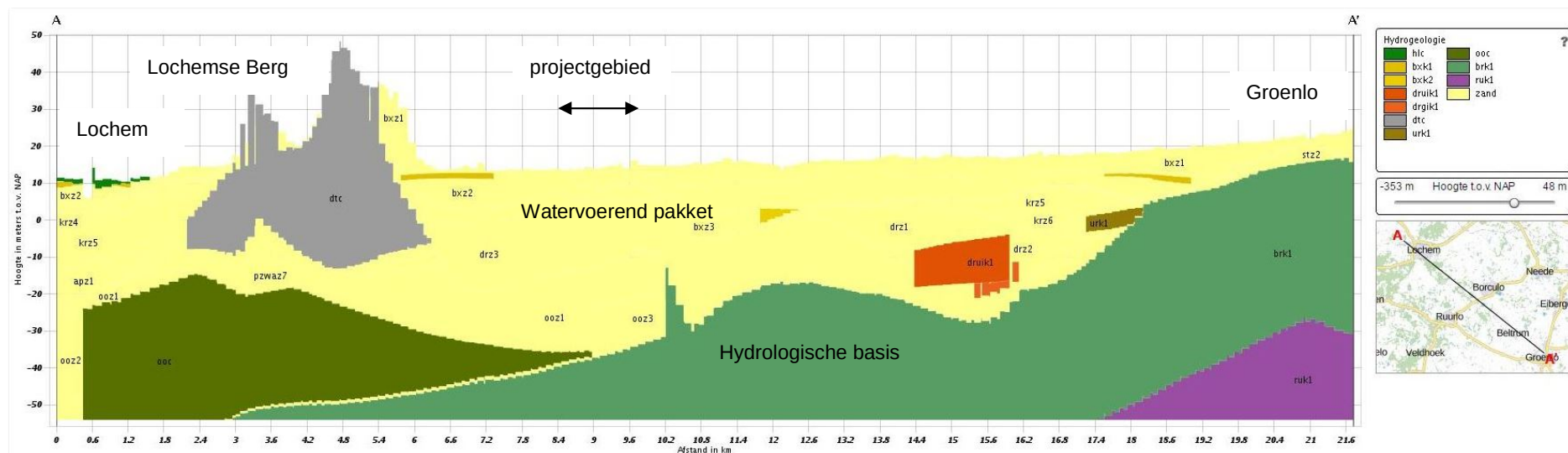
Tijdens de laatste ijstijd (Weichselien) heerste er een toendraklimaat en is door wind dekzand afgezet (Formatie van Bortel, bxz1, bxz2, bxz3). Delen van de erosiedalen uit het Saalien kregen een dekzandafzetting, stoven dicht en raakten gedeeltelijk geïsoleerd. Aan het einde van het Weichselien zijn door smeltwater (opdooi) nieuwe erosiedalen ontstaan, waardoor het dekzandlandschap verder geaccentueerd werd.

Holocene afzettingen zijn te vinden in de beekdalen waar tot enkele decimeters beekleem zijn afgezet. Plaatselijk zijn in laagten broekveen en zeggeveen gevormd. Deze formaties zijn niet weergegeven in de REGIS dwarsprofielen. Op basis van de resultaten van het veldonderzoek volgt dat laagten met veen wel in het projectgebied voorkomen (zie hoofdstuk 3).

Samenvattend is er in het projectgebied één freatisch watervoerend pakket van circa 50 meter dik aanwezig.

Raadpleging van boorgegevens in DINO

Van het projectgebied en de directe omgeving hiervan zijn een aantal boringen bekend. Het betreft boringen tot een diepte van 4 m -mv. De locaties hiervan zijn aangegeven op de kaarten van figuur 2.1 (topografische kaart) en 2.4 (hoogtekaart). Uit analyse van de boorgegevens volgt dat op de betreffende locaties uitsluitend een zandbodem is aangetroffen. Het betreft veelal matig fijn zand, afgewisseld met lagen zeer fijn zand en soms matig grof zand. Op twee locaties in het projectgebied zelf zijn kalkrijke zanden aangetroffen: op 2,8 tot 4 m -mv bij ter plaatse van B34C0735 en 3,6 tot 4 m -mv ter plaatse van B34C0780. Ook ter plaatse van een boring ten noorden van het projectgebied (B34C0781) is kalkrijk zand aangetroffen, op een diepte van 1,6 tot 4 m -mv. Bij een boring in het oosten van het projectgebied en twee boringen ten zuiden hiervan is tot op een diepte van 4 m -mv alleen kalkloos zand aangetroffen. Ook bij de plaatsing van de tijdelijke peilbuizen voor de vervaardiging van de ecohydrologische dwarsprofielen is de kalkrijkdom van de afzettingen bepaald. Op basis hiervan ontstaat een meer compleet beeld van de situatie in het projectgebied.



Figuur 2.3 Geo(hydro)logische dwarsprofielen uit Regis II

2.3 Geomorfologie

De geomorfologische gesteldheid wordt toegelicht aan de hand van de AHN2-hoogtekaart van figuur 2.4.

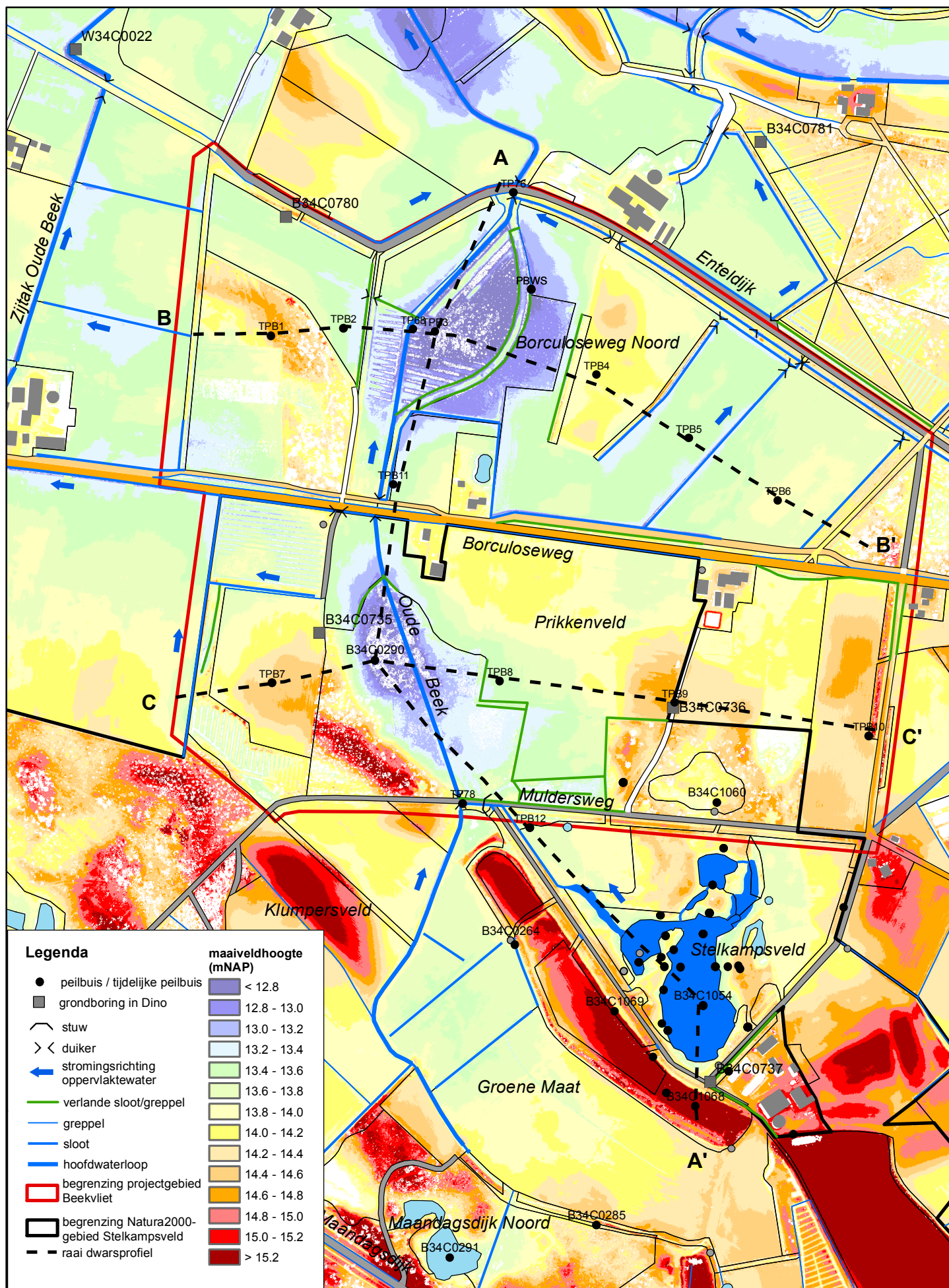
In het projectgebied en de omgeving hiervan is een fijnmazige afwisseling van dekzandruggen en laagten aanwezig. De laagten zijn waarschijnlijk ontstaan vanwege afsnoering van delen van de vroegere dalsystemen door dekzandruggen, mogelijk gecombineerd met uitwaaiing van zand vanuit de laagten zelf. De hoogteverschillen tussen de ruggen en laagten lopen op tot enkele meters, van circa 12,8 tot 14,8 mNAP. Er is dus een behoorlijk sterk reliëf aanwezig.

Binnen het projectgebied zijn twee diepe (met Elzenbroekbos begroeide) laagten aanwezig, één in het noordelijke deel (deelgebied Borculoseweg Noord) en één in het zuidelijke deel (Prikkenveld). In het graslandgebied van het oostelijke deel van deelgebied Borculoseweg Noord is nog een wat minder diepe (door sloten ontwaterde) laagte aanwezig. De laagte heeft bovendien een kleine uitloper naar het deelgebied Prikkenveld. De noordelijke broekboslaagte heeft een uitloper in westelijke richting (zone waar een graslandperceel aanwezig is).

Ook in het oosten van deelgebied Prikkenveld is een kleine laagte aanwezig. Ten zuiden van de grens van het Natura 2000-gebied (ofwel binnen het eigendom van Staatsbosbeheer) is de laagte duidelijk herkenbaar (en vanwege de inundatie ervan in de winter op de AHN2-hoogtekaart grotendeels met een wit vlak aangegeven, vanwege het ontbreken van data). Ten noorden van de grens van het Natura 2000-gebied is de laagte nauwelijks herkenbaar. Op de bodemkaart (figuur 2.5) is deze zone ook aangegeven als geëgaliseerd. Dit wijst erop dat hier een ven ligt waarvan de noordelijk helft is gedempt. In het kader van het veldonderzoek is dit nader onderzocht (zie hoofdstuk 3).

Binnen het projectgebied zijn op drie plekken rabattenstelsels aanwezig, en ook deze zijn op de hoogtekaart herkenbaar:

- Een rabattenstelsel in het westen en het zuiden van de noordelijke broekboslaagte.
- Een rabattenstelsel in de noordwesthoek van het deelgebied Prikkenveld (langs de Borculoseweg).
- Een rabattenstelsel in de zuidwesthoek van het Prikkenveld (ten zuiden van de akker).



2.4 Bodem

Voor de beschrijving van de bodem is de bodemkaart 1:10.000 geraadpleegd van het onderzoek 'de bodemgesteldheid van de gebieden Berkeldal, Graafschap, Wildenborch, Warnsveld-Vierakker en Hummelo-Keppel; resultaten van een bodemgeografisch onderzoek' (Kleijer, 2000). Figuur 2.5 betreft een op het projectgebied ingezoomde uitsnede van deze kaart.

Ten zuiden van het projectgebied zijn op de hoogste dekzandruggen en -koppen enkeerdgronden aanwezig. De overige (iets minder) hoog gelegen delen bestaan uit matig fijne, zwak lemige veldpodzolgronden (Hn53) met een humus houdend bovengrond van < 30 cm.

In de lage delen van het Prikkenveld, en met name in de laag gelegen zone tegen de broekboslaagte aan, liggen beekerdgronden voor (tZg53 en tbZg53). Dit zijn zwak lemige, matig fijne zandgronden met een minerale eerdlaag (humusrijke bovengrond) van 15-30 cm dikte en met binnen 35 cm duidelijke roestverschijnselen die tot aan de volledig gereduceerde zone doorgaan. Ten noorden van de Borcoloseweg komen beekvaaggronden voor (Zg53 en Zg55). Dit zijn zandgronden die lijken op de beekerdgronden maar dan zonder een goed ontwikkeld minerale eerdlaag met een dikte > 15cm.

In het laagste deel van de noordelijke broekboslaagte is een koopveengrond (hVz) aanwezig. Dit is een bodem met een kleiig, moerige eerdlaag van 15-30 cm dik op een zandondergrond zonder humuspodzol. Hieromheen ligt een zone met een moerige podzolgrond (vWp). Deze bodems hebben een weinig of niet veraarde moerige bovengrond en een zandondergrond met een duidelijke humuspodzol-B-horizont.

Voor de zuidelijke broekboslaagte is op de bodemkaart een moerige eerdgrond (vWz) aangegeven. Dit zijn moerige eerdgronden met een moerige bovengrond op zand. Dit is echter alleen van toepassing op de buitenrand van de laagte. Op basis van de resultaten van het veldonderzoek zal blijken dat in het centrale deel van de laagte een veenbodem aanwezig is. Blijkbaar is dit (moeilijk toegankelijke) centrale deel bij de bodemkartering overgeslagen.

Volgens de bodemkaart zijn bijna alle gronden van deelgebied Borculoseweg Noord vergraven. Voor het Stelkampsveld is aangegeven dat hier afgraving heeft plaatsgevonden.

2.5 Hoofd-oppervlaktewatersysteem

Aan de hand van de topografische overzichtskaart (figuur 1.1) wordt het hoofd-oppervlaktewatersysteem toegelicht. Het functioneren van het lokale stelsel is inzichtelijk gemaakt in het kader van een veldinventarisatie. De resultaten hiervan worden behandeld in paragraaf 3.2.

Het grootste deel van het Natura 2000-gebied en het gehele projectgebied wateren af via de Oude Beek. Het betreft hierbij een gegraven hoofdwaterloop die dwars door een serie van laagten en de hiertussen gelegen dekzandruggen is heen gegraven. In het kader van de ruilverkaveling Borculo is eind jaren negentig het landbouwgebied ten zuiden van de Maandagsdijk afgekoppeld naar de Visserij. De bovenloop van de Oude Beek is ter hoogte van de Rietvenne en Maandagsdijk-Noord (ofwel in het zuidelijke deel van het SBB-gebied) in 2008 gedempt.

Aan de zuid- en westzijde van het Natura 2000-gebied ligt de hoofdwaterloop de Visserij en aan de oostzijde de hoofdwaterloop Afwatering van Schuurman. De Afwatering van Schuurman stroomt ten noorden van het projectgebied samen met de Oude Beek. Verder naar het noordwesten (buiten het kaartvlak van figuur 1.1) stroomt de Oude Beek samen met de Visserij. Nog verder naar het noordwesten toe gaat de Visserij onder de Berkel door en watert uiteindelijk af op het Kanaal Zutphen - Enschede.

Ten oosten van de Afwatering van Schuurman ligt de Groenlose Slinge. Deze stroomt ten noordoosten van het projectgebied samen met de Berkel. Ter plaatse van dit samenstromingspunt staat een stuw in de Berkel. Vanwege deze stuw is ook het peil in de Slinge behoorlijk hoog.

Legenda bodemkaart 1:10000 (Stiboka, 2000)

VEENGRONDEN

hVz	koopveengronden	kleilig, moerige eerdlaag van 15-30 cm dik op een zand ondergrond zonder humus podzol
-----	-----------------	---

MOERIGE GRONDEN

vWp	moerige podzolgronden	weinig of niet veraarde moerige bovengrond en een zandondergrond met een duidelijke humuspodzol-B-horizont
vWz	moerige eerdgronden	weinig of niet veraarde moerige bovengrond en een zandondergrond zonder een humuspodzol-B-horizont

ZANDGRONDEN

Humus podzolgronden

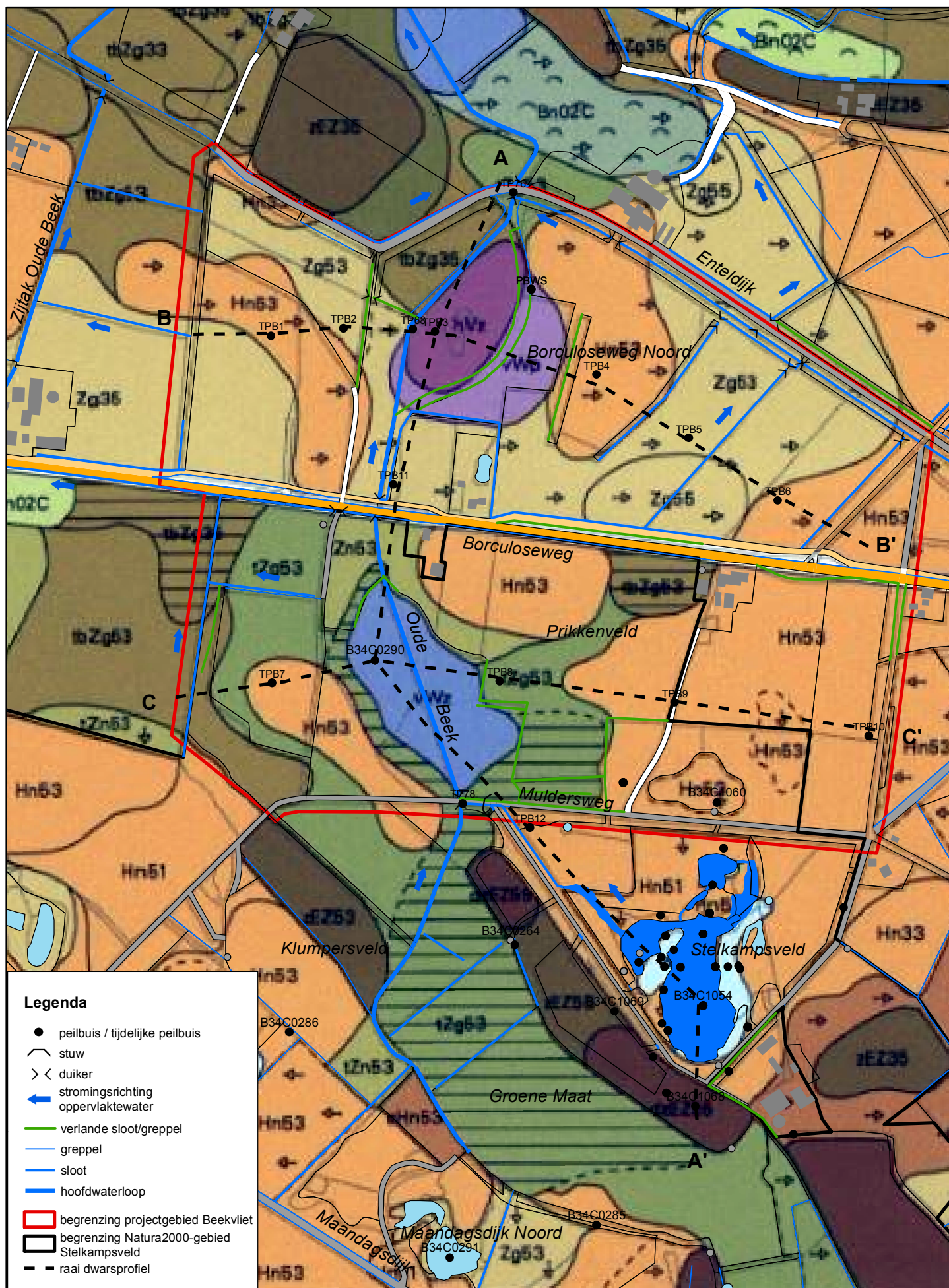
Hn53	veldpodzolgronden	matig fijn, zwak lemig met een humus houdend bovengrond van < 30 cm
cHn35	laarpodzolgronden	zeer fijn, sterk lemig met een humus houdend bovengrond van 30-50 cm

Eerdgronden

tZg53	zwarte beekeerdgronden	matig fijn, zwak lemig met een minerale eerdlaag (humusrijke bovengrond) van 15-30 cm dikte en binnen 35 cm duidelijke roestverschijnselen die tot aan de volledig gereduceerde zone doorgaan
tbZg53	bruine beekeerdgronden	matig fijn, zwak lemig met een minerale eerdlaag (humusrijke bovengrond) van 15-30 cm dikte en binnen 35 cm duidelijke roestverschijnselen die tot aan de volledig gereduceerde zone doorgaan

Vaaggronden

Zg53	beekvaaggronden	matig fijn, zwak lemig zonder een goed ontwikkeld minerale eerdlaag (humusrijke bovengrond) met een dikte van >15 cm. Binnen 35 cm duidelijke roestverschijnselen die tot aan de volledig gereduceerde zone doorgaan
Zg55	beekvaaggronden	matig fijn, sterk lemig zonder een goed ontwikkeld minerale eerdlaag (humusrijke bovengrond) met een dikte van >15 cm. Binnen 35 cm duidelijke roestverschijnselen die tot aan de volledig gereduceerde zone doorgaan



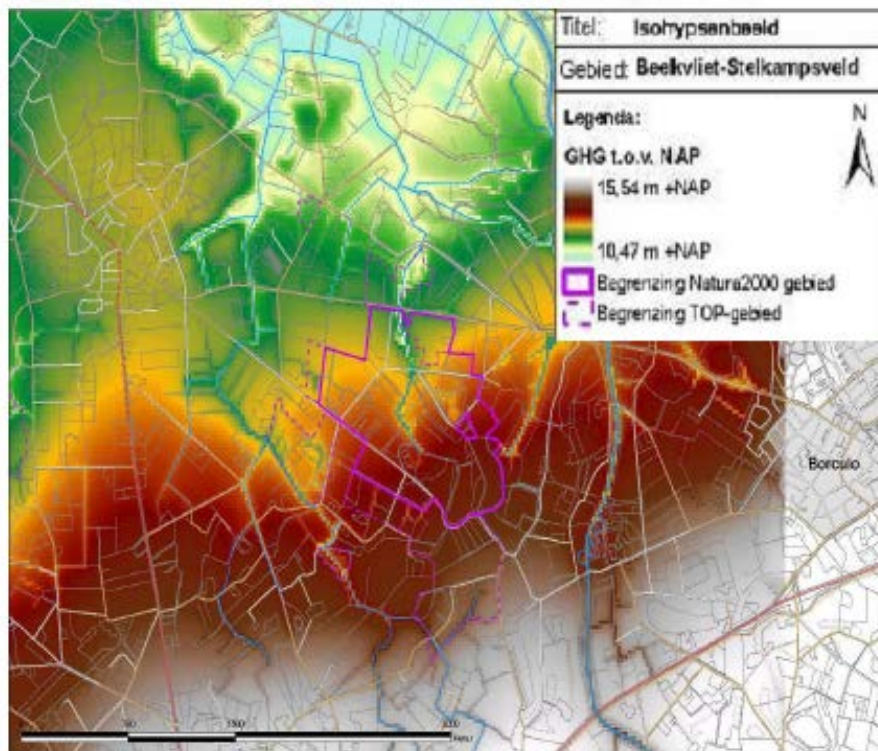
2.6 Grondwatersysteem

In het kader van de GGOR-studie is met behulp van een grondwatermodel voor de GHG-situatie een berekende isohypsenkaart vervaardigd op regionaal niveau (zie figuur 2.6). Met het model is ook een kwelkaart vervaardigd (zie figuur 2.7). Op basis van deze kaarten wordt het functioneren van het grondwatersysteem in grote lijnen toegelicht. Aan de hand van de drie ecohydrologische dwarsprofielen die zijn vervaardigd in het kader van het veldonderzoek wordt later (in hoofdstuk 3) ingezoomd op het functioneren van het grondwatersysteem in het projectgebied.

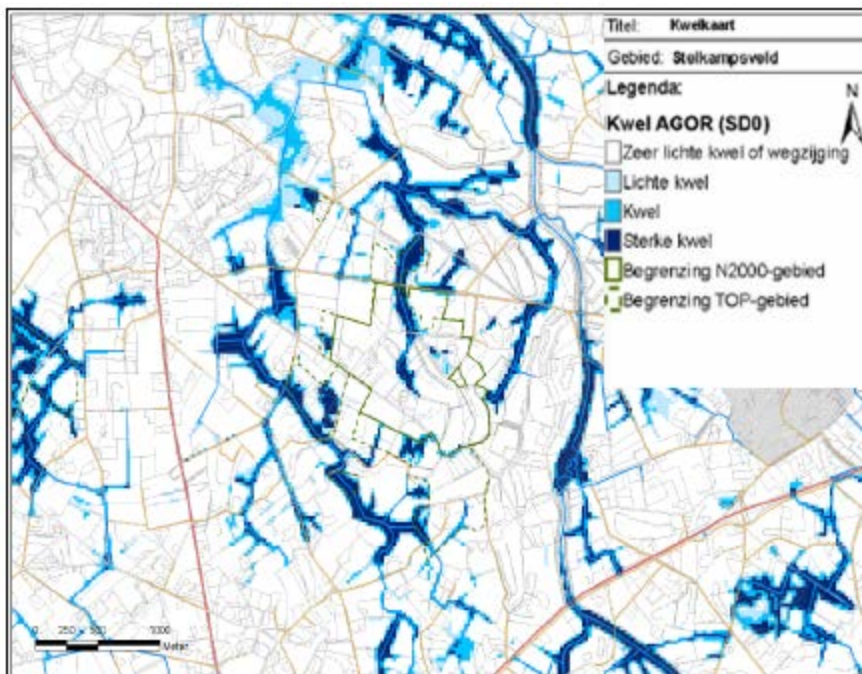
Uit de berekende isohypsenkaart volgt dat de regionale grondwaterstroming noord-noordwestelijk is gericht. De lokale grondwaterstromingspatronen worden bepaald door de drainerende waterlopen. In het projectgebied heeft de Oude Beek een sterk drainerende werking. Ook de Visserij en Afwatering Schuurman (en de hieraan gekoppelde slotenstelsels) hebben sterke invloed op het grondwatersysteem in het N2000-gebied.

In het Natura 2000-gebied en het projectgebied treedt (vooral) in de winter kwel op. Het kwelwater is basenrijk. Omdat al vanaf geringe diepte kalkrijke afzettingen voorkomen hoeft het hierbij geen diepe, regionale kwel te betreffen, maar kan dit ook (vrij) ondiepe, lokale kwel vanuit de inliggende en nabijgelegen dekzandruggen zijn (en is dit waarschijnlijk ook het geval). Omdat er sprake is van één watervoerend pakket staan deze lokale systemen wel in direct contact met het regionale systeem, en via deze weg kunnen aantastingen van het systeem in de omgeving dus ook in sterke mate doorwerken in het gebied.

In de huidige situatie treedt het kwelwater met name uit in de waterlopen. In het Natura 2000-gebied en het projectgebied draineren vooral de Oude Beek en het slotenstelsel in het oostelijke deel van het deelgebied Borculoseweg Noord in sterke mate het kwelwater. Een klein deel van het kwelwater treedt uit in de vennen van het Stelkampsveld en de beide broekboslaagten van het projectgebied. Voor het genereren van kwel naar de vennen van het Stelkampsveld wordt 's-winters bewust water vanuit de vennen afgevoerd naar de Oude Beek, waarmee een onderdruk wordt gerealiseerd van het oppervlaktewater ten opzichte van het grondwater.



Figuur 2.6 Berekende isohypsenkaart voor GHG-situatie (Waterschap Rijn en IJssel, GGOR 2010)



Figuur 2.7 Berekende kwel

2.7 Grondwaterstandsverloop

Inleiding

- In het Stelkampsveld is een omvangrijk hydrologisch meetnet van Staatsbosbeheer aanwezig. In de hydrologische databank DINO zijn van veruit de meeste peilbuizen echter maar zeer korte reeksen beschikbaar en het betreft hierbij ook geen recente meetreeksen.
- Van peilbuis B34C0290 in de zuidelijke broekboslaagte is wel een langere meetreeks beschikbaar, namelijk (behalve een oud deel in de tweede helft van de jaren negentig) een reeks vanaf 2008 t/m begin 2013. Deze peilbuis maakt ook deel uit van raai C-C' van het veldonderzoek en staat in het laagste (en dus zeer natte) centrale deel van de betreffende laagte. De weergave van het nieuwe reeksgedeelte in de hydrologische databank DINO klopt echter niet, waarschijnlijk door een verkeerde referentiehoogte van de peilbuis vanwege verlenging van de peilbuis bij het aanbrengen van een datalogger, zonder dat dit is verwerkt in DINO. Van de hydroloog van Staatsbosbeheer (R. van Dongen) is een reeks van B34C0290 ontvangen die afwijkt van de reeks die in DINO is opgeslagen en waarvan wordt aangenomen dat deze wel correct is (omdat de bijbehorende referentiehoogte onbekend is kunnen we dat echter niet controleren). Van deze reeks is een grafiek opgenomen in bijlage 1.
- Met behulp van het programma Menyanthes zijn voor deze reeks ook de GXG-waarden bepaald en in de grafiek weergegeven.
- In bijlage 1 is ook een grafiek opgenomen van het grondwaterstandsverloop van peilbuis B34C1068. Deze peilbuis staat in een (als enkeerdgrond opgehoogde) dekzandrug aan het zuidelijke uiteinde van raai A-A'. Hoewel de reeks van deze peilbuis erg kort is (nog geen jaar lang), zit er in ieder geval wel een zomer en winterperiode in (zomer van 2009 en hierop volgende winter) en bovendien is de positie van de peilbuis interessant. Ook op deze reeks is een correctie toegepast. De referentiehoogte in DINO van de peilbuis was namelijk onwaarschijnlijk laag. Daarom is als referentiehoogte de hoogte gehanteerd zoals zelf ingemeten in het kader van het veldonderzoek.
- Bij de veldverkenning (die is uitgevoerd in het kader van het veldonderzoek) is ook een peilbuis aangetroffen aan de noordostrand van de noordelijke broekboslaagte. Het betreft een peilbuis die is geplaatst en in beheer is bij Vitens. De peilbuis is echter niet opgenomen in DINO. Bij Vitens zijn de technische gegevens, boorbeschrijving en de meetreeks van de peilbuis opgevraagd. De technische gegevens en de boorbeschrijving zijn inmiddels aangeleverd maar de meetreeks is ook bij Vitens helaas (nog) niet vindbaar.
- Recentelijk is door Waterschap Rijn en IJssel in de omgeving van het Natura-2000 gebied een meetnet geplaatst: het zogenaamde omgevingsmeetnet. Dit meetnet heeft echter geen toegevoegde waarde voor het in beeld brengen van het hydrologisch functioneren van het projectgebied, dus is in deze gebiedsbeschrijving verder buiten beschouwing gelaten.

Grondwaterstandsverloop B34C0290 en B34C1068

- Uit de grafiek van B34C0290 volgt dat het stijghoogteverloop in de zuidelijke broekboslaagte, onder invloed van de kwel die hier optreedt, zeer vlak is en dat hier zeer natte omstandigheden aanwezig zijn: de GHG ligt namelijk 22 cm boven maaiveld, de GVG ligt 11 cm boven maaiveld en de GLG ligt slechts 17 cm onder maaiveld. Fluctuatierange van slechts 39 cm.
- Uit de grafiek van B34C1068 volgt dat er in de dekzandrug wel duidelijk sprake is van een grondwaterstandsdynamiek, met een verschil tussen de laagste grondwaterstanden in de zomer en de hoogste grondwaterstanden in de winter van circa 1 meter.
- Uit de resultaten van het veldonderzoek volgt dat het waterpeil in de vennen in een situatie met lichte afvoer op circa 13,5 mNAP ligt (wat circa 20 cm hoger is dan het stuwpeil ter plaatse van het schotbalkenstuwte in het afvoerslootje van de vennen). Ter plaatse van B34C1068 stijgt de grondwaterstand in de winter tot boven dit afvoerniveau. Ofwel: er treedt in de winter opbolling op van de grondwaterspiegel in de dekzandrug en onder invloed hiervan worden de vennen gevoed met grondwater.

2.8 Vegetatie / flora

Inleiding

Eerst wordt een beschrijving gegeven van de vegetatie / flora in het projectgebied, vooral op basis van een flora-inventarisatie die in 2013 voor het landgoedgedeelte van Natuurmonumenten is uitgevoerd (Schröder, 2013) en voor de zuidelijke broekboslaagte (die eigendom is van Staatsbosbeheer) op basis van informatie uit Natura 2000-beheerplan. Vervolgens wordt ingegaan op de vegetatie van het Stelkampsveld. Deze beschrijving is gebaseerd op informatie uit het Natura 2000-beheerplan.

Projectgebied

- De nog in agrarisch gebruik zijnde gronden van het projectgebied bestaan uit voedselrijke, soortenarme graslanden en akkers.
- In de twee (door de Oude Beek doorsneden) diepe laagten is Elzenbroekbos aanwezig.
- In het centrale, laagst gelegen deel van de zuidelijke laagte is Elzenzegge-Elzenbroekbos aanwezig. Dit is een goed ontwikkeld Elzenbroekbos met onder meer Stijve zegge, Elzenzegge, IJle zegge, Gele lis, Grote kattenstaart, Grote wederik, Waterviolier, Paardenhaarzegge en lokaal Kleine valeriaan. Buiten het centrale deel is een zone met een zeer ruige ondergroei van Grote braam aanwezig. Het betreft hierbij dus een slecht ontwikkelde vorm van Elzenbroekbos, namelijk de rompgemeenschap met dominantie van braam. Vanwege de goed ontwikkelde kern (en de ligging binnen het Natura 2000-gebied) kwalificeert het Elzenbroekbos in deze laagte als Habitatype H91E0C Beekbegeleidend bos.
- In de noordelijke laagte is Elzenhakhoutbos aanwezig. Dit bos is in de winter van 2011-2012 afgezet. Het hierbij vrij gekomen hout is niet afgevoerd. Op basis van een in 2013 uitgevoerde inventarisatie van de flora van het gedeelte van Natuurmonumenten van landgoed Beekvliet (Schröder, 2013) volgt dat in dit bos een groot aantal grondwaterafhankelijke soorten voorkomen, namelijk: Bosbies, (zeer veel) Elzenzegge, Fijne waterranonkel, Gevleugeld hertschoot, Gewone dotterbloem, Holpijp, Kleine valeriaan, Poelruit, Stijve zegge, Zwarte bes, Grote boterbloem, Grote waterranonkel, Kale jonker, Poelruit, Ruwe bies, Ruwe smele, (zeer veel) Stijve zegge, Waterpunge, Waterviolier en Zwarte bes. In combinatie hiermee met deze soorten is in de ondergroei ook veel Riet en Grote Braam aanwezig, waardoor de vegetatie in zijn totaliteit toch een behoorlijk ruige indruk maakt. Bij behandelen van de resultaten van het veldonderzoek zal blijken wat de oorzaken hiervan zijn.

Stelkampsveld

- In het Stelkampsveld s.s. is een zeer waardevolle gradiënt aanwezig van habitattypen H4030 Droge heiden, H4010A Vochtige heide, H6230 Heischrale graslanden, H6410 Blauwgraslanden, H7230 Kalkmoeras en H3130 Zwakgebufferde vennen.
- Van het habitatype Zwakgebufferde vennen komen afhankelijk van de positie in het hydrologische systeem twee typen voor:
 - o Vennen die een duidelijke invloed hebben van basenrijk grondwater. Het zuidelijke, ofwel het Charaven, is van dit type. Het betreft een door zandwinning uitgediepte laagte. In dit ven komen basenminnende Kranswiervegeties voor met soorten als Stelkelbladig kransblad, Teer kransblad en het zeer zeldzame Kraaltjeskranswier. In de diepere delen

groeit Ongelijkbladig fonteinkruid. In de ondiepere delen zijn onder meer Vlottende bies, Stijve moerasweegbree, Pilvaren, Waterpunge en Oeverkruid aangetroffen. De venvegetaties hebben duidelijk geprofiteerd van de in de 90-er jaren uitgevoerde herstelmaatregelen, in het kader waarvan struweel is verwijderd, gebaggerd en geplagd.

- o Vennen met een zwak zuur tot zuur karakter: deze worden vooral gevoed door regenwater en kennen daardoor een beperkte buffering. Het noordelijke ven, ofwel het Littorellaven, is van dit type. Door (waarschijnlijk) een combinatie van verminderde buffering als gevolg van verdroging en atmosferische depositie heeft degradatie van dit ven plaatsgevonden. Ondanks het opnieuw uitschrappen van het ven in 1985 en 2006 zijn Oeverkruid en Moerasmele verdwenen en wordt de vegetatie nu gedomineerd door veenmossen.
- Het habitatype Blauwgrasland is in het Stelkampsveld al decennialang aanwezig en is zeer soortenrijk en volledig ontwikkeld. Het komt hier voor in een zone (van enkele meters tot tientallen meters) tussen de venvegetaties en het heischraal grasland. Er kunnen verschillende typen onderscheiden worden, onder andere de orchideeënrijke subassociatie. De blauwgraslandvegetaties worden onder meer getypeerd door het voorkomen van Blauwe zegge, Spaanse ruiter en Vlozegge. In het meest kwelrijke, basenrijke deel van de gradiënt komt de kalkmoerasvorm van Blauwgrasland voor. Hoger op de gradiënt is een zone aanwezig waar periodiek basenarm grondwater uitteedt, en die zich onderscheidt door het frequenter voorkomen van Veldrus, Gagel en Moeraskruiskruid. De herstelmaatregelen die in de jaren '80 en '90 zijn uitgevoerd (verwijderen van bos en struweel, plaggen van verruigd schraalland, intensivering maaibeheer etc.) zijn zeer positief geweest voor de Blauwgraslandvegetaties.
- De meest basenrijke vorm van de Blauwgraslandvegetaties kwalificeert als habitatype H7230 Kalkmoeras. Naast typische soorten als Blauwe zegge, Spaanse ruiter, Vlozegge en Blonde zegge zijn er diverse kalkmoerassoorten aanwezig, namelijk: Moeraswespenorchis, Parnassia, Vleeskleurige orchis, Sterregoudmos en Wolfsklauwmos.
- In de overgangszone tussen vooral door basenrijk gevoede Blauwgraslanden en de door regenwater gevoede heidevegetaties komt het habitatype H6230 Heischrale graslanden voor. De soortenrijke delen van de heischrale graslanden van het Stelkampsveld worden gerekend tot de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras. Diverse soorten hebben in deze zone hun optimum: Welriekende nachtorchis, Blauwe knoop en lokaal Liggende vleugeltjesbloem en daarnaast Gevlekte orchis, Heidekartelblad en Klokjesgentiaan. Op enkele locaties groeit het zeldzame Valkruid.
- Door de uitvoering van plagmaatregelen en verwijdering van struweel is het habitatype Vochtige heide toegenomen. Het gaat hierbij (nu nog) voornamelijk om een betrekkelijk soortenarme Dopheidevegetatie (soortenarme vormen van de typische subassociatie).

3 Veldonderzoek

3.1 Methode

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Verkenning en inventarisatie lokale oppervlaktewatersysteem.
- Vervaardiging van drie ecohydrologische dwarsprofielen.
- Onderzoek bodemopbouw (voormalige) landbouwgronden.
- Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden.

Verkenning en inventarisatie lokale oppervlaktewatersysteem

De inventarisatie van het lokale oppervlaktewatersysteem in het projectgebied is uitgevoerd op 6 maart 2017. Daarbij is het projectgebied ook op meer algemene wijze verkend. Bij de inventarisatie is speciale aandacht besteedt aan de aanwezigheid van greppels / slootrestanten en de aanwezigheid van kwelverschijnselen (roest en oliefilm). De resultaten zijn opgenomen in bijlage 2 en ook verwerkt in de kaarten die elders in het rapport zijn opgenomen. Ook bij uitvoeren van het verdere veldwerk op de hierop volgende weken en bij een aanvullend veldbezoek op 27 mei 2017 is gelet op het functioneren van het oppervlaktewatersysteem, zodat het gevormde beeld hiervan niet van één moment afhankelijk is maar gebaseerd op een langere periode.

Vervaardiging van drie ecohydrologische dwarsprofielen

Er zijn drie ecohydrologische dwarsprofielen vervaardigd: twee van west naar oost en één van zuid naar noord (voor ligging van de raaien: zie onder meer figuren 2.1 en 2.4). De ecohydrologische dwarsprofielen zijn vervaardigd op basis van plaatsing tijdelijke peilbuizen, tijdelijke piketten (in waterlopen), het meten van de grond- en oppervlaktewaterstanden in een wintersituatie en een zomersituatie m.b.v. de tijdelijke peilbuizen / piketten, eenmalige bemonstering van het grond- en oppervlaktewater in een vroege voorjaarsituatie en het uitvoeren van aanvullende grondboringen / meten van de grondwaterstanden in de boorgaten. De tijdelijke meetpunten (peilbuizen en piketten) zijn begin maart 2017 geplaatst, en toen zijn ook de aanvullende boringen uitgevoerd. Op 17 maart 2017 zijn alle tijdelijke peilbuizen en ook de meeste boorgaten ten opzichte van NAP ingemeten en zijn gelijk de grondwaterstandsmetingen voor het in beeld brengen van de wintersituatie gedaan. De technische gegevens en boorbeschrijvingen van de tijdelijke peilbuizen zijn opgenomen in bijlage 3. De boorbeschrijvingen van de aanvullende boringen zijn opgenomen in bijlage 4.

De watermonsters zijn op 28 maart 2017 genomen door Bell Hullenaar. De analyse van de watermonsters en de algemene interpretatie van de analyseresultaten is uitgevoerd door B-WARE (zie rapport in bijlage 5). Per meetpunt zijn de meetwaarden van een aantal kenmerkende variabelen ook weergegeven in de ecohydrologische dwarsprofielen. Aan de hand hiervan zijn de resultaten van het hydrochemisch onderzoek in hoofdlijnen ook geïntegreerd in de ecohydrologische beschrijving in paragraaf 3.3.

Onderzoek bodemopbouw (voormalige) landbouwgronden

Middels het uitvoeren van 44 grondboringen is de ondiepe bodemopbouw ter plaatse van de voormalige landbouwgronden inzichtelijk gemaakt. Hierbij is specifiek aandacht besteed aan de bepaling van de bouwvoordikte, het al dan niet aanwezig zijn van een geroerde laag onder de bouwvoor (om zo af te leiden of de bodem tot op grotere diepte is geploegd en/of is opgehoogd) en de aanwezigheid van lemige lagen in de toplaag van de bodem. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 4. De bodemtypen zijn (op basis van de reeds beschikbare bodemkaart 1 : 10.000) al behandeld in paragraaf 2.4.

Bodemchemisch onderzoek

Het bodemchemisch onderzoek is uitgevoerd om af te leiden op welke wijze de bodem van de voormalige landbouwgronden het best kan worden verschaald, om af te leiden hoe diep de toplaag dient te worden afgegraven indien blijkt dat dit de beste methode is voor effectieve verschraling van de bodem en om te bepalen voor welke natuurtypen het gebied potenties heeft. Hiertoe zijn op 15 locaties op 4 diepten bodemonsters genomen. Het deelonderzoek is uitgevoerd door B-WARE en hiervan is een eigen rapportage opgesteld, waarin ook de methode nader wordt toegelicht (zie bijlage 5). De resultaten van het onderzoek zijn in hoofdlijnen geïntegreerd in de synthese en conclusies van het hoofdrapport (zie hoofdstuk 4).

3.2 Resultaten inventarisatie lokale oppervlaktewatersysteem

Het functioneren van het hoofdsysteem is al behandeld in paragraaf 2.5.

Stelkampsveld

- De vennen van het Stelkampsveld staan met elkaar in verbinding. Het kleine noordelijke ven staat daarbij met natuurlijke overlooptdremmel (waarlangs alleen in zeer natte winterperioden oppervlakkige afvoer plaatsvindt) in verbinding met de rest van het vennencomplex. Via een slenkje en vervolgens een klein afvoerslootje worden wateroverschotten van het vennencomplex in (normaal) natte winterperioden afgevoerd naar de Oude Beek. Op de plek waar dit slootje afwatert op de Oude Beek staat een schotbalkenstuwtje waarmee het afvoerniveau van het vennencomplex nu op een vaste hoogte is ingesteld. Met de stuw kan het afvoerniveau (op termijn) indien gewenst worden bijgesteld.
- Via de Oude Beek verloopt ook de afvoer van een groot deel van het verder zuidelijk gelegen gedeelte van het Natura 2000-gebied (deelgebieden Groene Maat, Klumpersveld en Maandagsdijk-Noord). In het Klumpersveld en het westelijke deel van de Groene Maat zijn in de percelen die nu nog landbouwkundig worden beheerd tijdens de inventarisatie (maart 2017) nog wel sterk drainerende sloten aangetroffen, maar deze sloten zullen in het kader van de herinrichting van het SBB-gedeelte van het natuurgebied worden gedempt.

Prikkenveld

- In het Prikkenveld zijn weinig sloten van enige betekenis aangetroffen. Dit is ook niet verwonderlijk aangezien de (voormalige) landbouwgronden hier voornamelijk hoog liggen en er een zandbodem aanwezig is. De ontwatering van het gebied vindt hoofdzakelijk plaats door de Oude Beek en de hieraan gekoppelde broekboslaagte. Langs de rand van deze laagte zijn wel slootrestanten aangetroffen, maar deze slootrestanten zijn sterk verland, waardoor zowel de bodemweerstand als de waterpeilen ervan hoog zijn en de waterpeilen in een afvoersituatie ook (vrijwel) geheel aan maaiveld liggen. Deze slootrestanten hebben zodoende in de huidige situatie hooguit een (zeer) licht drainerende werking (wat uiteraard ook onwenselijk is, maar niet sterk negatief voor het functioneren van het systeem als geheel).
- Op de noordgrens van de akker in het westelijke deel van het Prikkenveld is nog wel een diepe, ('s-winters) drainerende sloot aanwezig. De waterafvoer vindt hier plaats in westelijke richting, naar de sloot op de westgrens van het natuurgebied, die eveneens vrij diep is.
- Verder ligt er aan de zuidzijde van de Borculose weg een sloot. Het traject ten oosten van de Oude Beek (ofwel het overgrote deel hiervan) is ondiep en hierlangs wordt alleen in zeer natte winterperioden water afgevoerd. Het traject ten westen van de Oude Beek is diep, en dit deel draineert tot diep in het voorjaar kwelwater.
- In het westelijke deel, zowel ten noorden en ten zuiden van de akker, zijn rabattenstelsels aanwezig. Op het moment van de inventarisatie (natte wintersituatie) trad er vanuit beide stelsels (via de twee afvoerloopjes) een lichte waterafvoer op naar de sloot op de westgrens / sloot langs de Borculose Weg.
- In de zuidelijke broekboslaagte zijn geen rabatten aanwezig. Het centrale deel van de laagte is een groot deel van het jaar geïnundeerd en het waterpeil ligt hier in de winter 2 à 3 dm boven maaiveld. De Oude Beek is dwars door laagte heen aangelegd. In het centrale deel is het beekpeil gelijk aan het peil in de laagte, en de beek is ondiep: beek en laagte vormen in feite één geheel. De beekloop doorsnijdt echter wel de flanken van de laagte en de natuurlijke drempels ten zuiden en ten noorden van de laagte: de drempel tussen het vennencomplex van het Stelkampsveld en de zuidelijke broekboslaagte en de drempel tussen de zuidelijke en noordelijke broekboslaagte.

Borculoseweg Noord

- In het oostelijke deel van deelgebied Borculoseweg Noord is een sterk drainerend slotenstelsel aanwezig. Met dit stelsel wordt de oostelijke laagte van dit deelgebied ontwaterd. Ook de diepe sloot aan de noordzijde van de Borculoseweg behoort tot dit stelsel. De afvoer van het stelsel geschiedt in noordelijke richting via een duiker onder de Enteldijk. Ook de afvoersloot ten noorden van de Enteldijk is diep en sterk drainerend.
- Verder is in de bosstrook langs de Enteldijk een diepe sloot aangetroffen. De oostelijke helft hiervan maakt deel uit van het afvoerstelsel van de oostelijke laagte. De westelijke helft doorsnijdt een dekzandrug met hierop ook bebouwing aan de noordzijde van de Enteldijk. Deze sloot heeft twee afvoerpunten: naar de Oude Beek in westelijke richting en via de duiker onder de Enteldijk in noordelijke richting.
- Op de oostgrens van het graslandperceel in het westen van het deelgebied (dus ten oosten van tpb2) is een verland slootje aanwezig, dat via een duiker onder het wandelpad en een klein loopje afwatert op de Oude Beek.
- Op de grens met het externe landbouwgebied aan de westzijde ligt geen sloot. In dit gebied liggen wel twee oost-west georiënteerde slootjes die in westelijke richting afwateren op de 'Zijtak Oude Beek'.
- In het zuidelijke en westelijke deel van deze noordelijk broekboslaagte is een rabattenstelsel aanwezig. In de rest van de laagte ontbreken rabatten. Wel is in het oostelijke deel van de laagte een boogvormige wal aanwezig met hierlangs aan weerszijden sterk verlande sloten. Deze sloten wateren in de noordpunt van de laagte af op de Oude Beek.
- Op de rand van de noordelijke broekboslaagte ligt alleen aan de zuidzijde een sloot van enige betekenis. Deze sloot draineert tot diep in het voorjaar kwelwater. De sloot watert in westelijke richting af op de Oude Beek. De overige (voormalige) landbouwgronden rond de laagte worden ontwaterd met behulp van de Oude Beek en de hieraan gekoppelde laagte.
- De Oude Beek is door het westelijke deel van de laagte en vervolgens door de natuurlijke afvoerdrempel van de laagte heen gegraven. In de wintersituatie ligt het waterpeil in de laagte direct aan of hooguit vlak boven maaiveld, en het beekpeil ligt dan iets (1 dm) onder het peil in de rest van de laagte. In het voorjaar stroomt de laagte via de Oude Beek (en tot op zekere hoogte ook via de twee sloten langs de boogvormige wal) tot op behoorlijk laag niveau leeg.

3.3 Ecohydrologische dwarsprofielen

(zie figuren 3.1a, b en c)

Bodemopbouw

- Bij het plaatsen van de tijdelijke peilbuizen is tot op de einddiepte van de boringen (3 à 4 meter -mv) hoofdzakelijk zeer fijn tot matig fijn zand met hierin laagjes (zwak tot sterk) lemig zand aangetroffen.
- In de twee broekboslaagten is aan de oppervlakte een veenlaag van veelal 0,5 à 0,8 meter en maximaal circa 1,0 meter aanwezig, met hieronder een gyttja van enkele decimeters tot maximaal circa 1,0 meter. De gyttja is een meerbodemafzetting en bestaat uit een slappe laag kleiig, uiterst fijn zand met hierin ook een hoog gehalte aan organische bestanddelen.
- De veenlaag en de gyttja vormen tezamen een semi-weerstandsbiedende laag. Onder de vennen in het Stelkampsveld is een zandbodem aangetroffen, die vrijwel geen weerstand biedt.
- Met uitzondering van de (hogere) dekzandruggen is de bodem in het projectgebied al vanaf een diepte van doorgaans 2 à 3 meter kalkrijk. In de

broekboslaagten beginnen de kalkrijke afzettingen nog ondieper, namelijk al vanaf 1 meter, met de hier aanwezige zeer kalkrijke gyttja.

- In het oostelijke deel van dwarsprofiel C-C' is ter plaatse van Bo20 een gedempt ven aangetroffen (voor afleiding / nadere beschrijving: zie paragraaf 3.4).
- De overgangen van de broekboslaagten naar de aangrenzende (voormalige) landbouwgronden zijn meestal abrupt en plaatselijk zijn hier langs de randen van de (voormalige) landbouwgronden ook sporen van ophoging aangetroffen (zie voor verdere toelichting: paragraaf 3.4).
- In het zuidelijke en westelijke deel van de noordelijke laagte is de natuurlijke bodemopbouw verstoord door de aanleg van rabatten.

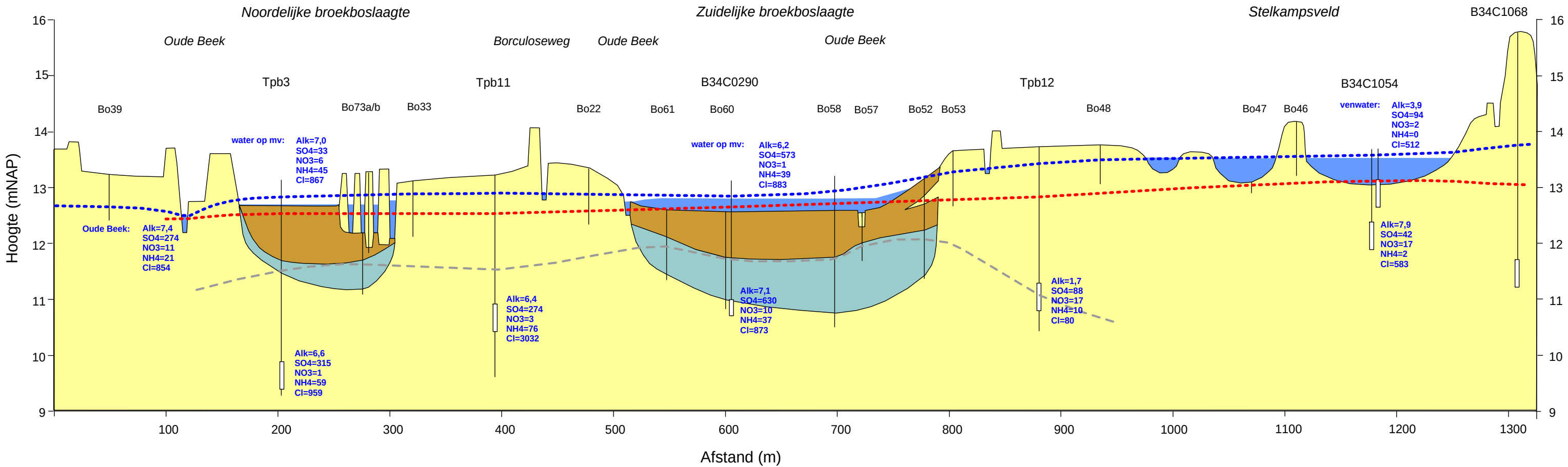
Ecohydrologisch functioneren (zie dwarsprofielen, figuren 3.1a, b en c)

- Onder invloed van de opbollende grondwaterspiegel in de dekzandruggen treedt in de vennen van het Stelkampsveld en beide broekboslaagten in de wintersituatie en ook in het vroege voorjaar kwel op. De kwel in de vennen van het Stelkampsveld is (ondanks de beperkte weerstand van de venbodems) relatief licht en de kwel in de broekboslaagten is (ondanks de semi-weerstandsbiedende werking van de veenlaag en gyttja) relatief sterk. De sterke kwel in de broekboslaagten hangt deels samen met de lage natuurlijke positie in het hydrologische systeem, maar wordt nu aanzienlijk versterkt door de ontwatering van de laagten via de Oude Beek: door het onnatuurlijk lage peil is de overdruk ten opzichte van het grondwater relatief groot en dus de kwel relatief sterk.
- Onder invloed van de kalkrijke afzettingen in de ondergrond is het kwelwater sterk gebufferd / basenrijk (zie dwarsprofiel A-A': alkaliniteit = 7,9 meq/l ter plaatse van B34C1054, 7,1 meq/l ter plaatse van B34C0290 en 6,6 meq/l ter plaatse van Tpb3). Vooral het grondwater onder de zuidelijke broekboskom heeft een aanzienlijke sulfaatconcentratie (630 $\mu\text{mol/l}$). Ter plaatse van de voedingsgebieden aan weerszijden van deze laagte zijn als gevolg van bemesting (behalve verhoogde chlorideconcentraties) zeer hoge nitraatconcentraties gemeten (1158 $\mu\text{mol/l}$ ter plaatse van Tpb7 en 1673 $\mu\text{mol/l}$ ter plaatse van Tpb9), in combinatie met juist lage sulfaatconcentraties. Dit wijst erop dat er in relatie tot de uitspoeling van nitraat verrijking van het grondwater optreedt met sulfaat als gevolg van pyrietoxidatie.
- De sulfaatconcentratie van het grondwater onder de noordelijke broekboslaagte is beduidend lager (315 $\mu\text{mol/l}$). Het grondwater in het voedingsgebieden aan weerszijden van de laagte is hier ook veel minder nitraatrijk (14 $\mu\text{mol/l}$ ter plaatse van de met bos begroeide dekzandrug met Tpb1 en 590 $\mu\text{mol/l}$ ter plaatse van de in landbouwkundig gebruik zijnde dekzandrug met Tpb4), waardoor hier de sulfaatverrijking als gevolg van pyrietoxidatie onder invloed van uitspoeling van nitraat een geringere rol lijkt te spelen.
- In dwarsprofiel C-C' is te zien dat er in het Prikkenveld geen interne drainerende sloten aanwezig zijn. Het slootje op de westgrens van het projectgebied (ofwel op de grens met het verder westelijk gelegen landbouwgebied) heeft wel een drainerende werking. Dit geldt ook voor de sloot ten noorden van de akker in het westen van het Prikkenveld (maar deze sloot ligt niet in de raai van het dwarsprofiel).
- In dwarsprofiel B-B' is te zien dat in het noordelijke deel van het projectgebied (deelgebied Borculoseweg Noord) wel sterk drainerende interne sloten aanwezig zijn, namelijk in de oostelijke laagte van dit deelgebied. Getuige de hoge alkaliniteit van het bemonsterde water van de afvoersloot van deze laagte (namelijk 6,7 meq/l: zie dwarsprofiel B-B') betreft het hierbij sterk gebufferd / basenrijk grondwater. Dit is niet alleen ongunstig voor de betreffende laagte zelf, maar tevens voor de kwelwatervoeding van niet alleen de noordelijke maar ook de zuidelijke broekboskom. Door de drainerende werking van het slotenstelsel

wordt de opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandrug ten zuiden van de Borculoseweg namelijk gereduceerd en deze dekzandrug vormt een belangrijk intrekgebied voor de zuidelijke broekboslaagte.

- Door de ontwatering van de laagten via de Oude Beek is het waterpeil in beide broekboslaagten laag. In de noordelijke laagte ligt ook in de winter het waterpeil niet of nauwelijks boven maaiveld en in de loop van het voorjaar stroomt de laagte (vooral) via de Oude Beek tot op behoorlijk laag niveau leeg. In samenhang hiermee treedt mineralisatie van de veenbodem op waardoor er veel voedingsstoffen vrijkomen. Ook door inspoeling / afspoeling van voedingsstoffen vanuit de landbouwgronden rond de laagte treedt verrijking met voedingsstoffen (ofwel eutrofiëring) op. In een groot deel van de laagte is Elzenhakhout aanwezig, met veel dood hout op de bodem, wat eveneens een bijdrage kan leveren aan de eutrofiëring van de laagte. In samenhang met de eutrofe omstandigheden is in deze laagte een zeer productieve en ruige ondergroei aanwezig, met veel Riet en Grote Braam. Dankzij de sterke voeding met basenrijk kwelwater komen met name in het centrale deel (zonder rabatten) in combinatie hiermee echter ook op diverse plekken wel soorten voor van goed ontwikkeld Elzenbroekbos, zoals Elzenzegge, Gele lis, Waterviolier en grote zeggen. In de delen met rabatten is een nog ruigere ondergroei van vrijwel uitsluitend Grote Braam aanwezig en bestaat de boomlaag veelal uit berk in plaats van els.
- In de zuidelijke laagte ligt het waterpeil in het centrale deel in de wintersituatie boven maaiveld (en met waterdiepten van 2 à 3 dm ook in aanzienlijke mate). In het centrale deel is onder invloed van de zeer natte omstandigheden en de sterke kwel een goed ontwikkeld Elzenbroekbos tot ontwikkeling gekomen, met veel Waterviolier, grote zeggen en Gele lis in de ondergroei. De aanzienlijke sulfaatconcentratie van het kwelwater lijkt (onder de huidige omstandigheden) dus geen interne eutrofiëringsproblemen te veroorzaken. In een zone rondom dit zeer natte centrale deel ligt de (dunne) veenlaag die hier aanwezig is vaak in de winter al droog of valt deze in de loop van het voorjaar snel droog. Zodoende treedt hier sterke mineralisatie op van de veenbodem, waardoor in sterke mate voedingsstoffen beschikbaar zijn en er rond de goed ontwikkelde kern van het Elzenbroekbos een zone met een zeer ruige ondergroei van voornamelijk Grote braam aanwezig is.
- Vanuit het oosten en noordwesten kan ook inspoeling / afspoeling van voedingsstoffen plaatsvinden vanuit de aangrenzende (voormalige) landbouwgronden, maar aan de west- en zuidwestzijde wordt de laagte begrensd door een met bos begroeide dekzandrug, die fungeert als een buffer naar de verder westelijk gelegen akker. Toch is ook aan deze zijde een zeer ruige vegetatie met veel Grote Braam in de ondergroei aanwezig, wat erop wijst dat (ook) de mineralisatie van de veenbodem een belangrijke rol speelt in het eutrofiëringsprobleem.
- Met name langs de randen van beide laagten maar ook in de oostelijke laagte van deelgebied Borculoseweg Noord en de westelijke uitloper van de noordelijke broekboslaagte zijn er hoge potenties voor herstel / ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuur.

Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'



Legenda

- = open water (situatie 17-3-2017)
- = veen
- = gyttja
- = zand
- = sterk humeus zand (oude venbodem)

- = (grond)waterspiegel op 17-3-2017 (bij benadering GVG-situatie)
- = (grond)waterspiegel op 18-7-2017 (bij benadering GLG-situatie)
- = bovengrens kalkrijke afzettingen

- Alk=6,2** = alkaliniteit (meq/l)
- SO4=573** = sulfaat (μmol/l)
- NO3=1** = nitraat (μmol/l)
- NH4=39** = ammonium (μmol/l)
- Cl=883** = chloride (μmol/l)

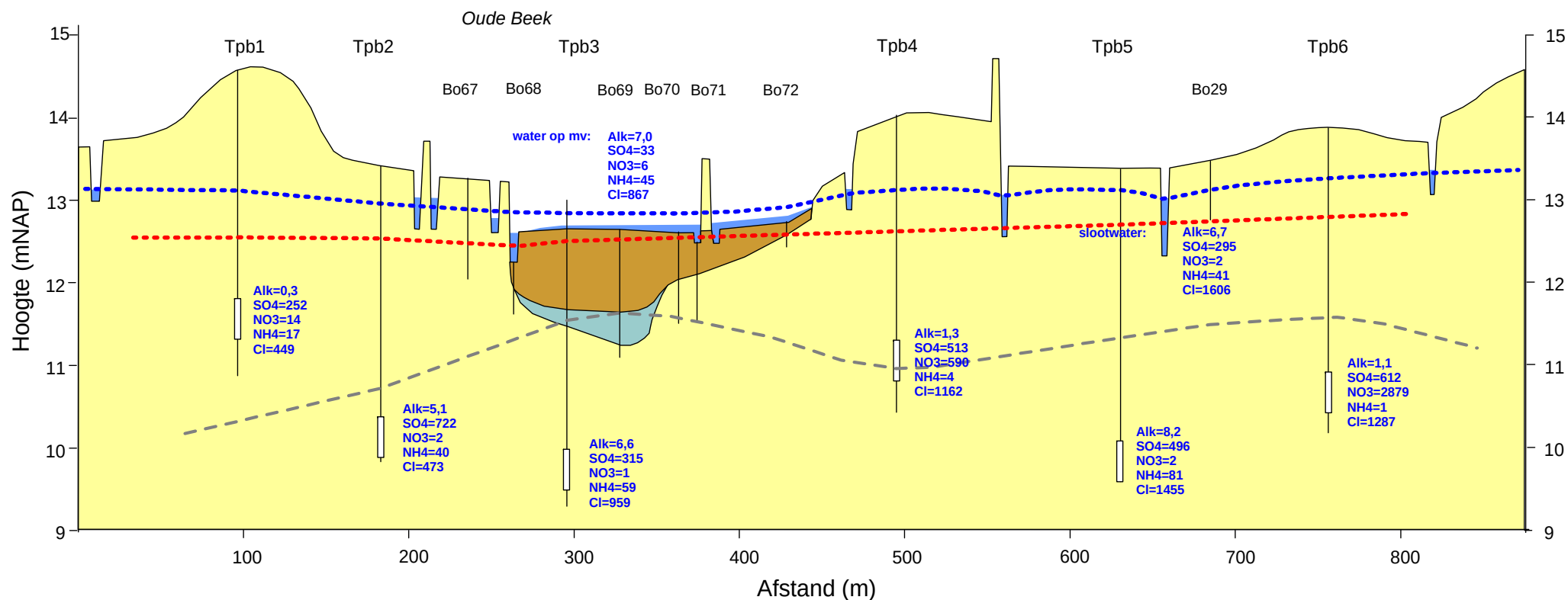
- = boorpunt /
- = tijdelijke peilbuis /
- = permanente peilbuis

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 3.1a Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'

Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'

Noordelijke broekboslaagte



Legenda

- = open water (17-3-2017)
- = veen
- = gyttja
- = zand
- = sterk humeus zand (oude venbodem)

- = (grond)waterspiegel op 17-3-2017 (bij benadering GVG-situatie)
- = (grond)waterspiegel op 18 juli 2017 (bij benadering GLG-situatie)
- = bovengrens kalkrijke afzettingen

- Alk=6,2** = alkaliniteit (meq/l)
- SO4=573** = sulfaat (μmol/l)
- NO3=1** = nitraat (μmol/l)
- NH4=39** = ammonium (μmol/l)
- Cl=883** = chloride (μmol/l)

- Bo16 Tpb2 B34C0290
- = boorpunt /
- tijdelijke peilbuis /
- permanente peilbuis

Bell Hullenaar

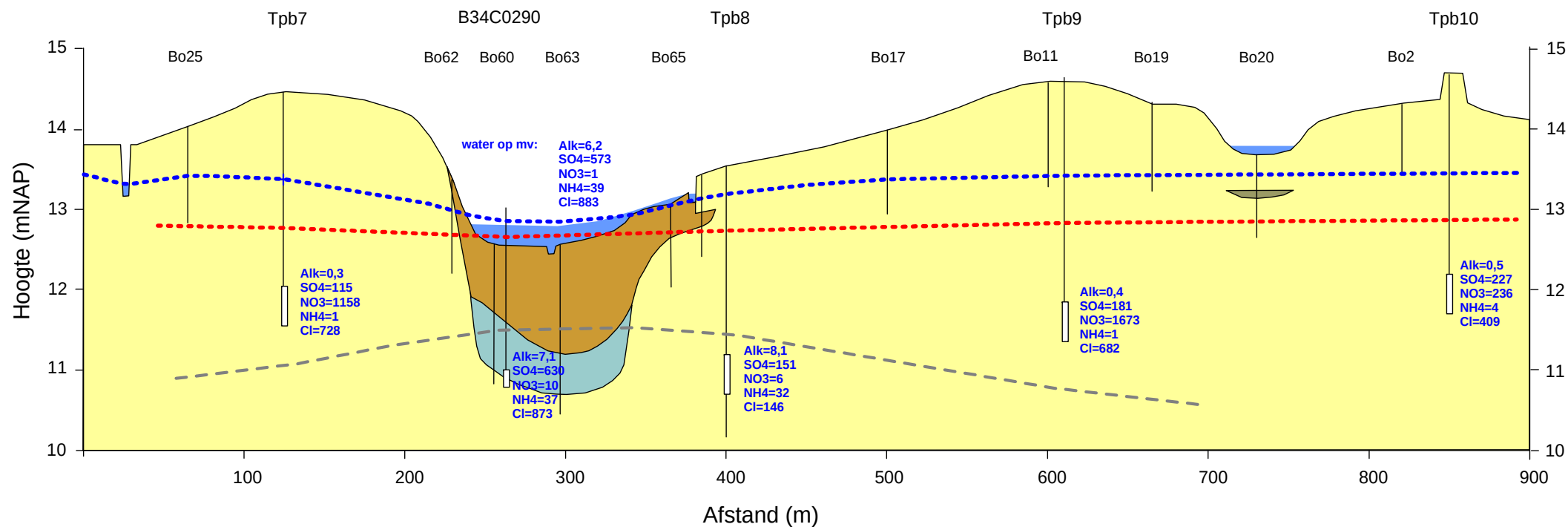
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 3.1b Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'

Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'

Zuidelijke broekboslaagte

Gedempt ven



Legenda

- = open water (17-3-2017)
- = veen
- = gyttja
- = zand
- = sterk humeus zand (oude venbodem)

- = (grond)waterspiegel op 17-3-2017 (bij benadering GVG-situatie)
- = (grond)waterspiegel op 18 juli 2017 (bij benadering GLG-situatie)
- = bovengrens kalkrijke afzettingen

- Alk=6,2** = alkaliniteit (meq/l)
- SO4=573** = sulfaat ($\mu\text{mol/l}$)
- NO3=1** = nitraat ($\mu\text{mol/l}$)
- NH4=39** = ammonium ($\mu\text{mol/l}$)
- Cl=883** = chloride ($\mu\text{mol/l}$)

Bo16 Tpb2 B34C0290

- = boorpunt /
- tijdelijke peilbuis /
- permanente peilbuis

Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 3.1c Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'

3.4 Resultaten onderzoek bodemopbouw voormalige landbouwgronden

De belangrijkste resultaten zijn weergegeven op de kaarten van figuur 3.2 (met topografie als ondergrond) en figuur 3.3 (met hoogteligging als ondergrond). Op deze kaarten zijn per boorlocatie de bouwvoordikte en de diepte van de onderzijde van de (eventueel aanwezige) geroerde laag onder de bouwvoor. Bovendien is met kleurmarkeringen aangegeven waar ondiep in de bodem ($< 0,5$ m -mv) lemige zandlagen zijn aangetroffen en waar duidelijke sporen van ophoging zijn waargenomen. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 4.

Ook bij de boringen voor het in kaart brengen van de ondiepe bodemopbouw in de voormalige landbouwgronden is overwegend zeer fijn tot matig fijn zand aangetroffen, dat meestal leemarm (of hooguit zeer zwak lemig) is. Op 8 (van de 44) locaties is echter (zwak) lemig zand aangetroffen (zie oranje markeringen op de kaarten). Op 5 van deze locaties betreft het hierbij de toplaag, ofwel 0 tot 20 à 30 cm -mv (Bo8, Bo16, Bo22, Bo30, Bo42 en Tpb2). Op de andere 3 plekken betrof het de laag (direct) onder de toplaag, vanaf 30 à 35 cm -mv (Bo25, Bo26 en Tpb5).

De bouwvoordikte loopt veelal uiteen van 20 tot 30 cm. Soms is een iets dunnere bouwvoor (van 10 à 15 cm) aangetroffen, namelijk direct ten oosten van de noordelijke broekboslaagte. Soms is een iets dikkere bouwvoor aangetroffen (van 35 à 40 cm), namelijk ter plaatse van de akker in de zuidwesthoek van het projectgebied en het grasland in de noordwesthoek.

Ter plaatse van de voormalige landbouwgronden zijn op 5 locaties kenmerken van ophoging waargenomen (zie gele markeringen op de kaarten). Het gaat hierbij om een geroerde laag onder de bouwvoor (dit is in combinatie met de bouwvoor de ophogingslaag) met hieronder (restanten van) de oorspronkelijke toplaag van de bodem. Deze omstandigheden zijn op de volgende locaties aangetroffen:

- Aangrenzend op de noordelijke broekboslaagte op locaties Bo33 en Bo40.
- Aangrenzend op de zuidelijke broekboslaagte op locatie Bo14.
- Op locatie Bo20, aangrenzend op het met Wilgenstruweel begroeide venrestant in het gebied van Staatsbosbeheer.
- Ter plaatse van Bo31 en Bo41 elders in deelgebied Borculoseweg Noord.

Met uitzondering van locatie Bo14 is de oorspronkelijke toplaag echter nergens in ongestoorde vorm waargenomen, maar in verbrokkelde vorm, wat erop wijst dat de oorspronkelijke toplaag is verstoord door het uitvoeren van ploegwerkzaamheden (vooruitlopend op de ophoging).

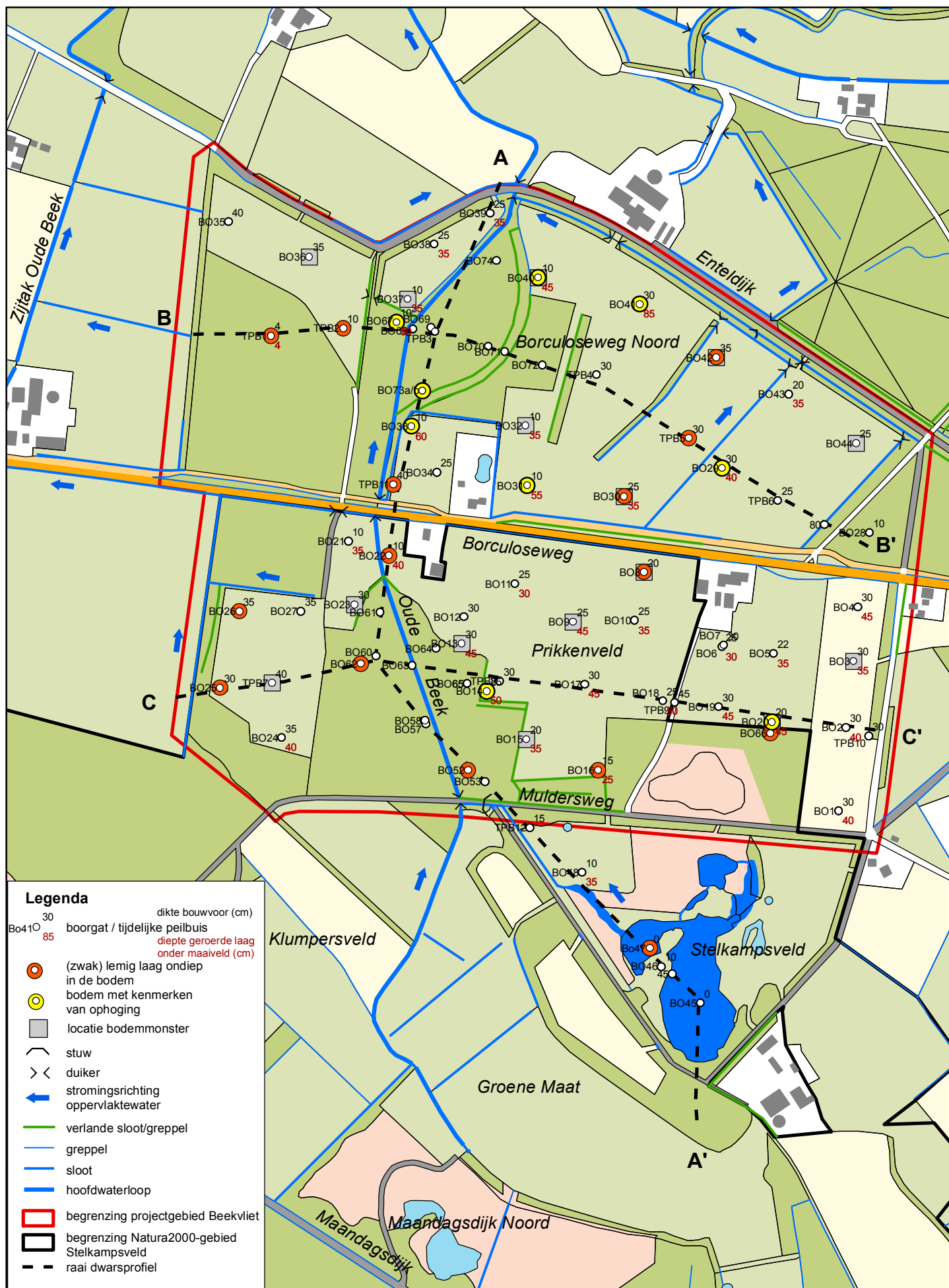
Ook in het met Wilgenbroek begroeide venrestant ten zuiden van Bo20 is een boring uitgevoerd (Bo66) en hier is (onder een dun organisch sliblaagje) aan de oppervlakte een laagje sterk humeus, lemig zand aangetroffen, ofwel een venbodem. Deze waarneming, de bodemopbouw ter plaatse van Bo20 en het abrupte hoogteverschil op de overgang naar het landbouwgebied vormen de bevestiging dat het hier inderdaad gaat om een gedeeltelijk gedempt ven.

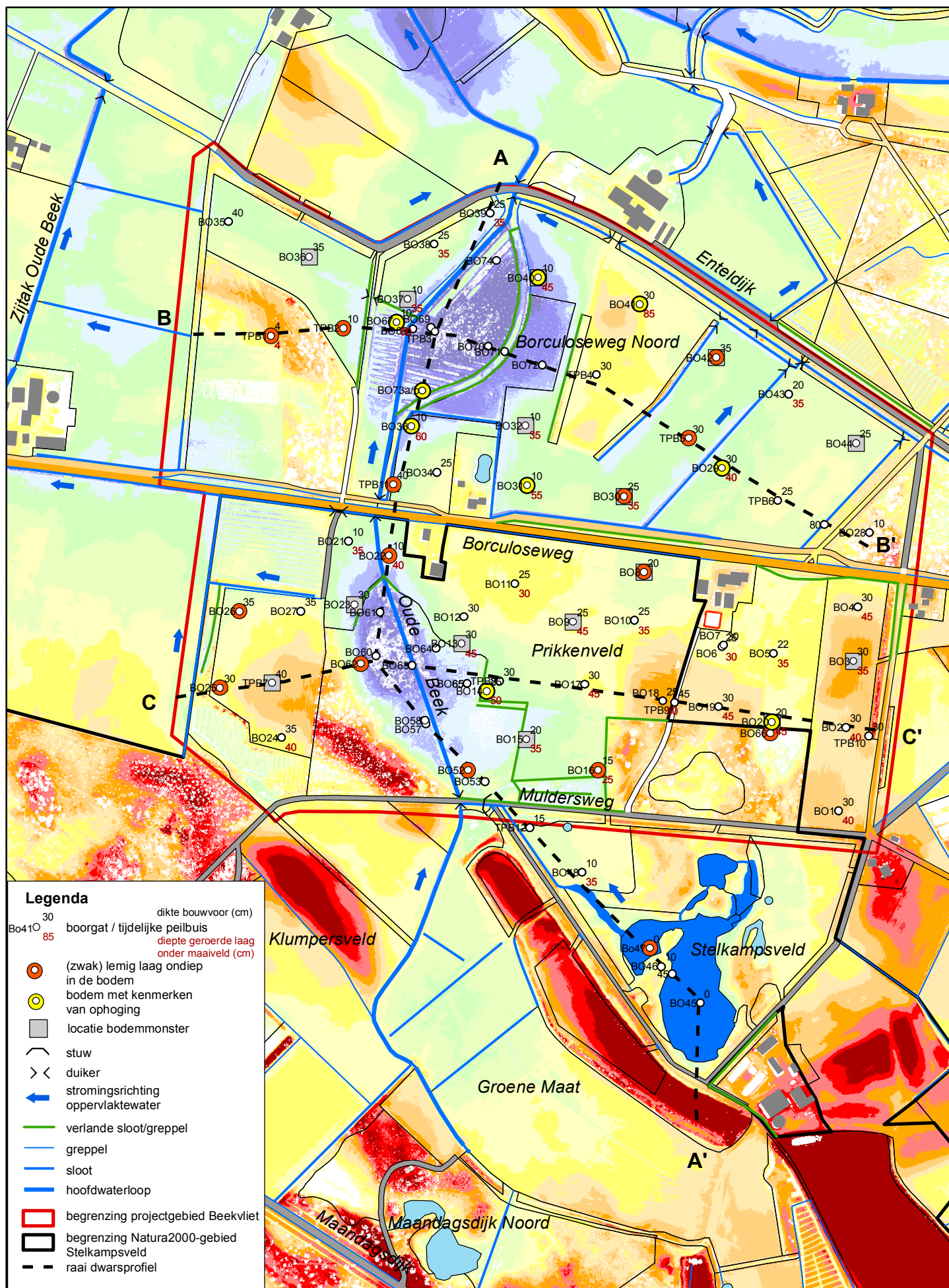
Het slechts op 5 locaties aantreffen van (min of meer) duidelijke kenmerken van ophoging in de bodemopbouw sluit niet uit dat ook elders (lage delen) zijn opgehoogd. Ook bij het uitsluitend aanwezig zijn van een geroerde laag onder de bouwvoor (dus zonder dat er sporen zijn waargenomen van de oorspronkelijke toplaag) kan sprake zijn van ophoging, maar is dit niet herkenbaar omdat door het uitvoeren van ploegwerkzaamheden de oorspronkelijke toplaag is vernietigd en vermengd met de ophogingslaag. Zo is in de zone direct rond de beide broekboslaagten op bijna alle overige boorlocaties onder de bouwvoor (tot op een diepte van 35 à 45 cm -mv) een

geroerde laag aangetroffen en dit gaat hier ook gepaard met kleine maar abrupte overgangen in het maaiveldsverloop (van enkele decimeters) op de grenzen van de voormalige landbouwgronden en de laagten. Ofwel: ook elders heeft nabij de overgangen naar de broekboskommen waarschijnlijk ophoging plaatsgevonden.

Op de kaart is te zien dat ook op andere plekken tot op een diepte van 35 à 45 cm vaak een geroerde laag onder de bouwvoor is aangetroffen. Deze geroerde laag zal vooral in de hoog gelegen delen zijn ontstaan door het uitvoeren van ploegwerkzaamheden en kan ook in andere laag gelegen delen samenhangen met ophoging van de bodem.

Ook als de mate van ophoging kleiner of gelijk is aan de bouwvoordikte dan is een eventuele (lichte) ophoging niet meer traceerbaar in de bodemopbouw. Dus ook elders kan (in samenhang met lichte egalisatie) een zekere nivellering van het reliëf hebben plaatsgevonden.





4 Synthese en conclusies

Ecohydrologisch functioneren en knelpunten

- De (uit tertiaire kleilagen bestaande) praktisch ondoorlatende hydrologische basis van het gebied ligt op 30 à 40 m -NAP en hierboven is één freatisch watervoerend pakket aanwezig van circa 50 meter dik. Het pakket bestaat vooral uit rivierzanden met hierop fluvioperiglaciale zanden en (aan de oppervlakte) dekzanden. De regionale grondwaterstroming via het watervoerende pakket is noord-noordwestelijk gericht.
- Binnen landgoed Beekvliet / Natura 2000-gebied Stelkampsveld is een fijnmazige afwisseling van dekzandruggen en laagten aanwezig. Door de aanleg van waterlopen zijn de laagten aaneengeregen en lijken ze op beekdalen. Dit is ook het geval bij de Oude Beek (ofwel de hoofdwaterloop waarlangs de afwatering van het grootste deel van het Natura 2000-gebied en ook het projectgebied plaatsvindt): de waterloop is dwars door een serie van laagten en hiertussen gelegen dekzandruggen heen gegraven.
- In het Natura 2000-gebied en ook in het projectgebied treedt (vooral) in de winter kwel op. In de huidige situatie treedt het kwelwater met name uit in de (hoofd)waterlopen, niet alleen in de Oude Beek maar ook de hoofdwaterlopen in de omgeving (Visserij en Afwatering van Schuurman).
- In het projectgebied zijn twee diepe laagten aanwezig en beide laagten staan in open verbinding met de Oude Beek. In beide laagten is een veenbodem aanwezig met hieronder een gyttja, ofwel een meerbodemaafzetting. De gyttja is zeer kalkrijk.
- Onder invloed van de 's-winters opbollende grondwaterspiegel in de dekzandruggen en extra gestimuleerd door de lage oppervlaktewaterpeilen (vanwege de koppeling van de laagten aan de Oude Beek) treedt in beide laagten sterke kwel op. Het betreft hierbij basenrijke kwel. Het betreft hierbij (voornamelijk) ondiepe kwel vanuit de lokale systemen. Omdat er sprake is van één watervoerend pakket staan deze lokale systemen wel in direct contact met het regionale systeem, en via deze weg kunnen aantastingen van het systeem in de omgeving dus ook in sterke mate doorwerken in het gebied.
- Onder invloed van de sterke voeding met basenrijk kwelwater, en ondanks het matig sulfaathoudend karakter hiervan, is in het zeer natte, centrale deel van de zuidelijke laagte een prachtig Elzenbroekbos tot ontwikkeling gekomen.
- Vanwege het lage peil ligt de (dunne) veenlaag van de rand van de laagte echter vrijwel permanent droog, waardoor hier sterke mineralisatie van de veenbodem optreedt en dus in sterke mate voedingsstoffen vrijkomen. Zodoende is rond de goed ontwikkelde kern een zone met zeer ruige ondergroei van Grote braam aanwezig. In combinatie hiermee kan ook inspoeling / afspoeling van voedingsstoffen (vanuit de cultuurgronden ten oosten en noordwesten) een rol spelen in het eutrofiëringsprobleem.
- Het lage peil van de zuidelijke broekboslaagte is ook ongunstig voor het ecohydrologisch functioneren van Stelkampsveld s.s.: de laagte trekt immers in versterkte mate basenrijk kwelwater aan en dit gaat ten koste van kwelwatervoeding van de direct nabij gelegen laagten in het Stelkampsveld.
- Ook de noordelijke laagte wordt in sterke mate gevoed met basenrijk kwelwater, en ook hier komen veel soorten van goed ontwikkeld Elzenbroekbos voor. Toch maakt dit als hakhout beheerde bos, gezien het voorkomen van veel Riet en Grote braam, een behoorlijk ruige indruk. Dit komt vooral doordat de laagte in de loop van het voorjaar via de Oude Beek tot op laag niveau leegstroomt, waardoor de veenbodem in de loop van het voorjaar snel droogvalt. Hierdoor treedt (ook hier) mineralisatie van de veenbodem op waardoor er veel voedingsstoffen uit de veenbodem kunnen vrijkomen. Ook door inspoeling / afspoeling van voedingsstoffen vanuit de landbouwgronden rond de laagte treedt verrijking met

voedingsstoffen op. Daarnaast wordt de verruiging mogelijk ook gestimuleerd door het niet afvoeren van het vrijkomende hout bij het uitvoeren van het hakhoutbeheer. Ook zijn in een deel van de noordelijke laagte rabatten aangelegd. Dit betekent een ernstige verstoring van geomorfologie en veel drogere omstandigheden vanwege de ophoging van de bodem, waardoor hier een Berkenbos met ruige ondergroei van Grote braam aanwezig is (in plaats van Elzenbroekbos).

- In het oostelijke deel van deelgebied Borculoseweg Noord is een wat minder diepe laagte aanwezig. Ook deze laagte wordt gevoed met basenrijk kwelwater, maar vanwege de sterk drainerende werking van het hier aanwezige diepe slotenstelsel is het kwelwater in de huidige situatie niet in staat de toplaag van de bodem te bereiken. De diepe ontwatering is niet alleen ongunstig voor de betreffende laagte zelf, maar heeft ook negatieve invloed op het ecohydrologisch functioneren van beide broekboslaagten. Door de drainerende werking van het slotenstelsel worden de opbollingen van de grondwaterspiegels in de dekzandruggen ten westen en ten zuidwesten van de laagte namelijk gereduceerd en dit betekent een vermindering van de grondwatervoeding vanuit deze dekzandruggen naar beide broekboslaagten.

Bodemkundige en bodemchemische situatie

- In het oostelijke deel van het Prikkenveld is op de grens van de cultuurgrond naar het ten zuiden hiervan gelegen bosgebied een half gedempt vennetje aanwezig: het binnen de cultuurgrond gelegen noordelijke deel is opgehoogd met een zandlaag van circa een halve meter.
- Ook rondom beide broekboslaagten en in de oostelijke laagte van deelgebied Borculoseweg Noord zijn kenmerken aangetroffen van ophoging: er zijn op de grenzen van de cultuurgronden naar de broekbossen abrupte overgangen aanwezig in het verloop van de maaiveldshoogte, onder de bouwvoor is meestal (tot op een diepte van 35 à 45 cm -mv) een geroerde laag aangetroffen en op enkele plekken zijn (op circa een halve meter -mv) restanten van de oorspronkelijke toplaag aangetroffen.
- Door de ophogingen zijn de natuurlijke geleidelijke overgangen rond beide broekboslaagten verdwenen en de opgehoogde gordels zijn (in samenhang met het lage peil in beide laagten) ook gaan functioneren als infiltratiegebiedjes (in plaats van zones met periodieke kwel of althans aanrijking met basenrijk grondwater capillaire nalevering). Zodoende is de bodem hier nu hooguit matig calcium / ijzerrijk (zie resultaten van bodemchemisch onderzoek).
- In de laagte in het oostelijke deel van deelgebied Borculoseweg Noord is de bodem wel zeer ijzerrijk en sterk gebufferd.
- De toplaag van de cultuurgronden (bouwvoor en vaak ook de geroerde laag hieronder) is sterk verrijkt met fosfaat en dus ongeschikt voor de ontwikkeling van soortenrijke schrale vegetatietypen. Door middel van een afgraving van 20 à 40 cm (soms in combinatie met een aanvullend verschrallingsbeheer) kunnen P-gelimiteerde omstandigheden worden gecreëerd.

Herstelmogelijkheden

- Voor het leveren van een optimale bijdrage aan het herstel van het hydrologische systeem van het Stelkampsveld en herstel van het hydrologische systeem van het projectgebied zelf dient in de eerste plaats de drainerende werking van de Oude Beek en de hieraan gekoppelde laagten te worden verminderd.
- Lastig hierbij is de aanwezigheid van de goed ontwikkelde kern in de zuidelijke laagte: niet verzuipen. Dus peil niet te snel / niet te sterk verhogen, er moet ook wel kwel blijven optreden, anders geen doorstroming.
- Voor een goed systeemherstel dient ook het slotenstelsel in de oostelijke laagte van deelgebied Borculoseweg Noord te worden gedempt. Dit is niet alleen belangrijk voor herstel van de laagte zelf maar ook voor een goed herstel van de grondwatervoeding van beide broekboslaagten vanuit de dekzandruggen die nu door de oostelijke laagte worden gedraineerd.
- Gezien de geringe dikte van de fosfaatrijke toplaag / de fosfaatarme omstandigheden van de laag hier direct onder zijn er in het projectgebied uitstekende mogelijkheden om middels het afgraving van de toplaag een effectieve verschraling van de bodem te realiseren en dus ontwikkeling van soortenrijke, schrale vegetaties mogelijk te maken.
- Indien hierbij de natuurlijke drempels tussen de verschillende laagten worden gerespecteerd en dit ter plaatse van de dekzandruggen niet gebeurt beneden het niveau van GHG-grondwaterspiegel, gaat dit niet ten koste van het beoogde herstel van het hydrologische systeem.
- Bij het op deze wijze afgraven van de fosfaatrijke toplaag liggen er vooral kansen voor ontwikkeling van vochtig heischraal grasland en blauwgrasland. Met name in de oostelijke laagte van deelgebied Borculoseweg Noord liggen er mogelijkheden voor ontwikkeling van dotterbloemgrasland / alluviaal bos.
- De mogelijkheden voor uitbreiding van alluviaal bos rondom de huidige kernen lijken op het eerste gezicht beperkt: bodemchemisch is hier nu vooral ontwikkeling van Berkenbroekbos te verwachten. Met herstel van het hydrologische systeem zal vooral de nu sterk verdroogde broekboszone herstellen / mogelijk kleine uitbreiding hiervan in zone hieromheen.

5 Inrichtingsplan

5.1 Inleiding

- Het inrichtingsplan is opgesteld in lijn met de resultaten van de GGOR-studie (maatregelenpakket SD3) en op basis van de resultaten van het ecohydrologisch, bodemkundig en bodemchemisch vooronderzoek. Het inrichtingsplan dient als input voor het integrale inrichtingsplan voor het totale Natura 2000-gebied / natuurgebied, dat door Eelerwoude wordt uitgewerkt. Het inrichtingsplan Beekvliet kan zodoende in het grotere geheel dus gezien worden als een deelplan.
- Het deelplan heeft primair betrekking op de gronden van Natuurmonumenten tussen de Muldersweg en de Enteldijk, ofwel de zone met de gronden die voorheen eigendom waren van Leppink. In de planuitwerking wordt echter ook aangegeven welke maatregelen in het kader van het bredere planvormingsproces voorzien / gewenst zijn in de directe omgeving van het deelplangebied, om zo een goede aansluiting te garanderen tussen de verschillende deelplannen en ook omdat het noodzakelijk is om maatregelen in de omgeving te treffen om tot een goed ecohydrologisch herstel van het deelplangebied te komen. Daarbij wordt met name aandacht besteedt aan de maatregelen in het aangrenzende gebied van Staatsbosbeheer ten zuiden van het deelplangebied (zie paragraaf 5.3). Op de plankaarten zijn op globale wijze ook de waterhuishoudkundige maatregelen aangegeven die voorzien zijn ter plaatse van de landbouwgronden ten noorden en ten westen van het deelplangebied. Hierop wordt in de tekst echter niet nader ingegaan.
- Het zuidelijke deel van deelplangebied Beekvliet (ofwel het gedeelte ten zuiden van de Borculoseweg) valt binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied. Het noordelijke deel van het deelplangebied valt hierbuiten. Uit de resultaten van het vooronderzoek volgt dat het voor de realisatie van een goed systeemherstel en (hiermee) de instandhouding van het habitatype H91E0C in de zuidelijke broekboslaagte noodzakelijk is om (in samenhang met maatregelen in het zuidelijke deel) ook maatregelen in het noordelijke deel te treffen. Bovendien zijn (ook) in het noordelijke deel grote kansen aanwezig voor herstel / ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuur. Daarom is voor het complete gebied één samenhangend deelplan uitgewerkt.
- Het plan wordt in dit hoofdstuk toegelicht aan de hand van de volgende figuren:
 - o Figuur 5.1: plankaart met de topografie als ondergrond.
 - o Figuur 5.2: plankaart met de maaiveldshoogte als ondergrond.
 - o Figuur 5.3: kaart met de toekomstige oppervlaktewaterwaterhuishouding, eveneens met de hoogteligging als ondergrond.
 - o Figuur 5.4: ecohydrologische dwarsprofielen van de toekomstige situatie.
- Het concept-inrichtingsplan is ingebracht in het door Eelerwoude op te stellen VO voor het totale gebied. Het deelplan wordt op 25 oktober 2017 besproken met de betrokkenen van Natuurmonumenten en het deskundigenteam Stelkampsveld en zal vervolgens definitief worden gemaakt.

5.2 Doelstellingen en randvoorwaarden

Doelstellingen

Doelstellingen van het plan zijn:

- Het leveren van een bijdrage aan het herstel van het hydrologische systeem van het Natura 2000-gebied Stelkampsveld, met name ten behoeve van de instandhouding en kwaliteitsverbetering van de kern van het Natura 2000-gebied (Stelkampsveld s.s.) en meer specifiek de hier aanwezige ecologisch waardevolle grondwaterafhankelijke habitattypen H4010A Vochtige heiden, H6230 Heischrale graslanden, H6410 Blauwgraslanden, H7230 Kalkmoerassen, H3130 Zwakgebufferde vennen en H91E0C Beekbegeleidend bos.
- Herstel van het hydrologische systeem en optimaal herstel / ontwikkeling van met name grondwaterafhankelijke natuurtypen en ecologisch waardevolle gradiënten in het deelplangebied zelf. Het gaat hierbij om dotterbloemgrasland, blauwgrasland, heischraal grasland en een klein ven met bijhorende overgangen.

Randvoorwaarden

Voor het plan gelden de volgende randvoorwaarden:

- Behoud van voldoende drooglegging voor bebouwing en wegen.
- Behoud van het cultuurhistorisch waardevolle landschap.
- Behoud van de mogelijkheden voor recreatief gebruik van het gebied.

5.3 Plan in hoofdlijnen

- Voor instandhouding en kwaliteitsverbetering van de grondwaterafhankelijke habitattypen H4010A Vochtige heiden, H6230 Heischrale graslanden, H6410 Blauwgraslanden, H7230 Kalkmoerassen en H3130 Zwakgebufferde vennen in het aangrenzende Stelkampsveld s.s., voor instandhouding en kwaliteitsverbetering van het habitatype H91E0C Beekbegeleidend bos in de zuidelijke broekboslaagte en voor herstel / ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen binnen het deelplangebied zelf dient zowel in het deelplangebied als in de omgeving hiervan herstel van het hydrologische systeem plaats te vinden
- Voor het herstel van het hydrologische systeem in het deelplangebied worden de meeste sloten gedempt en wordt het afvoerniveau van de Oude Beek en de hieraan gekoppelde twee laagten verhoogd. Het uiteindelijke doel is hier het herstel van het natuurlijke systeem van overlooplaagten vanaf de kern van het Natura 2000 - gebied (ofwel de laagte van de Groene Maat West en laagte van het vennencomplex in het Stelkampsveld s.s.), via de overlooplaagte tussen de Muldersweg en de Borculoseweg naar de overlooplaagte ten noorden van de Borculoseweg. Vanwege het voorkomen van goed ontwikkelde delen van de Elzenbroekbossen in de kernen van beide broekboslaagten kan dit systeemherstel in beide laagten echter niet in één keer worden gerealiseerd en het is ook in de eindsituatie niet verstandig om de afvoerniveaus van de beide broekboslaagten geheel tot aan de niveaus van de natuurlijke overloopdrempels te verhogen. Dus de verhoging geschiedt hier zodoende op geleidelijke wijze en in niet al te sterke mate, zodat de broekbossen zich aan kunnen passen aan de nattere omstandigheden. Onder invloed van de voeding met kwelwater is ook een voldoende doorstroming van de moerasbossen gegarandeerd.
- Voor herstel / ontwikkeling van ecologisch waardevolle natuurtypen (dotterbloem-grasland, blauwgrasland, heischraal grasland en een vennetje) in het deelplangebied zelf dient ter plaatse van de (voormalige) landbouwgronden in kansrijke delen bovendien effectieve verschraving van de bodem plaats te vinden. In lijn met de resultaten van het bodemchemisch onderzoek wordt hiertoe de fosfaatrijke toplaag (bouwvoor en indien aanwezig ook de geroerde laag hieronder) afgegraven. Het gaat hierbij om een afgravingsdiepte die uiteenloopt van doorgaans 20 tot 40 cm. Door het meenemen van de geroerde laag wordt in zones die zijn opgehoogd automatisch de ophogingslaag verwijderd. Zodoende worden niet alleen de randen van de beide broekboslaagten optimaal hersteld, maar ook het kleine ven in het oosten van het deelgebied Prikkenveld.
- Het afgraven van de fosfaatrijke toplaag wordt alleen toegepast in de laag gelegen delen en de flanken van de laagten en niet ter plaatse van de dekzandruggen. De laag gelegen delen en flanken zijn immers het meest kansrijk voor ontwikkeling van ecologisch waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen met bijbehorende gradiënten en zodoende kan in de winter een optimale opbolling van de grondwaterspiegel en (onder invloed hiervan) een optimale voeding van de laagten met kwelwater blijven plaatsvinden. Ter plaatse van de overloopdrempels van de beide broekboslaagten kan de fosfaatrijke toplaag wel worden verwijderd: met het afgraven hiervan ontstaat namelijk precies het gewenste overloophniveau in de eindsituatie (voor nadere toelichting: zie paragraaf 5.5).
- Ook de wat minder diepe laagte in het oostelijke deel van deelgebied Borculoseweg Noord dient te worden hersteld. Dit is in de eerste plaats van belang om de huidige negatieve invloed van het diepe slotenstelsel op beide broekboslaagten weg te nemen en dus ook voor de instandhouding / kwaliteitsverbetering van het habitatype H91E0C in de zuidelijke broekboslaagte. In de tweede plaats kunnen op deze wijze de hoge potenties van de laagte zelf voor de ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen benut

worden. Hiertoe dient ook hier de fosfaatrijke toplaag (en de eventueel hieronder aanwezige geroerde laag) te worden afgegraven en dienen ook hier de resterende slootprofielen te worden gedempt.

- De bebouwing staat op hoog gelegen delen en ook de wegen liggen hoog. Zodoende zijn er goede mogelijkheden om het beoogde systeemherstel zonder (grond)wateroverlast voor de bebouwing en de wegen uit te voeren. Het is daarbij wel raadzaam om bestaande sloten / greppels langs de bebouwing en de wegen te handhaven, en deze aan te sluiten op het te herstellen oppervlaktewater-systeem van het natuurgebied: hiermee blijft enerzijds een goede ontwatering van wegen en bebouwing gewaarborgd terwijl er anderzijds de garantie is dat deze sloten /greppels het beoogde systeemherstel niet frustreren (aangezien het afvoerniveau dan nooit beneden het afvoerniveau van het stelsel in het natuurgebied zal liggen).
- Alle maatregelen worden uitgevoerd binnen het cultuurhistorisch / landschappelijk waardevolle raamwerk en ook de huidige wandelroutes blijven ongewijzigd.

In de volgende paragrafen worden de maatregelen per deelgebied in benedenstroomse richting nader uitgewerkt. Dus eerst (in paragraaf 5.4) worden de maatregelen in het aangrenzende gebied van Staatsbosbeheer behandeld en hierna (in paragraaf 5.5) de maatregelen in het deelplangebied van Natuurmonumenten.

5.4 Maatregelen aangrenzend gebied Staatsbosbeheer

Groene Maat West

- In aansluiting op het reeds ingerichte oostelijke deel en het middendeel van de Groene Maat zal ook het westelijke deel nog worden heringericht. Ook ten zuiden en ten westen hiervan worden gebieden heringericht, maar hier wordt in deze paragraaf / planuitwerking verder geen aandacht aan besteed.
- Deelgebied Groene Maat West betreft een laagte. In het kader van de eerdere planuitwerking door DLG (H. Smeenge) zijn maatregelen opgenomen voor herstel van deze laagte: de fosfaatrijke toplaag wordt afgegraven (circa 20 cm) en daar waar ophoging heeft plaatsgevonden wordt ook deze ophogingslaag verwijderd (tot maximaal 50 cm beneden huidig maaiveld). De resterende slootprofielen worden gedempt. Het dempen van de sloten is ook weergegeven op de plankaarten van figuren 5.1 en 5.1. De benodigde afgravingen zijn hierop achterwege gelaten (want de exacte begrenzing ervan is niet bekend bij Bell Hullenaar / moet volgen uit de planuitwerking door de provincie).
- Het verdient de voorkeur om hier ook de Oude Beek geheel te dempen en de natuurlijke overlooplaagte te herstellen met een afvoerniveau van (13,4 à) 13,5 mNAP. Dit is overeenkomstig het huidige afvoerniveau van de vennen in het Stelkampsveld s.s. (huidige stuwtje is weliswaar ingesteld op 13,3 mNAP maar peil in het vennencomplex in een afvoersituatie ligt op circa 13,5 mNAP). Op deze wijze wordt namelijk het beoogde systeemherstel van het direct aangrenzende Stelkampsveld s.s. op de meest verregaande wijze gerealiseerd (want zo geen onevenredig sterke afvang meer van kwelwater in de Groene Maat ten koste van het Stelkampsveld s.s.) en zo ontstaat bovendien een goede basis om een soortgelijk ecologische waardevol gradiëntenrijk gebied in de Groene Maat West zelf tot ontwikkeling te brengen. Met dit peil (van 13,5 mNAP) is de aanpak van de Oude Beek ook in de GGOR-studie (als onderdeel van maatregelenpakket SD3) al opgenomen. In de planuitwerking van DLG is echter nog uitgegaan van alleen verondieping van de Oude Beek, waarschijnlijk omdat

er destijds nog vanuit werd gegaan dat afwatering van een landbouwenclave moest blijven plaatsvinden (enclave Rood).

- Het afgraven van de fosfaatrijke toplaag is niet alleen van belang voor herstel van de laagte van Groene Maat West zelf, maar ook om te voorkomen dat bij herstel van het hydrologische systeem onder invloed van vernatting (bij het niet verwijderen van de fosfaatrijke toplaag) als gevolg van interne eutrofiëring in sterke mate fosfaat gaat vrijkomen uit de bodem en in het afvoerwater belandt. Dit afvoerwater voedt immers de beide broekboslaagten en met het herstel van het stelsel van overlooplaagten zal het afvoerwater ook meer diffuus via de broekboslaagten gaan stromen.
- Voor de aansluiting van de laagte in het westelijke deel van de Groene Maat op de zuidelijke broekboslaagte dient een nieuwe duiker onder de Muldersweg (of nog beter een voorde) te worden aangebracht (op een hoogte van 13,4 à 13,5 mNAP).

Zuidelijke Broekboslaagte

- Ook het traject van de Oude Beek dat het zuidelijke deel van de zuidelijke broekboslaagte aansnijdt kan worden gedempt: de afvoer kan hier weer op natuurlijke wijze via het verbindingsslenkje tussen de laagte van de Groene Maat en de broekboslaagte gaan plaatsvinden. De maaiveldshoogte (volgens AHN2) van dit slenkje loopt namelijk af van 13,4 direct ten noorden van de Muldersweg naar < 13,0 mNAP verder benedenstrooms.
- Het traject van de Oude Beek in de kern van het broekbos is aan het verlanden en op de bodem van de loop is een dikke laag organisch slib aanwezig. Het waterpeil ligt hier bovendien permanent boven het niveau van de oevers van de loop. Dit traject heeft zodoende geen versterkte drainerende werking meer op het kwelwater. Het traject hoeft daarom niet te worden gedempt. Vanwege de zeer natte omstandigheden en de aanwezigheid van de slappe veenbodem is demping hier overigens ook niet uitvoerbaar.
- Op een deel van de overgang naar de laagte naar de (voormalige) landbouwgrond ten oosten hiervan ligt een kleine wal. Het is wenselijk om hierin enkele (extra) doorgangen te graven, om een goede oppervlakkige afvoer te garanderen vanuit de delen waar de fosfaatrijke toplaag wordt afgegraven naar de laagte. Hiermee wordt stagnatie van neerslagwater voorkomen en de kwelwatervoeding van de laagst gelegen zone tegen het broekbos aan gestimuleerd.

Herstel afvoerslenk Stelkampsveld s.s.

- In de huidige situatie watert de laagte met het vennencomplex van het Stelkampsveld via een slootje af op de Oude Beek.
- Dit slootje ligt langs een perceel met een slenkje waarvan de bodem in het verleden is opgehoogd ten behoeve van de landbouw. Dit slenkje betreft de natuurlijke afvoer van het vennencomplex van het Stelkampsveld s.s..
- Uit het fosfaatonderzoek dat destijds (ook) voor dit perceel is uitgevoerd volgt dat de toplaag van 15 tot 25 cm fosfaatrijk is.
- In de planuitwerking van Smeenge wordt voorgesteld de fosfaatrijke toplaag / ophogingslaag hier af te graven. Hiermee kan dus gelijk het natuurlijke afvoerslenkje van het vennencomplex hersteld worden / de huidige afvoersloot gedempt worden.
- Deze maatregelen zijn (in afwachting van het overleg op 25 oktober 2017) nog niet op de plankaarten aangegeven (eerst kijken of hier consensus over is, en zo ja, samen kijken hoe we de maatregelen hier willen uitvoeren).

Herstel van heideterreintje en vennetje ten noorden van de Muldersweg

- Ten noorden van de Muldersweg ligt een klein heideterreintje. Rond de heideterreintje is enkele jaren geleden al bos verwijderd. Aanvullend hierop is het gewenst om ook het resterende bos (grotendeels) te verwijderen, met name ten behoeve van een reductie van het verdampingverlies (ofwel een verbetering van de grondwateraanvulling) en een reductie van de invang van verzurende depositie vanuit de lucht.
- In het oostelijke deel van het bos ligt een klein vennetje. De (binnen het eigendom van Natuurmonumenten gelegen) noordelijke helft van dit vennetje is gedempt. Het vennetje wordt hersteld middels het verwijderen van de ophogingslaag (in het kader van de maatregelen die in het Prikkenveld worden getroffen: zie paragraaf 5.5 en middels het verwijderen van het bos en het afschrapen van de strooisel / humuslaag in het zuidelijke deel.

5.5 Maatregelen deelplangebied Beekvliet

Herstel stelsel van overlooplaagten

- Voor het doorvoeren van de gewenste geleidelijke verhoging van de afvoerniveaus van beide broekboslaagten wordt aan de noordzijde van de noordelijke broekboslaagte (dus ter hoogte van de Enteldijk) een stuw geplaatst. Het is niet nodig om voor de zuidelijke broekboslaagte een afzonderlijke stuw te plaatsen: zowel de actuele als de gewenste afvoerniveau liggen dicht bij elkaar / het kleine verschil wordt overbrugd via het verhang dat in het systeem aanwezig is.
- Op de plankaarten is op indicatieve wijze aangegeven hoe hoog de huidige peilen in de laagten zijn in een afvoersituatie en hoe hoog de toekomstige peilen maximaal zullen worden in een afvoersituatie. Daarbij moet beseft worden dat er (vooral) in de huidige situatie in feite ook binnen de laagten zelf een zeker verhang aanwezig is. De peilen in de uitgangssituatie zijn weergegeven voor de situatie in de kernen van beide broekboslaagten ter plaatse van de Oude Beek (12,7 mNAP in de zuidelijke broekboslaagte en 12,6 m NAP in de noordelijke broekboslaagte). Vooral op de plek waar de Oude Beek de noordelijke broekboslaagte verlaat ligt het peil lager, namelijk op circa 12,3 mNAP, dus ten opzichte hiervan zal het peil verder stijgen.
- De afvoerniveaus van de broekboslaagten worden geleidelijk aan verhoogd van 12,7 à 12,6 mNAP in de huidige situatie naar maximaal 13,1 à 13,0 mNAP in de eindsituatie (terwijl het natuurlijke overloopniveau van beide laagten op circa 13,6 mNAP ligt). Bij realisatie van deze niveaus wordt in de eerste plaats de beoogde bijdrage aan het systeemherstel van het Stelkampsveld s.s. op verregaande wijze geleverd (want zo geen onevenredig sterke afvang meer van kwelwater in met name de zuidelijke broekboslaagte ten koste van het Stelkampsveld s.s.). In de tweede plaats zijn deze niveaus ook geschikt voor realisatie van het beoogde systeemherstel van het deelplangebied zelf. In de derde plaats kan bij dit peil en het op geleidelijke wijze doorvoeren van de peilverhoging het Elzenbroekbos in stand worden gehouden (peil niet te hoog / kwel en dus doorstroming blijven aanwezig) en kunnen de nu verdroogde randen van de broekbossen zich goed herstellen.
- In relatie tot de gewenste geleidelijke verhoging van het afvoerniveaus van beide broekboslaagten dient het verbindingstraject van de Oude Beek tussen de beide laagtes vooralsnog grotendeels gehandhaafd te worden (zie plankaarten).
- In samenhang met het afgraven van de fosfaatrijke top laag rond beide laagten ontstaat tussen de zuidelijke en noordelijke laagte precies het beoogde semi-

natuurlijke overloopniveau van 30,1 mNAP in de eindsituatie. Dit betekent in de eerste plaats dat ook ter plaatse van de overloophdremmel de fosfaatrijke toplaag verwijderd mag worden en in de tweede plaats dat het resterende profiel van de Oude Beek ook hier dan volledig gedempt kan worden (dit is echter niet aangegeven op de plankaarten, want geschiedt pas later).

- De duiker waarmee de Oude Beek onder de Borculoseweg door wordt geleid hoeft niet aangepast te worden. De duiker heeft namelijk een zeer ruime diameter (binnendiameter van 95 cm) en ligt bovendien voldoende hoog: in de huidige situatie ligt het waterpeil in een periode met basisafvoer slechts 14 cm boven het niveau van de instroomopening, wat dus betekent dat er nog 81 cm aan ruimte beschikbaar is, wat ruim voldoende is om de peilverhoging van circa 30 cm op te vangen zonder dat de duiker onder water komt te staan. Vanwege de afkoppeling van het bovenloopgebied en de demping van de afvoerpieken in relatie tot het ecohydrologische herstel van het gebied hoeven in de toekomst ook geen hoge piekafvoeren via de duiker meer afgevoerd te worden / is het vanuit breder perspectief gezien juist wenselijk water tijdens pieken tijdelijk vast te houden.
- Door de hydrologische herstelmaatregelen te combineren met geomorfologisch herstel kan het nu zeer ruige Elzenbroekbos op de rabatten in de noordelijke broekboslaagte worden hersteld tot een goed ontwikkeld, kwelrijk Elzenbroekbos. Het geomorfologisch herstel wordt gerealiseerd door de rabattenstelsels dicht te schuiven. Vooruitlopend hierop wordt eerst het berkenbos en de ruige ondergroei van braam van de rabatten verwijderd en de strooisellaag afgeschraapt. Het betreft hierbij niet alleen het rabattenstelsel in het zuidelijke / zuidoostelijke deel van de laagte, maar ook in het noordwestelijke deel hiervan (enkele rabatten parallel aan de Oude Beek) en de oude loop / wallen hierlangs. In samenhang met het dichtschuiven van de rabattenstelsels wordt in de laagte ook de Oude Beek gedempt. De waardevolle kern (waar geen rabatten aanwezig zijn) blijft ongemoeid.

Overige maatregelen deelgebied Prikkenveld

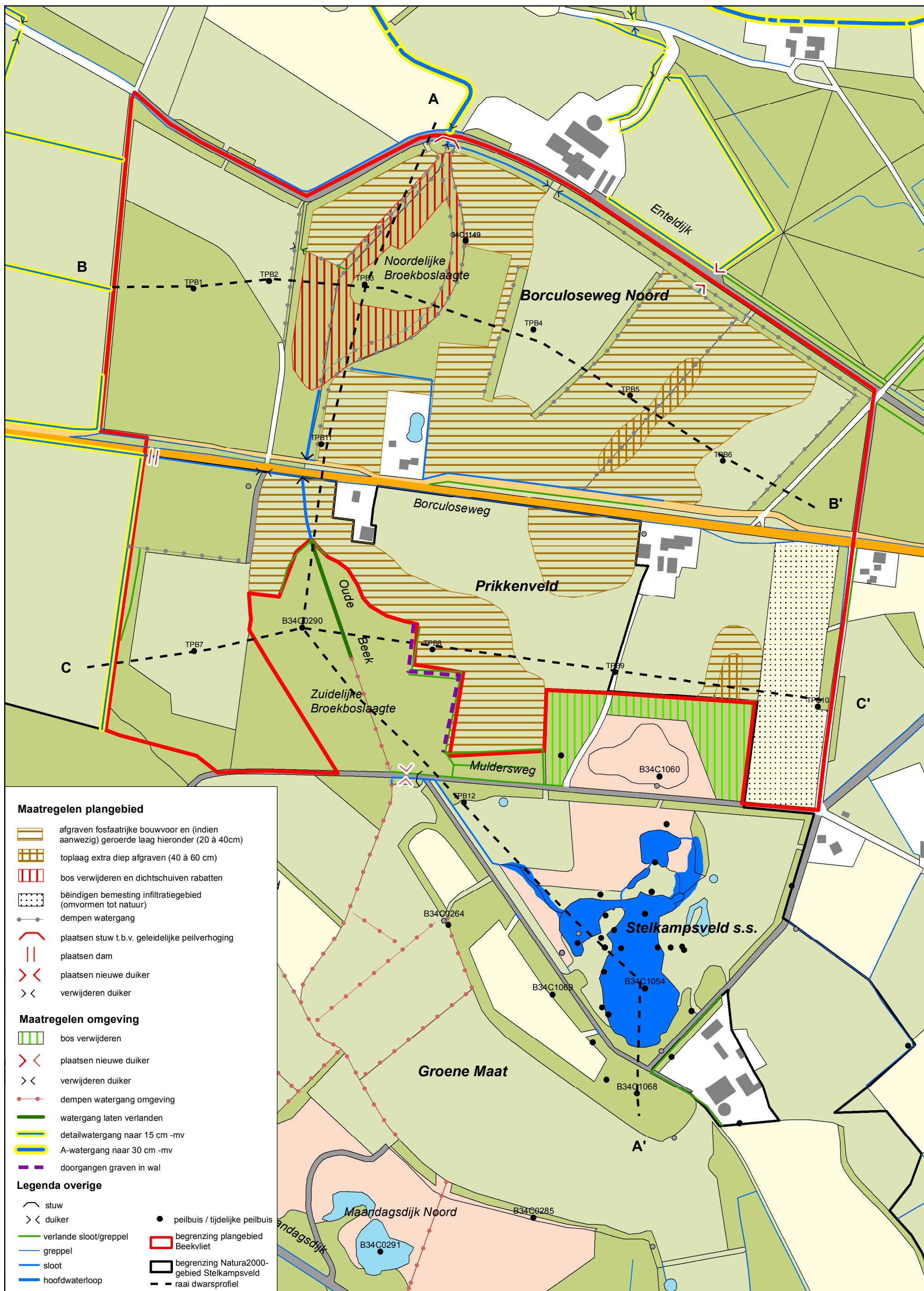
- In het Prikkenveld wordt in drie deelgebieden de fosfaatrijke toplaag (bouwvoor) en de eventueel hieronder aanwezige geroerde laag afgegraven:
 - o Zone aangrenzend op de zuidelijke broekboslaagte. Het hier verwijderen van de fosfaatrijke toplaag is niet alleen van belang voor benutting van de potenties van de betreffende zone zelf maar ook om te voorkomen dat eutrofiëring van de broekboslaagte gaat optreden onder invloed van de vernatting. Want indien de fosfaatrijke toplaag niet wordt afgegraven, dan komt dit onder invloed van de vernatting vrij uit de bodem en belandt dit via oppervlakkige afvoer in de broekboslaagte.
 - o In het oosten van het deelgebied, ten behoeve van het herstel van het kleine ven in het grensgebied van Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer, en in samenhang met verwijdering van bos / het afschrappen van de strooisellaag in het SBB-gedeelte (zie paragraaf 5.4).
 - o In een kansrijke laagte tegen de Borculoseweg aan. Deze laagte vormt een uitstulping van de omvangrijke laagte ten noorden van weg.
- Uit de resultaten van het bodemchemisch onderzoek volgt dat de laag gelegen zone rond de broekboslaagte geen hoge potenties heeft voor de ontwikkeling van beekbegeleidend bos. Op grond van het bodemchemisch onderzoek wordt verwacht dat hier alleen (ecologisch minder waardevol) berkenbroekbos tot ontwikkeling kan worden gebracht. Het is daarom beter om (ook) hier te kiezen voor ontwikkeling van nat schraalland.
- Het hoog gelegen perceel in het oostelijke deel van deelgebied Prikkenveld vormt een belangrijk infiltratiegebied voor het laagtenstelsel van het deelplangebied en het Stelkampsveld s.s. Het perceel ligt ook direct tegen het te herstellen kleine ven aan. De huidige intensieve bemesting van het perceel vormt een bedreiging

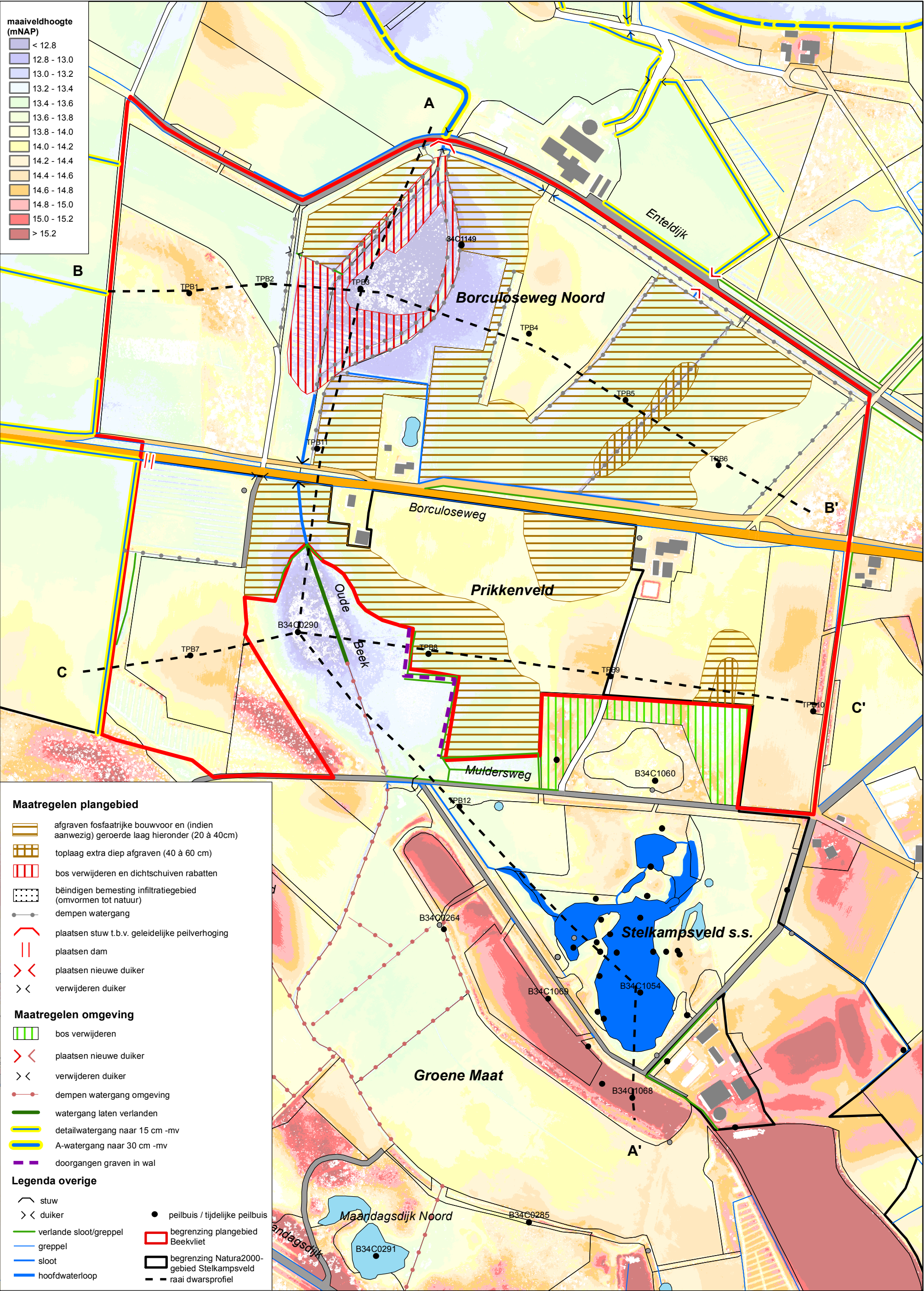
voor behoud / herstel / ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen in de laagten, en meer specifiek voor de instandhouding van de aan kwelwater gebonden habitattypen in de laagten (H6410 Blauwgraslanden, H7230 Kalkmoerassen, H3130 Zwakgebufferde vennen en H91E0C Beekbegeleidend bos). Het is daarom belangrijk de bemesting van dit perceel te beëindigen en zodoende te begrenzen als natuur (nu begrensd als landbouw). Vanwege de hoge ligging biedt het perceel (bij verwijdering van de fosfaatrijke toplaag) ook mogelijkheden voor ontwikkeling van droog heischraal grasland: een ecologisch waardevol natuurtype dat landelijk sterk is achteruit gegaan maar waarvoor in het natuurgebied Beekvliet / Stelkampsveld wel duidelijke herstel / ontwikkelingskansen aanwezig zijn.

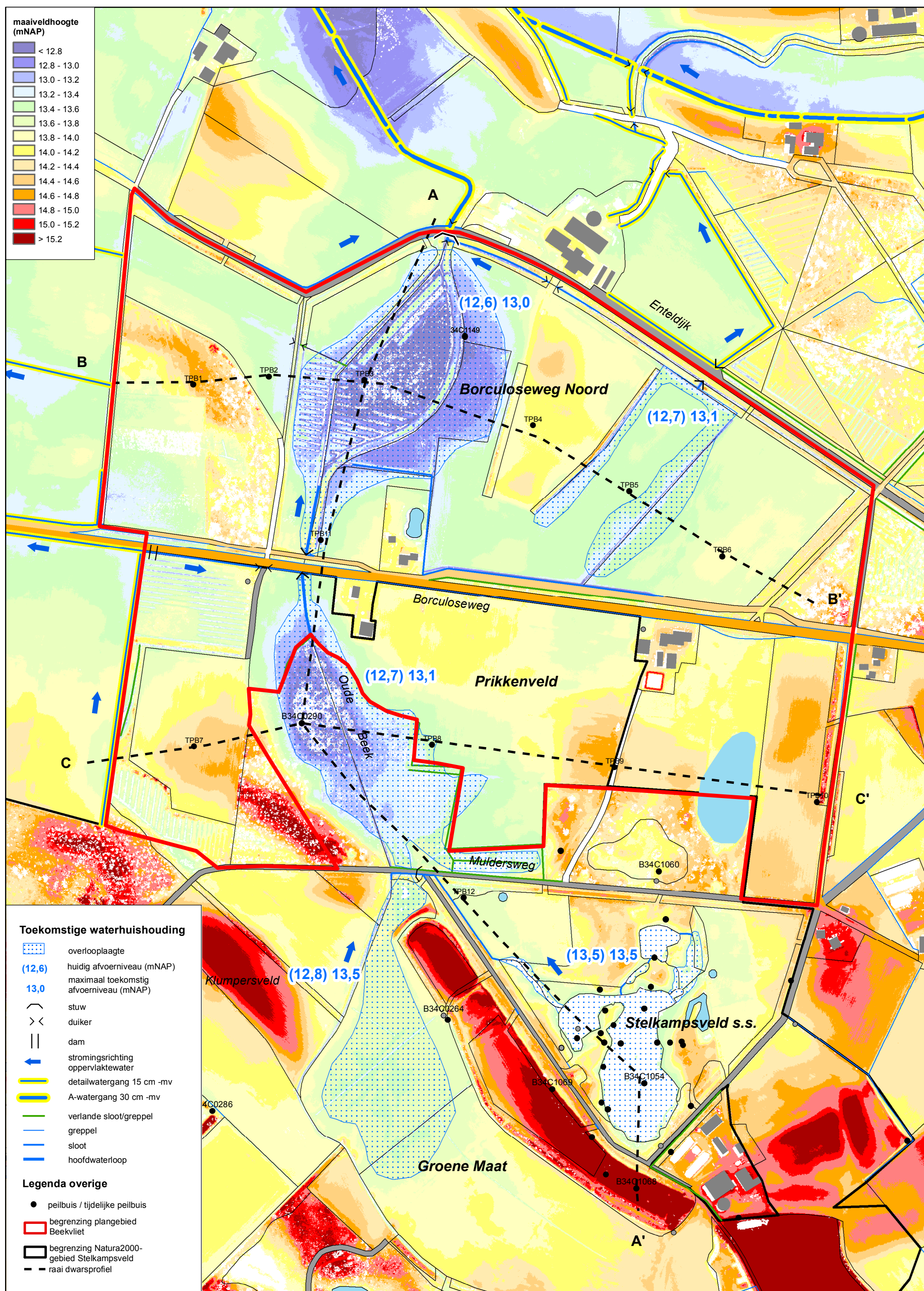
- In het westelijke deel van deelgebied Prikkenveld wordt de sloot langs de akker gedempt.

Overige maatregelen deelgebied Borculoseweg Noord

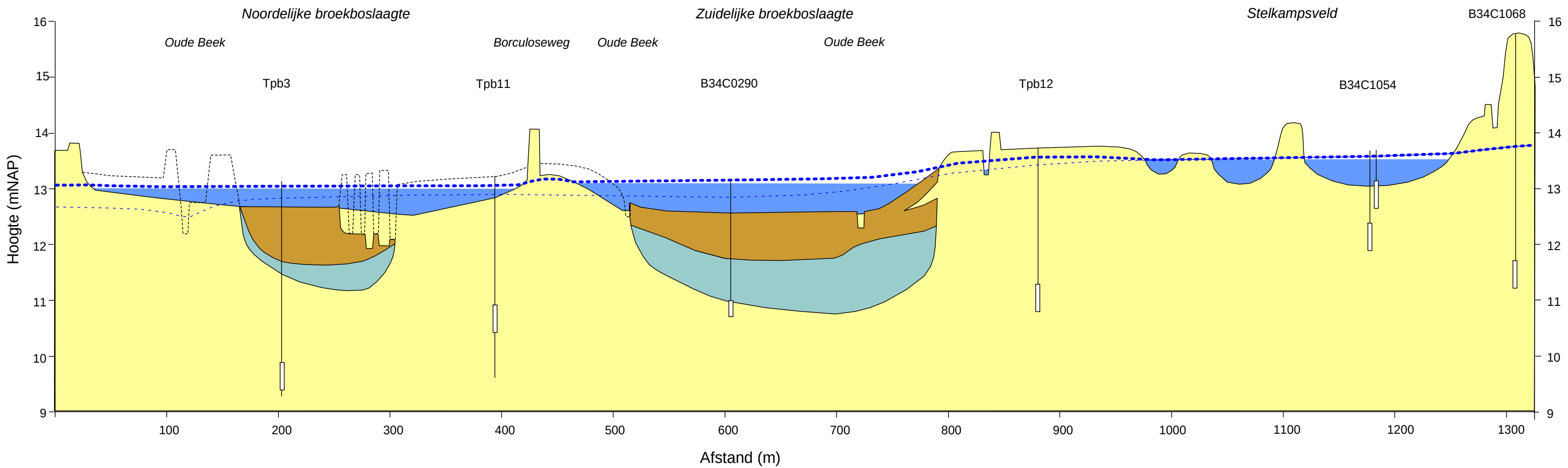
- Ook de wat minder diepe laagte in het oostelijke deel van deelgebied Borculoseweg Noord wordt hersteld. Dit is in de eerste plaats van belang om de huidige negatieve invloed van het diepe slotenstelsel op beide broekboslaagten weg te nemen en dus ook om het habitatype H91E0C in de zuidelijke broekboslaagte in stand te kunnen houden. In de tweede plaats kunnen op deze wijze de hoge potenties van de laagte zelf voor de ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen benut worden. Hiertoe wordt ook hier de fosfaatrijke toplaag (en de eventueel hieronder aanwezige geroerde laag) afgegraven en in combinatie hiermee worden de resterende slootprofielen gedempt.
- Voor de afvoer van overtollig neerslagwater vanuit de oostelijke laagte is het raadzaam om de bestaande (diep gelegen) duiker onder de Enteldijk te vervangen voor een nieuwe, ondiepe duiker (met de onderzijde van de duiker op toekomstig maaiveldsniveau). De afvoer van het neerslagwater vanuit het perceel naar de duiker vindt plaats via de slenkjes die achterblijven na het dempen van de sloten.
- In een zone aan weerszijden van de middensloot in de oostelijke laagte wordt de toplaag wat dieper afgegraven dan strikt noodzakelijk voor de verwijdering van de fosfaatrijke toplaag (afgravingsdiepte 40 à 60 cm), om zo een poel te creëren, met name ten behoeve van de boomkikker.
- Ook in de zone rond de noordelijke broekboslaagte wordt de fosfaatrijke toplaag (en de eventueel hieronder aanwezige geroerde laag) afgegraven en ook hier kan het best gekozen worden voor de ontwikkeling van nat schraalland.
- In het meest noordwestelijk gelegen perceel van het deelplangebied wordt ervoor gekozen de fosfaatrijke toplaag niet af te graven, zodat hier een productiever, extensief beheerd grasland tot ontwikkeling kan worden gebracht, wat met name gunstig is voor de fauna van het natuurgebied.







Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'



Legenda

= ven of verlandingsvegetatie

= veen

= gyttja

= zand

= grondwaterspiegel in huidige GVG-situatie

= inschatting grondwaterspiegel in toekomstige GVG-situatie

= huidige maaiveld

Tpb2

B34C0290

= tijdelijke peilbuis /

permanente peilbuis

Bell Hullenaar

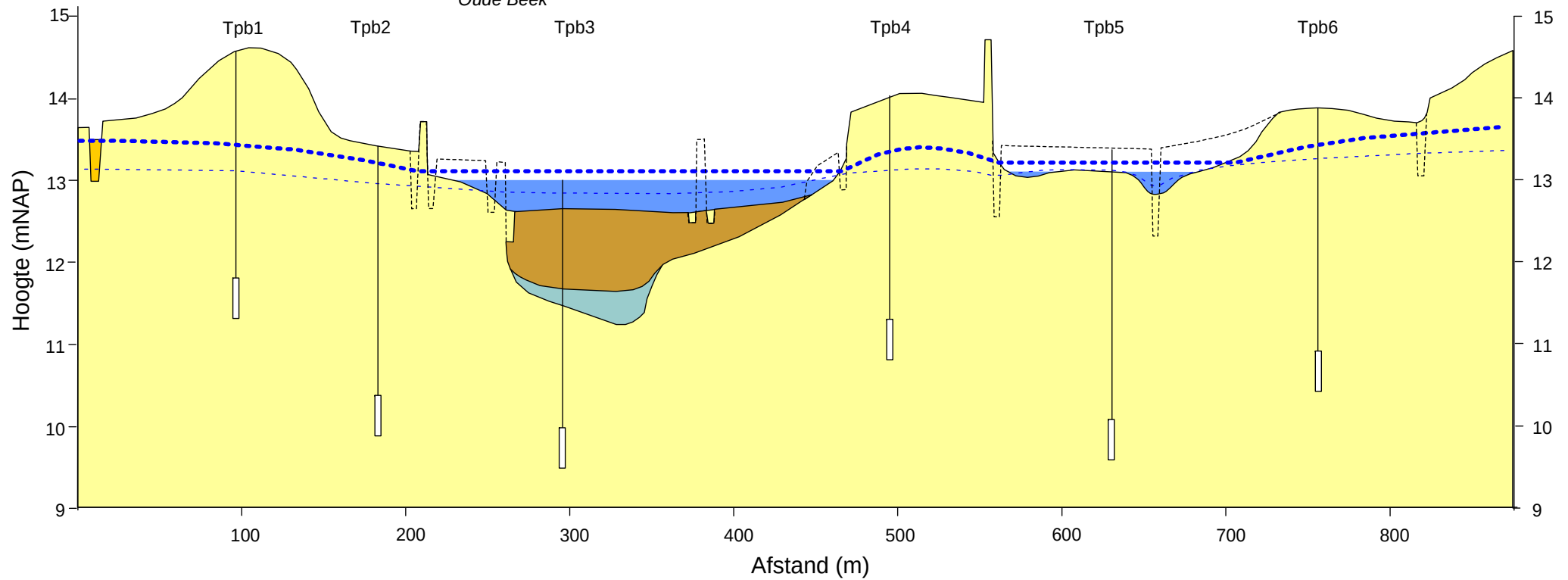
Ecohydrologisch Adviesbureau

Figuur 5.4a Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A' in de toekomstige situatie

Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'

Noordelijke broekboslaagte

Oude Beek



Legenda

- = ven of verlandingsvegetatie
- = veen
- = gyttja
- = zand
- = sterk humeus zand

- = grondwaterspiegel in huidige GVG-situatie
- = inschatting grondwaterspiegel in toekomstige GVG-situatie
- = huidige maaiveld

Tpb2 B34C0290



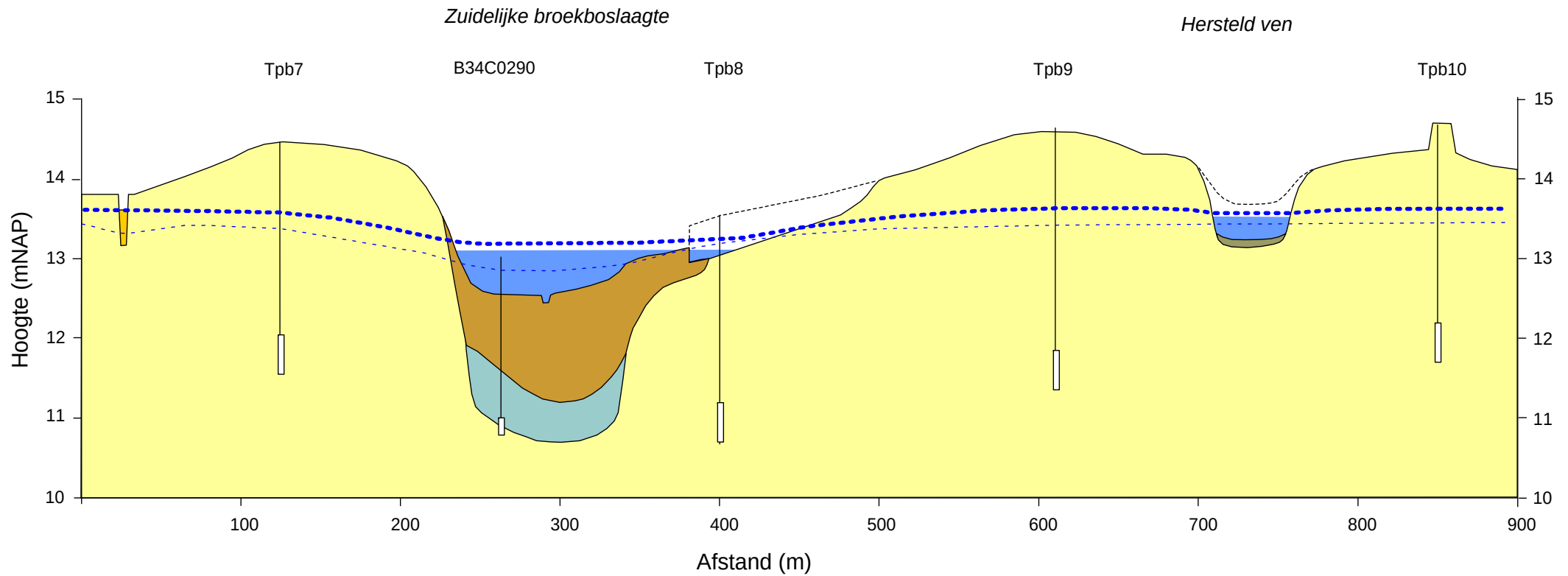
= tijdelijke peilbuis /
permanente peilbuis

Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 5.4b Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B' in de toekomstige situatie

Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'



Legenda

- = ven of verlandingsvegetatie
- = veen
- = gyttja
- = zand
- = sterk humeus zand

- = grondwaterspiegel in huidige GVG-situatie
- = inschatting grondwaterspiegel in toekomstige GVG-situatie
- = huidige maaiveld

- Tpb2 B34C0290
- = tijdelijke peilbuis /
permanente peilbuis

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 5.4c Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C' in de toekomstige situatie

Literatuur

DIENST LANDELIJK GEBIED, 2016. Beheerplan N2000 gebied 060 Stelkampsveld. DLG in opdracht van Ministerie van EZ, Programmadirectie Natura 2000; Programmteam Beheerplannen.

KIWA WATER RESEARCH / EGG-consult, 2007. Knelpunten- en kansenanalyse Natura 2000-gebied 60 – Stelkampsveld. Oktober 2007

ROSSENAAR, A.J.G.A. & J.G. STREEFKERK, 1997. Herstel van een pleistoceen blauwgrasland: het Stelkampsveld. De Levende Natuur, 1997

SCHRÖDER, R.J.H., 2013. Inventarisatie flora Beekvliet, 2013. Ecolhydrologisch advies bureau Schröder, november 2013

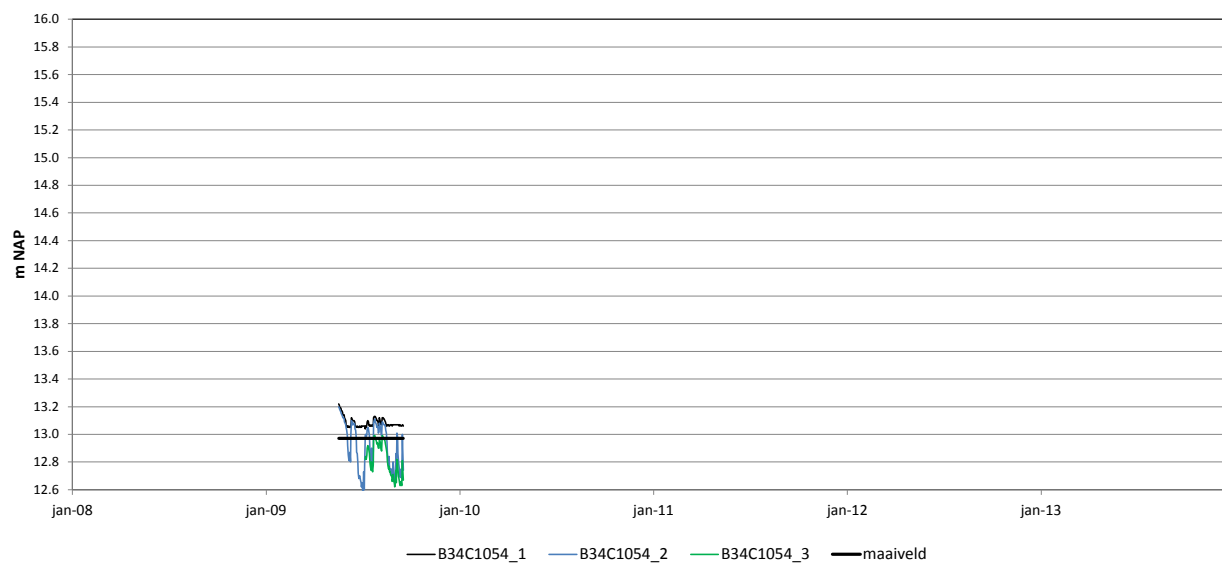
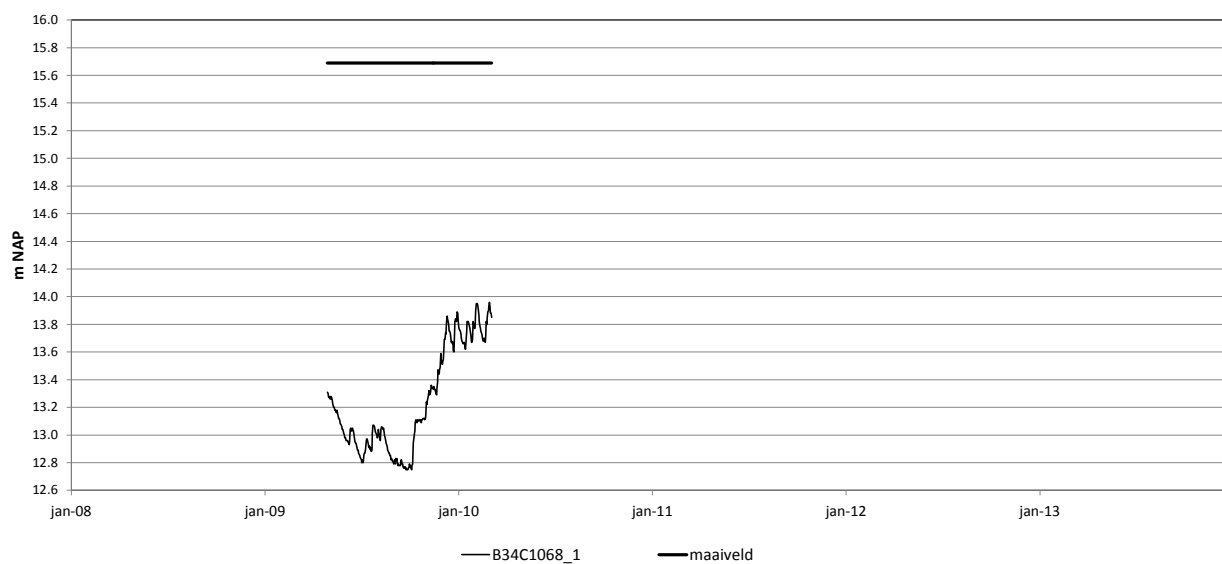
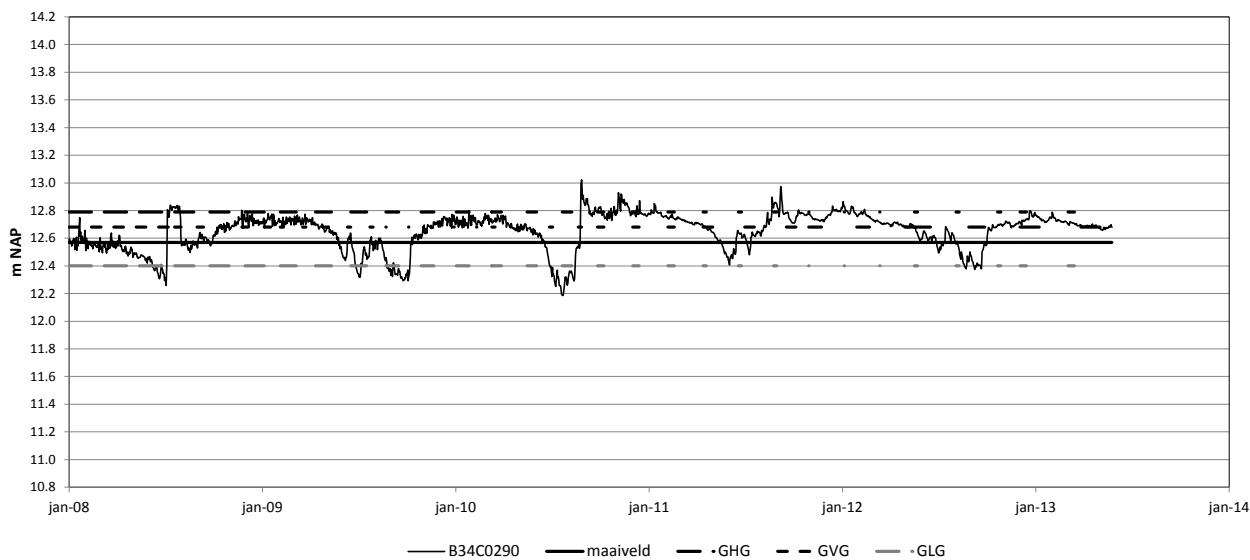
VAN DELFT, S.P.J. et al, 2002. Verdrogingskartering in natuurgebieden. Proefkartering Beekvliet. Alterra-rapport 566.2. Alterra, Wageningen en Staatsbosbeheer, Driebergen

VERENIGING NATUURMONUMENTEN, 2015. Toekomstvisie Beekvliet 2015-2033. Kleinschalige oase in het agrarisch landschap. Natuurmonumenten, 's-Graveland

Bijlagen

- 1 Grafieken grondwaterstandsverloop
- 2 Resultaten verkenning en inventarisatie oppervlaktewatersysteem
- 3 Technische gegevens en boorbeschrijvingen tijdelijke peilbuizen
- 4 Boorbeschrijvingen onderzoek bodemopbouw voormalige
landbouwgronden
- 5 B-WARE rapport 'Hydro- en bodemchemisch onderzoek Beekvliet'

Bijlage 1 Grafieken grondwaterstandsverloop



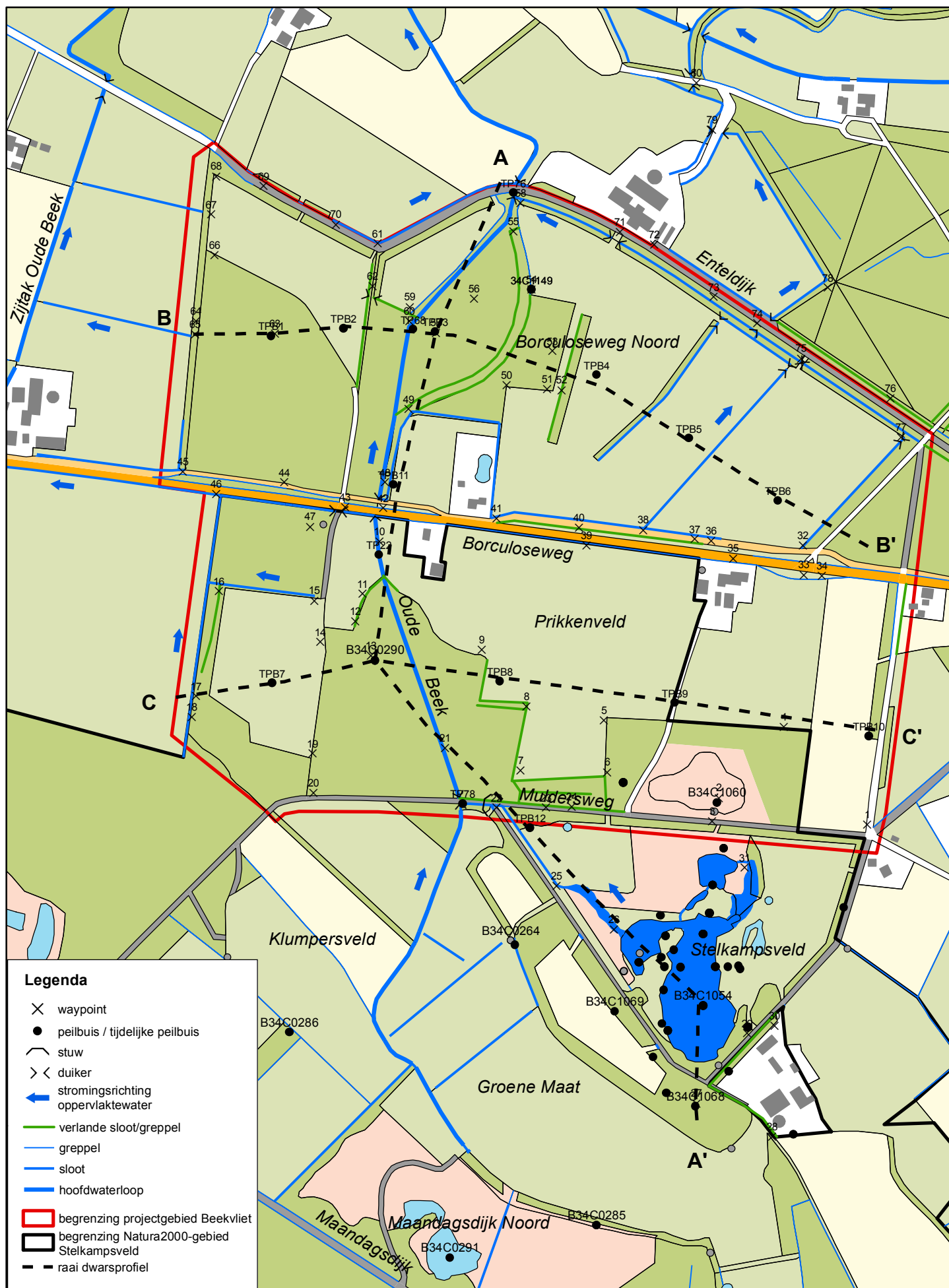
Bijlage 2

Resultaten verkenning en inventarisatie oppervlaktewatersysteem

Uitgevoerd op: 6-3-2017

- 1 Greppel aan weerszijden van de weg, droog, zeer ondiep (d=30)
- 2 B34C1060: twee peilbuizen, 1 met logger, 1 zonder logger.
- 3 Afvoerloze greppels, vanwege onderbrekingen
- 4 Wal op grens met bos & laagte met water op maaiveld, geen greppels.
- 5 Geen greppel
- 6 Klein slootje langs bosrand, sterk verland, ondiep, wel kwel en afvoer.
Knotwilgen langs slootje.
- 7 Zijslootje
- 8 Blokkade is lootje vanwege verlanding & takkenbos, slootje loopt door via het bos. Ook greppel op grens van akker en bos, met kwel.
- 9 Hier geen slootje / greppel
- 10 Duiker en sterke afvoer
- 11 Greppel langs bosrand, sterk verland, zodoende geen afvoer
- 12 Einde greppel
- 13 Peilbuis B34C0290, 1 filter, geen datalogger. Goed ontwikkeld Elzenbroekbos, roest op bodem. Flank: ruig Elzenbroek met veel Braam in ondergroei.
- 14 Maisakker
- 15 Diepe sloot langs bosrand, d=100, drooglegging = 50
- 16 Diepe zijsloot in bosstrook
- 17 Diepe sloot op grens, kwel & afvoer
- 18 Afvoerloopje van rabattenstelsel, lichte afvoer
- 19 Grove dennenbos op hoge deel tegen broekbos aan
- 20 Nauwelijks greppel aanwezig: droog, d=20 en slechts 20m lang
- 21 Afvoerlocatie vanuit oostelijke deel van het broekbos naar de beek. Beekpeil hier lager dan waterpeil in broekbos: drainerende werking van beek
- 22 Aluminium schotbalkenstuwte in afvoerslootje van vennen Steltkampsveld.
Greppel ten noorden van het pad, wel nat, geen afvoer (verloopt via rabattenstelsel en grep op noordrand van bos)
- 24 Beginpunt van greppel noord van pad / zuid van pad ligt niks.
- 25 Begin van afvoerslootje
- 26 Begin van afvoerslenk van vennen
- 27 B34C1068: geschikt als uiteinde van eigen meetraai.
- 28-30 Slootje langs pad, lijkt echter geen afvoer te hebben.
- 29 Peilbuis met hangslot
- 31 Lichte afvoer van kleine ven over natuurlijke drempel heen naar (herstelde) slenk Oost, slenk loopt in zuidelijke richting naar de vennen.
- 32 Begin van in no-richting verlopende sloot op perceelrand, zuid geen grep / sloot
- 33 Klein slootje zuid van weg, d=50, drooglegging = 30
- 34 Dam / toegang, (geen of) verstopte duiker
- 35 Smal slootje tussen tuin en weg
- 36 Beginpunt van sloot noord van weg
- 37 beginpunt van slootje tussen fietspad en weg, hoog peil, lijkt afvoerloos
- 38 Zijsloot
- 39 Dam / toegang, verstopte? duiker, geen afvoer dus. D=70, drooglegging grasland =40, drooglegging weg circa 70. Noord van weg ook nog droge grep
- 41 Ook sloot op grens van tuin en grasland
- 42 Monding van slootje zuid van weg in Oude Beek, zeer lichte afvoer
- 43 duiker, deels verstopte, lichte afvoer, kwel.
- 44 Begin van sloot noord van weg, tussen fietspad en weg, kwel
- 45 Einde van sloot tussen fietspad en weg, begin van sloot noord van fietspad
- 46 t-splitsing, kwel, water kan twee kanten op. Noord van weg: bos gekapt, jonge aanplant

- 47 Rabattenbos, veelal berk, in lage deel ook els
48 Slootje op grens van grasland en bos, verland, kwel
49 Verbindingsloopje tussen randsloot en Oude Beek, kwel in randsloot, sterk verland, d=70, drooglegging=20
50 Nauwelijks greppel, ook onderbrekingen door stronken
51 Geen greppel
52 Steilrandje mets truweel en paar bomen en afvoerloos slootje
53 Elzenhakhout met veel Braam, slootje op grens, maar loopt dood op hoek
54 Peilbuis met koker met scheve kap en DOM-slot (Vitens?). Diep en ondiep filter en twee dataloggers. Tevens diepe, met riet verlande sloot.
55 Twee afvoerplekken vanuit broekbos-laagte naar Oude Beek
56 Elzenhakhout, geen rabatten, veel riet, ruig, ook grote zeggen, veel dood hout.
57 Geschikte plek voor tijdelijke peilbuis
58 Sloot noord van pad, takkenbos en blad in loop, vormt drempel, afvoer over drempel heen, wel stuwing
59 Zijlslootje, sterk verland, d=70, drooglegging=30, lichte afvoer
60 Ruig rabattenbos met veel braam, zowel west als oost van beek, wal
61 sloot noord van pad, niks zuid van pad.
62 Duiker onder pad, bijna geheel verstopt, toch lichte afvoer. Slootje op oostgrens van grasland, west van pad. Oost van pad: geen functionerend slootje / grep.
63 Open plek in bos: goede locatie voor tpb
64 Geen sloot op grens, hooguit zeer ondiepe grep, droog
65 In westelijke richting lopende sloot, functioneert wel.
66 slootje oost van wal
67 In westelijke richting lopende sloot, functioneert wel.
68 Einde slootje, afvoer geblokkeerd door wal, inundatie van slootoever.
69 Noord van weg wel ondiepe greppel, maar droog en met onderbrekingen.
70 Vanaf dit punt wel doorlopende greppel
71 Duiker & toegang
72 Vanaf dit punt ook sloot noord van weg. Sloot zuid is diep (via hoge grond)
73 Sloot in grasland
74 verbinding tussen de twee sloten ten zuiden van het pad & duiker onder het pad & aanzienlijke afvoer. Bovenzijde duiker 60 cm onder water, mede vanwege stagnatie in de afvoer, vanwege gedeeltelijke verlanding van afvoersloot noord.
75 Duiker & toegang
76 Beginpunten van sloten aan weerszijden van de weg (Enteldijk) , want onderbroken door kruisende weg (Beekvliet)
77 Toegang percceel
78 Diepe sloot, afvoer & kwel
79 Duiker, diepe sloot, afvoer & kwel, d=100, drooglegging=80
80 Duiker, diepe sloot, afvoer & kwel



Bijlage 3 Technische gegevens en boorbeschrijvingen tijdelijke peilbuizen

Beekvliet

Kaartblad: 34C

Meetpunt	Ref.hoogte meetpunt		Maaiveld cm NAP	Tot.lengte cm	Filt.lengte cm	Bov.filter cm NAP	Ond.filter cm NAP	Diam bi/bu mm
	cm NAP	cm +mv						
tpb1	1470.0	13.4	1456.6	339	50	1181	1131	25/32
tpb2	1351.4	9.9	1341.5	370	50	1031	981	25/32
tpb3	1300.9	31.9	1269.0	352	50	999	949	25/32
tpb4	1413.0	12.0	1401.0	332	50	1131	1081	25/32
tpb5	1355.2	6.6	1348.6	397	50	1008	958	25/32
tpb6	1394.8	7.2	1387.6	353	50	1092	1042	25/32
tpb7	1467.9	20.3	1447.6	314	50	1204	1154	25/32
tpb8	1365.1	11.2	1353.9	296	50	1119	1069	25/32
tpb9	1471.2	5.9	1465.3	338	50	1183	1133	25/32
tpb10	1476.8	7.8	1469.0	310	50	1217	1167	25/32
tpb11	1337.9	15.2	1322.7	293	50	1095	1045	25/32
tpb12	1381.1	8.5	1372.6	301	50	1130	1080	25/32

Meetpunt	Coördinaten		Materiaal
	X	Y	
tpb1	229172	460067	HDPE
tpb2	229259	460076	HDPE
tpb3	229369	460072	HDPE
tpb4	229563	460020	HDPE
tpb5	229674	459944	HDPE
tpb6	229781	459869	HDPE
tpb7	229173	459650	HDPE
tpb8	229447	459652	HDPE
tpb9	229657	459626	HDPE
tpb10	229890	459586	HDPE
tpb11	229319	459888	HDPE
tpb12	229483	459476	HDPE

Boorbeschrijvingen

Terreinnaam:		Beekvliet		Boringnummer:		tpb1	
Beschreven door:		Buijs		Datum:		15-mrt-17	
Kaartblad nr.:		34C		X-coördinaat:		262075	
				Y-coördinaat:		468000	
Plaatsomschrijving:							
Hoogte maaiveld:		14.57		m NAP			
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.							
Van	Tot						
0	4	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker bruin-zwart, sterk humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3)					
4	30	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs, zwak humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), uitspoeling					
30	45	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker bruin-zwart, sterk humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), roest					
45	60	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht geel-bruin, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), veel roest, ijzer concreties					
60	80	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht geel-bruin, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), roest, iets humus fibers					
80	140	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), iets humeus, vuil					
140	230	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3), enkel grindje					
230	350	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), grijs, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)					
350	370	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), donker grijs, matig lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), lemige brokjes					
		370	Boring beëindigd.				
Boormethode:				Bentoniet: nee			
				GHG:	70	cm -mv	
Opmerkingen:				AGWST:	140	cm -mv	GLG: 180 cm -mv
Terreinnaam:		Beekvliet		Boringnummer:		tpb2	
Beschreven door:		Buijs		Datum:		15-mrt-17	
Kaartblad nr.:		34C		X-coördinaat:		261851	
				Y-coördinaat:		467760	
Plaatsomschrijving:							
Hoogte maaiveld:		13.42		m NAP			
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.							
Van	Tot						
0	10	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), bruin, matig humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), roest					
10	40	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), bruin-groen, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)					
40	80	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), roest					
80	180	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), houtresten					
180	250	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs-bruin, lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), lemige laagjes					
250	270	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm) tot matig grof (Mz: 210-300 µm), licht grijs-bruin, lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), lemige laagjes					
270	360	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm) tot matig grof (Mz: 210-300 µm), grijs, kalkrijk (> 1-2% CaCO3), grijs-wit spikkelig					
		360	Boring beëindigd.				
Boormethode:				Bentoniet: nee			
				GHG:	40	cm -mv	
Opmerkingen:				AGWST:	70	cm -mv	GLG: cm -mv
Terreinnaam:		Beekvliet		Boringnummer:		tpb3	
Beschreven door:		Buijs		Datum:		15-mrt-17	
Kaartblad nr.:		34C		X-coördinaat:		261679	
				Y-coördinaat:		467795	
Plaatsomschrijving:							
Hoogte maaiveld:		12.69		m NAP			
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.							
Van	Tot						
0	25	veen, zwart, kalkloos (<0.5% CaCO3), sterk veraard					
25	100	veen, donker bruin-grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3), sterk veraard					
100	120	leem, licht bruin, kleilig, kalkloos (<0.5% CaCO3), meerbodem?					
120	200	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs, kalkrijk (> 1-2% CaCO3), iets grindjes, enkel steentje					
200	340	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs, zwak lemig, kalkrijk (> 1-2% CaCO3)					
		340	Boring beëindigd.				
Boormethode:				Bentoniet: nee			
				GHG:	0	cm -mv	
Opmerkingen:				AGWST:	5	cm -mv	GLG: 120 cm -mv

Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb4
Beschreven door:	Buijs	Datum:	15-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229563
		Y-coördinaat:	460020
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	14.01	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	30	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker bruin-grijs, sterk humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
30	60	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht geel-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), roest, humus fibers, enkele steentjes	
60	80	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), af en toe humus fiber	
80	220	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
220	300	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), grijs, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
300	360	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), grijs-bruin, kalkrijk (> 1-2% CaCO3), spoor roest	
360	Boring beëindigd.		
Boormethode:			
		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	95	cm -mv
		GLG:	140
			cm -mv
Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb5
Beschreven door:	Buijs	Datum:	15-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229674
		Y-coördinaat:	459944
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	13.49	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	30	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs-bruin, humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), geroerd	
30	60	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), roestvlekken	
60	85	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), sterk humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), moerig	
85	220	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs-bruin, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), af en toe houtresten	
220	240	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs-bruin, zwak lemig, kalkrijk (> 1-2% CaCO3), af en toe houtresten	
240	390	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs, kalkrijk (> 1-2% CaCO3), iets organische resten (hout)	
390	Boring beëindigd.		
Boormethode:			
		Bentoniet:	nee
		GHG:	50
			cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	90	cm -mv
		GLG:	cm -mv
Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb6
Beschreven door:	Buijs	Datum:	15-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229781
		Y-coördinaat:	459869
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	13.88	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	25	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker bruin-grijs, humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
25	60	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht geel-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), roest, humus fibers	
60	90	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), roestvlekken, humus fibers	
90	200	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
200	220	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), grijs, lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
220	350	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht oranje-grijs, zwak lemig, kalkrijk (> 1-2% CaCO3)	
350	370	zand, uiterst fijn (Mz: 60-105 µm), grijs, sterk lemig, kalkrijk (> 1-2% CaCO3)	
370	Boring beëindigd.		
Boormethode:			
		Bentoniet:	nee
		GHG:	50
			cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	90	cm -mv
		GLG:	120
			cm -mv

Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb7
Beschreven door:	Buijs	Datum:	10-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229173
		Y-coördinaat:	459650
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	14.48	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	40	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker grijs-zwart, sterk humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
40	55	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, matig humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), ijzerhoudend	
55	90	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs-bruin, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
90	160	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), enkel grindje, gereduceerd	
160	200	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), matig grindjes	
200	300	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
300	Boring beëindigd.		
Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	40 cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	90 cm -mv
Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb8
Beschreven door:	Buijs	Datum:	10-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229447
		Y-coördinaat:	459652
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	13.54	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	30	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker bruin, matig humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
30	210	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3), roestvlekken, humus fibers	
210	340	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), grijs, lemig, kalkrijk (> 1-2% CaCO3), af en toe grove houtresten	
340	Boring beëindigd.		
Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	10 cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	100 cm -mv
Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb9
Beschreven door:	Buijs	Datum:	10-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229657
		Y-coördinaat:	459626
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	14.65	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	45	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker grijs-zwart, sterk humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), doorworteld	
45	60	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, zwak humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), ijzerhoudend	
60	110	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin-grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3), enkel grindje, iets humus fiber	
110	240	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs-bruin, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
240	300	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs-bruin, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), gereduceerd, enkel grindje	
300	330	zand, uiterst fijn (Mz: 60-105 µm), licht bruin-grijs, lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), roest	
330	Boring beëindigd.		
Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	80 cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	120 cm -mv
			190 cm -mv

Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb10
Beschreven door:	Buijs	Datum:	10-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229890
		Y-coördinaat:	459586
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	14.69	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	30	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker grijs-zwart, sterk humeus, kalkarm (tot 1-2% CaCO3)	
30	50	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht geel-bruin, kalkarm (tot 1-2% CaCO3), roest, enkel humus fiber	
50	160	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin-grijs, kalkarm (tot 1-2% CaCO3), enkele grindjes	
160	300	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs, lemig, kalkarm (tot 1-2% CaCO3), spoor roest, af en toe (zwak) lemig laagjes	
300	Boring beëindigd.		
Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	80
Opmerkingen:	AGWST:	110	cm -mv
		GLG:	cm -mv
Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb11
Beschreven door:	Buijs	Datum:	10-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229319
		Y-coördinaat:	459888
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	13.23	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	40	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs-bruin, matig humeus, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3), geroerd	
40	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), iets humus fibers, grindjes	
70	130	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3), iets grindjes	
130	140	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm) tot matig grof (Mz: 210-300 µm), licht grijs, kalkloos (<0.5% CaCO3), vrij veel grindjes	
140	170	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm) tot matig grof (Mz: 210-300 µm), licht grijs, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
170	360	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht grijs, zwak lemig, kalkrijk (> 1-2% CaCO3)	
360	Boring beëindigd.		
Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	40
Opmerkingen:	AGWST:	70	cm -mv
		GLG:	120
			cm -mv
Terreinnaam:	Beekvliet	Boringnummer:	tpb12
Beschreven door:	Buijs	Datum:	10-mrt-17
Kaartblad nr.:	34C	X-coördinaat:	229483
		Y-coördinaat:	459476
Plaatsomschrijving:			
Hoogte maaiveld:	13.73	m NAP	
Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.			
Van	Tot		
0	15	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), donker grijs, matig humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), doorworteld	
15	40	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm) tot matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs-bruin, kalkloos (<0.5% CaCO3), iets roestvlekken, spoor wortels	
40	55	klei, donker grijs, humeus, zandig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
55	110	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), bruin-grijs, humeus, kalkloos (<0.5% CaCO3), roestvlekken, enkele humus fibers en hout	
110	250	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht grijs, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
250	265	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), bruin-grijs, zwak lemig, kalkloos (<0.5% CaCO3)	
265	330	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), bruin-grijs, zwak lemig, kalkrijk (> 1-2% CaCO3)	
330	Boring beëindigd.		
Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	30
Opmerkingen:	AGWST:	60	cm -mv
		GLG:	120
			cm -mv

Bijlage 4 Boorbeschrijvingen veldonderzoek Beekvliet

Boringen uitgevoerd op 9 maart 2017 door van 't Hullenaar

Bo1	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229854	459496	14.401	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	40	zand	matig fijn, mix zwak humeus en humusarm, verstoord
40	120	zand	matig fijn, beige tot licht beige
Bo2	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229863	459596	14.296	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	40	zand	matig fijn, mix zwak humeus, humusarm, verstoord
40	100	zand	matig fijn
Bo3	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229872	459676	14.695	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	35	zand	zeer fijn, mix zwak humeus en humusarm, verstoord
35	120	zand	matig fijn, beige tot licht beige
Bo4			
x	y	mv m+NAP	
229877	459741	14.224	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	45	zand	matig fijn, mix humeus en zwakhumeus, verstoord
45	60	zand	matig fijn, ijzerrijk
60	100	zand	matig fijn, beige
Bo5			
x	y	mv m+NAP	
229776	459685	14.011	
0	22	zand	matig fijn, humeus
22	35	zand	matig fijn, mix zwak humeus, humusarm, verstoord
35	90	zand	matig fijn
90	100	zand	matig fijn, lichtgrijs
Bo6			
x	y	mv m+NAP	
229714	459693	13.928	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	30	zand	matig fijn, mix zwak humeus, humusarm, verstoord
30	60	zand	zeer fijn tot matig fijn, ijzerrijk
60	100	zand	matig fijn, beige
Bo7	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229716	459695		
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	70	zand	matig fijn, roest
Bo8	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229620	459783	13.684	
0	20	zand	humeus, zwak lemig
20	35	zand	zeer fijn, zwak lemig, zeer ijzerrijk, ijzerconcretie
35	85	zand	matig fijn, beige tot beigegrijs, roest
85	100	zand	zeer fijn tot matig fijn, houtresten
Bo9	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229535	459723	14.026	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	45	zand	matig fijn, mix zwak humeus, humusarm, verstoord
45	100	zand	matig fijn, beige tot licht beige
100	110	zand	matig fijn, licht grijs

Bo10	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229609	459725	13.796	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	35	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord
35	85	zand	matig fijn, beige met roest
85	100	zand	matig fijn, grijs
Bo11	akker		
x	y	mv m+NAP	
229465	459769	14.068	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	30	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord
30	90	zand	matig fijn, beige met roest
Bo12	akker		
x	y	mv m+NAP	
229404	459729	13.767	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	80	zand	matig fijn
Bo13	akker		
x	y	mv m+NAP	
229401	459697	13.604	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	45	zand	matig fijn, mix (zwak)humeus en humusarm, verstoord
45	70	zand	matig fijn
Bo14	akker		
x	y	mv m+NAP	
229431	459640	13.432	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	50	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord / opgehoogd
50	80	zand	moerig met houtresten (voormalige toplaag)
80	100	zand	zeer fijn tot matig fijn, grijs
Bo15	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229479	459582	13.348	
0	20	zand	matig fijn, humeus
20	35	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord
35	70	zand	matig fijn
Bo16	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229565	459545	13.461	
0	15	zand	humeus, lemig / moerig
15	25	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord, lemig / moerig
25	70	zand	zeer fijn, licht grijs met roest
Bo17	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229549	459648	13.976	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	45	zand	matig fijn, mix humeus en zwak humeus, verstoord
45	100	zand	matig fijn
Bo18	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229643	459628	14.646	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	50	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord
50	100	zand	matig fijn, roest vanaf 70 cm
Bo19	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229710	459621	14.309	
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	45	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord
45	100	zand	matig fijn, beige
Bo20	water (15 cm diep)		
x	y	mv m+NAP	
229774	459603	13.681	
0	20	zand	humeus
20	45	zand	overwegend humusarm, bijmenging humeus
45	55	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm en moerig; vermoedelijk oude venbodem
55	65	zand	matig fijn, bruin

Bo21	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229265	459820	13.532	
0	10	zand	matig fijn, humeus
10	35	zand	humusarm, bijmenging humeus, verstoord
35	80	zand	matig fijn, beige, roest
80	100	zand	matig fijn, beige/grijs
Bo22	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229314	459803	13.353	
0	10	zand	zeer fijn, humeus
10	40	zand	zeer fijn, zwak humeus, bijmenging humusarm/humeus, verstoord, zwak lemig, roest
40	100	zand	matig fijn, houtresten
Bo23	grasland	13.15	
x	y	mv m+NAP	
229272	459744		
0	30	zand	matig fijn, humeus
30	70	zand	matig fijn, houtresten, beige/grijs
Bo24	akker		
x	y	mv m+NAP	
229185	459584	14.127	
0	35	zand	matig fijn, humeus
35	40	zand	matig fijn, mix humeus en humusarm, verstoord
40	100	zand	matig fijn, beige, roest, enkele grove korrels
Bo25	akker		
x	y	mv m+NAP	
229111	459644	14.032	
0	30	zand	zeer fijn, humeus
30	50	zand	zeer fijn, zwak lemig, roest
50	55	zand	zeer fijn, sterk lemig, roest
55	75	zand	zeer fijn, zwak lemig, beige, roest
75	100	zand	zeer fijn, zwak lemig, beige/grijs
100	110	zand	matig fijn
Bo26	akker		
x	y	mv m+NAP	
229134	459736	13.794	
0	30	zand	zeer fijn, humeus
30	35	zand	zeer fijn, sterk humeus
35	75	zand	zeer fijn, zwak lemig, beige/grijs, roest
75	100	zand	zeer fijn, zwak lemig, grijs, zwak roest
Bo27			
x	y	mv m+NAP	
229208	459736	13.986	
0	35	zand	zeer fijn tot matig fijn, humeus
35	100	zand	zeer fijn tot matig fijn, beige
Bo28	sparrenbos		
x	y	mv m+NAP	
229891	459830	14.447	
0	10	zand	matig fijn, humeus
10	120	zand	matig fijn, beige
Bo29	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229714	459908	13.483	
0	30	zand	zeer fijn, zwak humeus
30	40	zand	zeer fijn, humusarm met bijmenging zwak humeus, verstoord, beige, roest
40	45	zand	sterk humeus/moerig (oude venbodem), bijmenging humusarm, verstoord, roest
45	100	zand	zeer fijn tot matig fijn, grijs, tot 80 cm zwak roest
Bo30	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229596	459874	13.529	
0	25	zand	zwak humeus, zwak lemig, ijzerrijk
25	35	zand	zeer fijn, mix humeus, humusarm, verstoord, ijzerrijk, lichte ijzerconcretie
35	90	zand	matig fijn, beige, roest, houtresten
90	100	zand	matig fijn, grijs, roest, houtresten

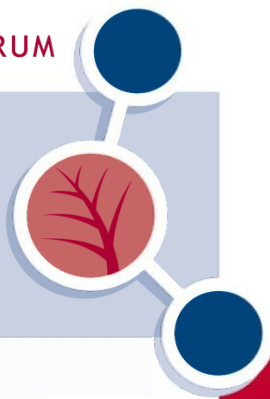
Bo31	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229480	459887	13.487	
0	10	zand	zeer fijn, humeus
10	25	zand	zeer fijn, mix humeus, humusarm, verstoord
25	45	zand	zeer fijn, mix humeus, zwak humeus, waarschijnlijk verstoord
45	55	zand	mix moerig, humusarm, vermoedelijk verstoorde oude bodem
55	100	zand	matig fijn, grove korrels, houtresten
Bo32	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229478	459959	13.541	
0	10	zand	zeer fijn tot matig fijn, humeus
10	25	zand	zeer fijn tot matig fijn, mix zwak humeus, humusarm, verstoord, roest
25	35	zand	zeer fijn tot matig fijn, humusarm met bijmenging humeus, verstoord, roest
35	100	zand	zeer fijn tot matig fijn, beige tot beigegrijs
Bo33	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229341	459958	13.121	
0	10	zand	humeus
10	30	zand	mix zwak humeus, humeus, humusarm, verstoord
30	40	zand	humusarm met bijmenging humeus (verstoord)
40	60	zand	humeus met bijmenging humusarm (vertoorde oude bodem)
60	100	zand	matig fijn
Bo34	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229371	459903	13.709	
0	10	zand	matig fijn, humeus
10	25	zand	matig fijn, zwak humeus
25	30	zand	matig fijn, ijzerrijk
30	90	zand	matig fijn, beige
Bo35	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229121	460204	13.498	
0	10	zand	matig fijn, humeus
10	40	zand	mix humeus, zwak humeus
40	80	zand	matig fijn, beige, roest
80	100	zand	zeer fijn, licht grijs, zwak roest
Bo36	grasland		
x	y	13.53	
229218	460162	mv m+NAP	
0	10	zand	matig fijn, humeus
10	35	zand	matig fijn, zwak humeus
35	75	zand	matig fijn, sterke roest van 35 tot 60 cm
Bo37	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229336	460111	13.248	
0	10	zand	humeus
10	35	zand	mix sterk humeus, humusarm, bont, verstoord - geploegd?, roest
35	80	zand	matig fijn
Bo38	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229368	460177	13.718	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	35	zand	matig fijn mix zwak humeus, humusarm
35	75	zand	matig fijn, roest
Bo39	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229435	460214	13.253	
0	25	zand	humeus
25	35	zand	mix humusarm, humeus
35	100	zand	matig fijn, donker beige, roest
Bo40	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229493	460137	13.039	
0	10	zand	humeus
10	45	zand	mix humusarm, humeus, bont, verstoord
45	90	zand	humusarm, zwak humeus met moerige brokken / laagjes (zou oorspronkelijke top laag kunnen zijn)
90	100	zand	

Bo41	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229615	460105	14.07	
0	30	zand	humeus
30	70	zand	mix humusarm, humeus, verstoord, roest
70	85	zand	humeus (oude toplaag bodem?)
85	120	zand	matig fijn, roest
Bo42			
x	y	mv m+NAP	
229707	460041	13.57	
0	35	zand	zwak humeus, zwak lemig, ijzerrijk
35	100	zand	matig fijn, beige, roest
Bo43			
x	y	mv m+NAP	
229794	459997	13.687	
0	20	zand	humeus met bijmenging humusarm
20	35	zand	mix humusarm, humeus, verstoord
35	90	zand	matig fijn ook grove korrels
Bo44	grasland		
x	y	mv m+NAP	
229875	459938	13.788	
0	25	zand	matig fijn, humeus
25	100	zand	matig fijn, roest tot 65
Bo45	ven waterdiepte 50cm		
x	y	mv m+NAP	
229688	459265	13.03	
0	10	zand	zeer fijn, zwak humeus
10	20	zand	zeer fijn
Bo46	heide		
x	y	mv m+NAP	
229641	459309	14.209	
0	10	zand	zeer fijn, humeus
10	30	zand	zeer fijn, zwak humeus
30	100	zand	zeer fijn
Bo47	ven waterdiepte 40cm		
x	y	mv m+NAP	
229627	459331	13.1	
0	10	zand	zeer fijn, sterk humeus, sterk lemig 'ven bodem'
10	20	zand	zeer fijn
Bo48	voedselrijk grasland met pitrus		
x	y	mv m+NAP	
229546	459422	13.783	
0	10	zand	matig fijn, humeus
10	35	zand	matig fijn, mix humusarm, zwak humeus, humeus, verstoord
35	70	zand	matig fijn
B052	elzenbroek met braam in ondergroei		
x	y	mv m+NAP	
229409	459545		
0	10	veen	sterk veraard
10	20	veen	zeer sterk veraard, zandig
20	60	zand	zeer fijn, zwak lemig, roest
60	100	veen	matig sterk veraard
100	190	gyttja	uiterst fijn zand, slap, kleig, grijs, roest, kalkrijk tot 120 cm
Bo53	elzenbroek met veel braam		
x	y	mv m+NAP	
229429	459531	13.66	
0	10	veen	
10	50	zand	
50	60	veen	
60	100	zand	
Bo57	beek mannagras waterdiepte 25cm		
x	y	mv m+NAP	
229358	459600		
0	25	zand	
25	55	veen	
55	85	gyttja	
85	95	zand	

Bo58	elzenbroek met moeraszegge waterdiepte 20cm		
x	y	mv m+NAP	
229357	459605		
0	20	veen	
20	30	veen	zeer sterk veraard, lemig
30	65	veen	sterk veraard, zwak lemig
65	85	zand	afwisseling zand en veen
85	185	gyttja	kalkrijk
185	195	zand	zeer fijn, grijs, kalkrijk
Bo60	elzenbroek met moeraszegge, gele lis, elzenzegge, waterdiepte 25cm		
x	y	mv m+NAP	
229298	459682		
0	45	veen	secundaire
45	80	veen	licht veraard, bruin
80	155	gyttja	slap, kalkrijk, tot 125cm beige, onderin grijs
155	175	zand	matig fijn, grijs, kalkrijk
Bo61	elzenbroek, zwarte bes, bosbies, elzenzegge, gele lis, waterdiepte 20cm		
x	y	mv m+NAP	
229303	459735	12.596	
0	45	veen	sterk veraard, zwart
45	115	gyttja	beige, kalkrijk
115	125	zand	zeer fijn, grijs, kalkrijk
Bo62	elzenbroek met zeer veel braam		
x	y	mv m+NAP	
229280	459673	13.356	
0	10	veen	zeer sterk veraard
10	40	zand	uiterst fijn, lemig
40	100	zand	matig fijn
Bo63	elzenbroek met gele lis, zwarte bes, moeraszegge, waterdiepte 20cm		
x	y	mv m+NAP	
229342	459671	12.591	
0	50	veen	slap, zwart
50	140	veen	matig veraard, bruin
140	170	gyttja	beige
170	190	gyttja	grijs
190	200	zand	zeer fijn, grijs
Bo64	elzenbroek met zeer veel grote braam		
x	y	mv m+NAP	
229370	459691		
0	10	veen	sterk veraard
10	20	leem	sterk humeus
20	70	zand	matig fijn met grove korrels
Bo65	waterdiepte 10cm		
x	y	mv m+NAP	
229408	459649	13.14	
0	35	veen	
35	90	zand	matig fijn met grove korrels, roest tot 60cm daarna grijs
Bo66	ven met wilgensstruweel waterdiepte 60cm		
x	y	mv m+NAP	
229772	459589	13.649	
0	5	slib	organisch
5	15	zand	sterk humeus, moerig, lemig, venbodem
15	20	zand	zeer fijn, zwak lemig
20	40	zand	zeer fijn
Bo67	rabattenbos, els en berk		
x	y	mv m+NAP	
229323	460083	11.934	
0	10	zand	humeus
10	40	zand	matig fijn, mix humusarm, humeus, opgehoogd
40	50	zand	zeer fijn, sterk humeus (oorspronkelijk toplaag bodem)
50	100	zand	zeer fijn, van 50-70 vuil humus inspoeling
Bo68	beek waterdiepte 35cm		
x	y	mv m+NAP	
229343	460075	12.25	
0	35	veen	secundair
35	65	zand	matig fijn, grove korrels , grijs, kalkloos

Bo69	wilgenstruweel, elzensegge, riet, kwel, elzenhakhout,, waterdiepte 5 cm		
x	y	mv m+NAP	
229364	460077		
0	20	veen	secundair, zwak veraard
20	45	veen	sterk veraard, lemig, kleiig
45	100	veen	matig veraard
100	140	gyttja	beige, kalkrijk
140	150	zand	zeer fijn, grijs, kalkrijk
Bo70	elzenhakhout, riet, zegges, zwarte bes, braam, kwel, waterdiepte 10cm		
x	y	mv m+NAP	
229433	460054		
0	50	veen	
50	100	zand	matig fijn, grijs
Bo71	sloot waterdiepte 20 cm		
x	y	mv m+NAP	
229453	460048	12.4	
0	40	veen	
40	50	zand	
Bo72	elzenhakhout, veel dood hout, ruig, veel braam, hier en daar pitrus en brandnetel ook zeggen, waterdiepte 10cm		
x	y	mv m+NAP	
229498	460032		
0	15	veen	sterk veraard, zwart
15	60	zand	matig fijn
Bo73a	rabattenhakhout, moeraszegge, zandere grote zeggen, waterviolier, gele lis, waterdiepte 50cm		
x	y	mv m+NAP	
229354	460001		
0	50	veen	
50	100	gyttja	
100	110	zand	
Bo73b	in rabat elzenhakhout met braam		
x	y	mv m+NAP	
229354	460001		
0	40	zand	zwak humeus, humus arm
40	135	zand	humeus, moerig
135	145	veen	compact, sterk veraard
Bo74	riet en grote zeggen, waterdiepte 20cm		
x	y	mv m+NAP	
229443	460157		
0	65	veen	
65	80	zand	matig fijn, grijs

Bijlage 5



BODEM- & HYDROCHEMISCH ONDERZOEK BEEKVLIET



- Concept rapportage -

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK BEEKVLIET

Concept rapportage

*Mark van Mullekom
Hilde Tomassen
Fons Smolders*



Titel rapport:

Bodem- en hydrochemisch onderzoek Beekvliet, concept rapportage

Auteurs:

Mark van Mullekom, Hilde Tomassen & Fons Smolders

Rapportnummer: RP-16.088.17.43

Opdrachtgever:

Natuurmonumenten & Bell Hullenaar



Bell Hullenaar

**Ecohydrologisch
Adviesbureau**

Informatie:

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

Contactpersoon:

Mark van Mullekom
Tel: 024-2122204
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

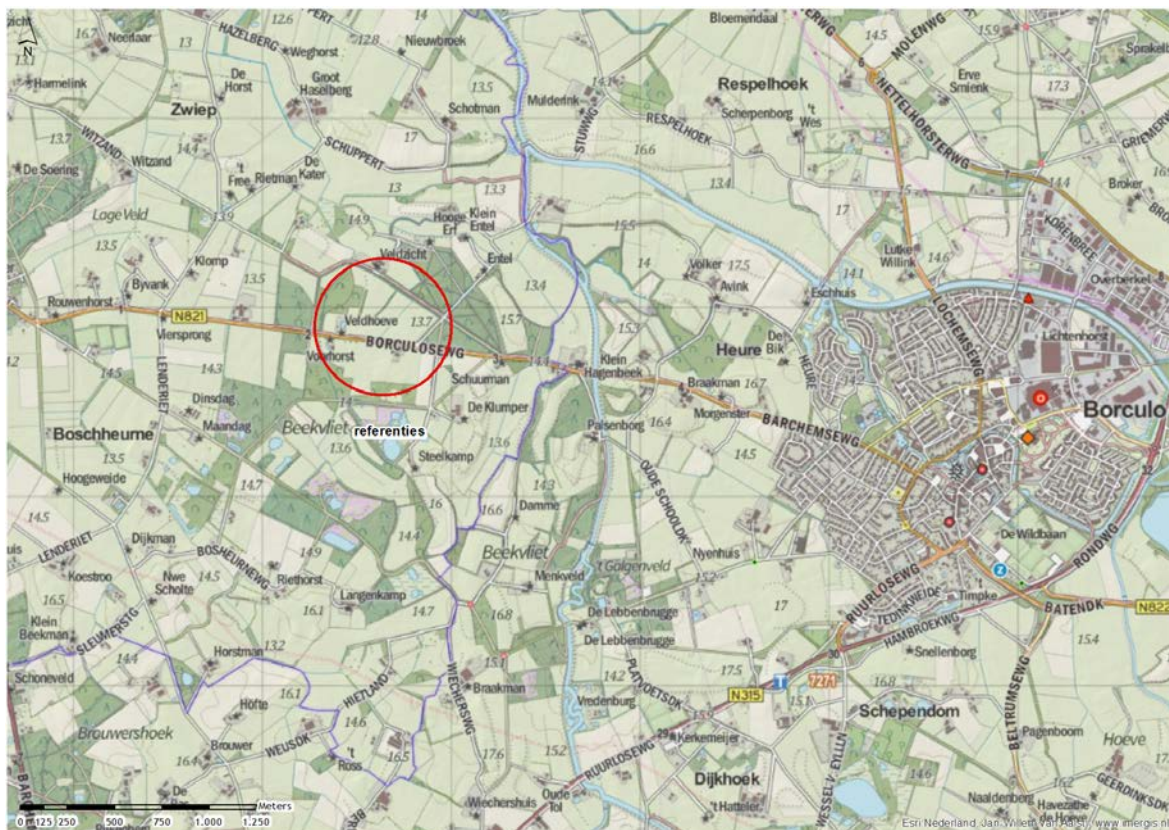
INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek	2
1.3 Leeswijzer	3
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond	5
2.1 Nutriëntenlimitatie	5
2.2 Fosfaatbeschikbaarheid	5
2.3 Verschrappingsmaatregelen	6
2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen	8
2.5 Uitspoeling van fosfaat en nitraat naar het grondwater	8
3. Materiaal en methoden	11
3.1 Veldwerkzaamheden bodemonderzoek voormalige landbouwgronden	11
3.2 Veldwerkzaamheden referentiemetingen Stelkampsveld	13
3.3 Veldwerkzaamheden hydrochemisch onderzoek	15
3.4 Chemische analyse	16
4. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Bodemchemie	19
4.3 Waterkwaliteit	23
4.4 Kansen voor de natuurontwikkeling	25
4.5 Referentiemetingen Stelkampsveld	39
4.6 Aanvullende maatregelen	41
5. Conclusies en aanbevelingen	45
5.1 Belangrijkste conclusies bodem- en hydrochemie	45
5.2 Aanbevelingen	46
6. Literatuur	47
7. Bijlagen	51

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Natuurmonumenten werkt samen met Ecohydrologisch Adviesbureau Bell-Hullenaar aan een inrichtingsplan voor voormalige landbouwgronden in Landgoed Beekvliet, gelegen ten westen van Borculo en ten noorden van het Stelkampsveld (Figuur 1).



Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied ten noorden van het Stelkampsveld, waar enkele referentiemonsters zijn verzameld.

Beekvliet is een oud landgoed, dat nu in drieën is verdeeld: een groot deel is van Staatsbosbeheer, een klein deel van Natuurmonumenten en een deel is particulier bezit. De kern van het gebied wordt gevormd door het (binnen het SBB-eigendom gelegen) Stelkampsveld, waar een ecologisch waardevolle gradiënt aanwezig is van droge heiden, natte heiden, heischrale graslanden, blauwgraslanden (met hierin kalkmoerasvegetaties) naar venbegroeiingen. Het Stelkampsveld is (inclusief een zone hieromheen) begrensd als Natura2000-gebied (projectbeschrijving Bell-Hullenaar, 2 juni 2016).

Belangrijk doelen voor het natuurgebied zijn behalve behoud en herstel van de genoemde natuurtypen / habitattypen ook de uitbreiding van de arealen hiervan. Om de doelen te kunnen realiseren zijn / worden vier boerderijen verplaatst. De betreffende landbouwgronden komen zodoende vrij voor herinrichting. In het deel van Natuurmonumenten speelt de boerderijverplaatsing van Leppink. De herinrichting van dit gebied moet ten dienste staan van de kern in het SBB-deel (Stelkampsveld). Binnen deze context moet worden bepaald wat de herstelmogelijkheden voor het gebied zelf zijn. De betreffende gronden zijn daarbij deels begrensd als PAS-gebied (ten zuiden van de Borculose Weg en gelegen binnen het N2000-gebied) en deels als SKNL-gebied (ten noorden van de Borculose Weg en gelegen buiten het N2000-gebied).

Om een goede, ten dienste van de kern staande inrichting van het gebied mogelijk te maken is eerst nader inzicht nodig in het ecohydrologisch functioneren van het gebied en de bodemkundige & bodemchemische toestand (projectbeschrijving Bell-Hullenaar, 2 juni 2016).

Als aanvulling op de ecohydrologische systeemanalyse van Bell-Hullenaar heeft Onderzoekcentrum B-WARE een bodem- en hydrochemisch onderzoek uitgevoerd. Doel van het project is het opstellen van een herstelplan voor de zone met de voormalige landbouwgrond van Leppink op basis van ecohydrologisch, bodemkundig en bodemchemisch vooronderzoek, in de eerste plaats ten behoeve van een optimaal behoud / herstel van de kern van het natuurgebied (Stelkampsveld) en in de tweede plaats voor een goede ecologische ontwikkeling van het betreffende gebied zelf.

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek

De fosfaatrijkdom van de bodem is bepaald aan de hand van een bodemchemisch onderzoek. Op 15 locaties in het gebied zijn daarvoor op verschillende diepten bodemonsters verzameld en chemisch geanalyseerd. Daarnaast zijn op 19 locaties door Bureau Bell-Hullenaar monsters van het freatische grondwater (14) en oppervlaktewater (5) verzameld. Deze werden geanalyseerd op het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE.

In het natuurgebied Stelkampsveld zijn door Onderzoekcentrum B-WARE op een aantal locaties referentiemonsters verzameld. Een groot aantal van deze referentielocaties zijn in de periode 2009-2010 in het kader van een gedetailleerd ecohydrologisch onderzoek ook bemonsterd (Smolders e.a., 2011).

Op basis van de bodem- en hydrochemische onderzoeksresultaten is aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke (natte) natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschrallingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Concreet worden daarbij de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

- Hoe hoog zijn de P-concentraties in de geanalyseerde bodemlagen en hoe lang duurt het om deze te verschrallen door middel van maaien en afvoeren of uitmijnen?
- Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte?
- Welke natuurpotenties zijn er op de voormalige landbouwgronden?
- Wat is de kwaliteit van het freatisch grondwater en het oppervlaktewater op een aantal geselecteerde locaties in het gebied? Biedt deze kansen voor de beoogde natuurontwikkeling of vormt deze een knelpunt?
- Wat zijn de biogeochemische omstandigheden op de referentielocaties in het Stelkampsveld?
- Welke aanvullend maatregelen zijn vereist bij de omvorming van de voormalige landbouwgronden naar soortenrijke natuurbeheertypen?

Naast de bodemchemie, het bodemtype en de grondwaterkwaliteit is ook de (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Het (geo)hydrologische aspect maakt geen onderdeel uit van het door Onderzoekcentrum B-WARE uitgevoerde onderzoek maar wordt door Bureau Bell Hullenaar geïntegreerd in het uiteindelijke advies. 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 fosfaattoestand en de kansrijkdom qua bodemchemie. 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 hydrologische systeem. De hoogteligging en bodemopbouw spelen hierbij een belangrijke rol.

Bureau Bell Hullenaar zal de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek integreren met de genoemde aspecten en de meest geschikte inrichtingsmaatregelen vaststellen. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. 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.

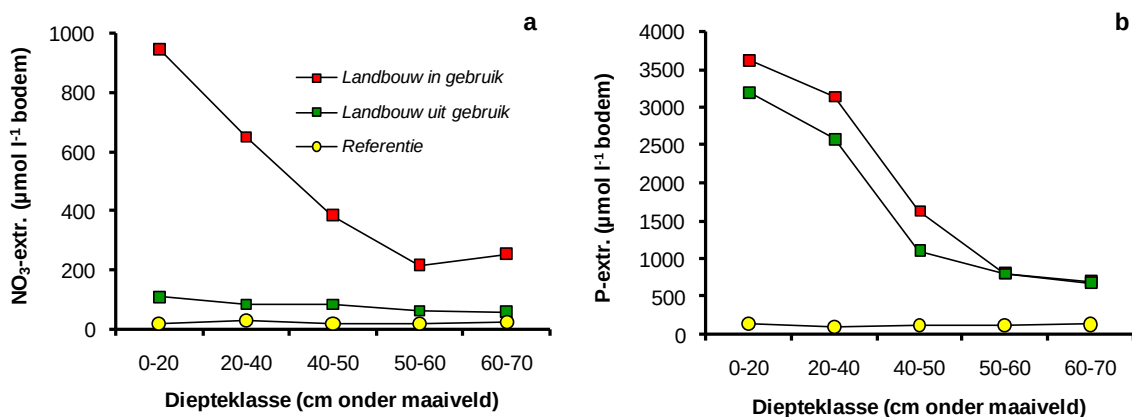
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek gepresenteerd en de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn toegelicht. In hoofdstuk 5 staan de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. In hoofdstuk 6 staat een overzicht van de gebruikte literatuur, gevolgd door de bijlagen (boorprofielen) in hoofdstuk 7.

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Nutriëntenlimitatie

De kansen op een goede natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) (Lamers e.a., 2005). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de nog steeds hoge stikstofdepositie en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006).

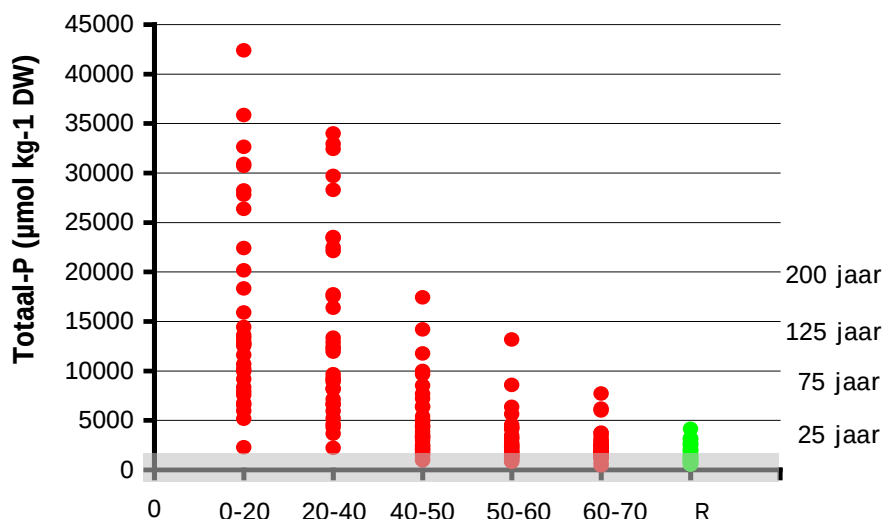


Figuur 2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de 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).

2.2 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 2; 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 3. 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).

2.3 Verschrallingsmaatregelen

Verschralling (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

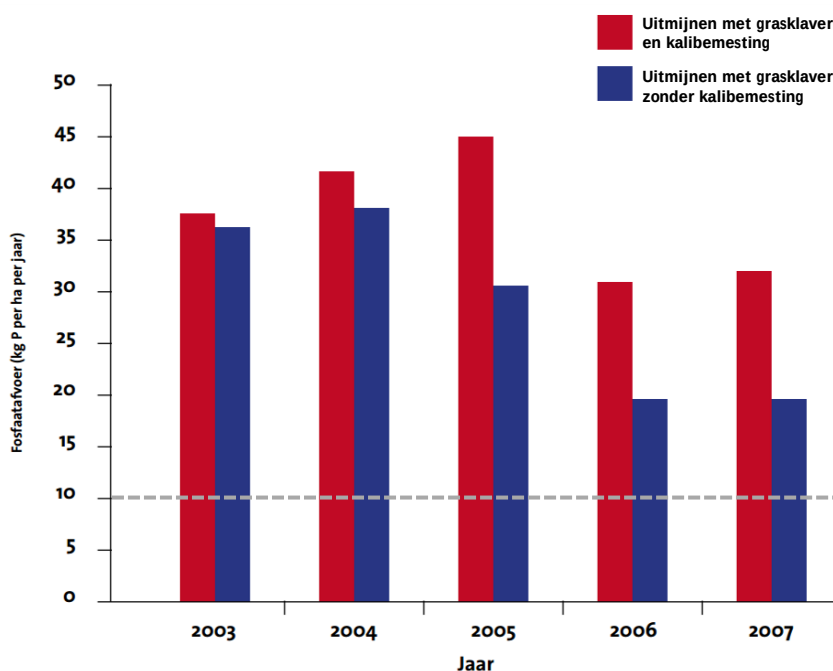
Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*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 3, 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 afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (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 verschralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 4. 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 ontgroning kan een snelle verschraling 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 (zie paragraaf 2.4), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgroning van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschrallingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschralling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (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 verschrallen 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.

2.5 Uitspoeling van fosfaat en nitraat naar het grondwater

De kwaliteit van natte natuurgebieden kan eveneens worden verbeterd door middel van externe maatregelen. Dit zijn maatregelen die bijvoorbeeld op aangrenzende landbouwgronden noodzakelijk zijn. Deze noodzaak kan onder meer zijn ingegeven door de vermestende invloed van deze landbouwgronden op de natuur door middel van uitspoeling naar het grondwater. Verlaging van de P- en N-concentraties in de toplaag door middel van een verschrallingsbeheer en/of het verminderen/stoppen van bemesting zal leiden tot lagere concentraties in de toplaag, en daarmee (op termijn) ook tot lagere concentraties in de diepere bodemlagen en tot verminderde uitspoeling naar het grondwater. Hierbij dient te worden opgemerkt dat nitraat relatief mobiel is en fosfaat relatief immobiel. Wanneer de stikstofbemesting wordt verminderd zal de nitraatuitspoeling al relatief snel verminderen (Figuur 2). Fosfor spoelt relatief langzaam uit. Na het verminderen van de P-bemesting zal vanuit P-verzadigde bodems de uitspoeling van fosfaat naar diepere bodemlagen (en het grondwater) nog voor langere tijd (vermoedelijk decennia) door gaan. Met

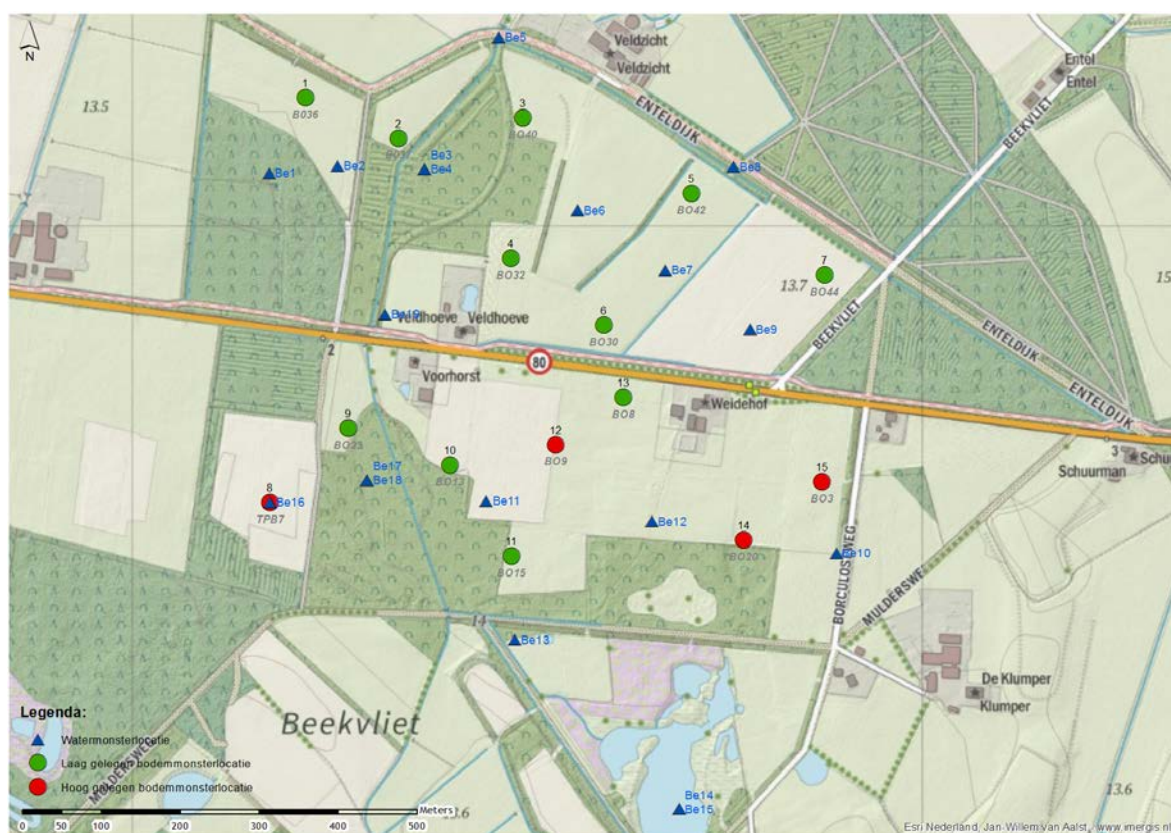
behulp van een uitmijningbeheer kan de P-verzadiging van de toplaag van de bodem worden verlaagd waardoor de P-uitspoeling sneller afneemt.

Het risico op P-uitspoeling kan worden vastgesteld door de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van een bodem te meten. 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 recent onderzoek in de omgeving van Oldenzaal (van Mullekom & Smolders, 2017) blijkt dat de grenswaarde van een fosfaatverzadigingsgraad van 25% overeen komt met $\pm 1900 \mu\text{mol/l}$ Olsen-P ($R^2 = 0,86$), $8,6 \text{ mmol/kg}$ P-oxalaat ($R^2 = 0,92$) en $24 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ P-AL (ammoniumlactaat-azijnzuur; $R^2 = 0,86$). In plaats van de FVG kunnen dus ook andere P-gerelateerde bodemparameters een goede indicatie geven voor de mate waarin de bodems P-verzadigd zijn. Uit het onderzoek bleek tevens dat de uitspoeling van fosfaat en nitraat het sterkst is voor akkers en duidelijk minder voor graslanden.

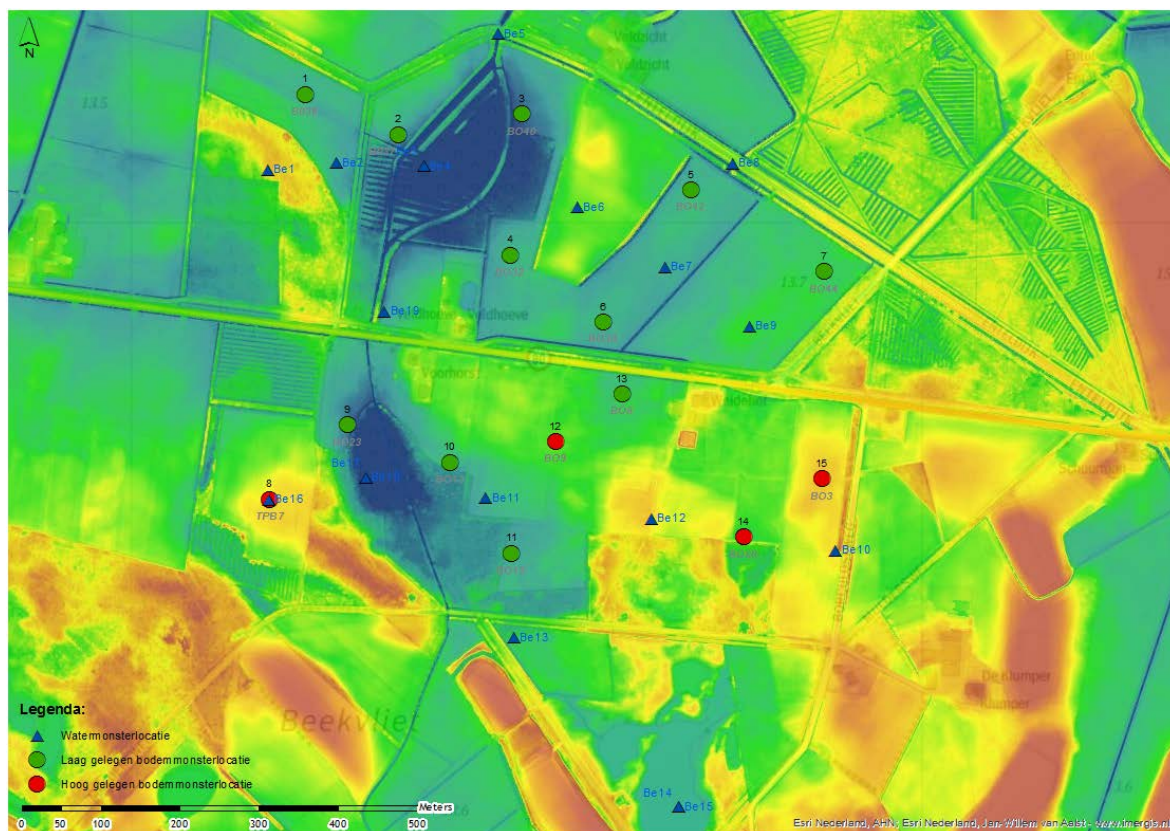
3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodemonderzoek voormalige landbouwgronden

Op 3 april 2017 werden voor het bodemchemisch onderzoek op 15 locaties ondiepe boringen (tot 150 cm onder maaiveld) gezet. De locaties werden door Bureau Bell Hullenaar geselecteerd. Voor de exacte ligging van de boorlocaties zie Figuur 5 en Figuur 6. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Jan Vermeer van het Veldwerkbureau (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien mogelijk ook de GHG en GLG geschat (Tabel 1) aan de hand van hydromorfe profielkenmerken



Figuur 5. Topografische kaart met de ligging van de bodemonsterslocaties (1 t/m 15) en peilbuislocaties (tpb 1 t/m 12) in landgoed Beekvliet.



Figuur 6. Hoogtekaart met de ligging van de bodemonsterslocaties (1 t/m 15) en peilbuislocaties (tpb 1 t/m 12) in landgoed Beekvliet.

Er werden bodemonsters verzameld van de toplaag van de bouwvoor (0-20 cm-mv), het restant van de bouwvoor, de bodemlaag direct onder de bouwvoor (0-10 cm onder de bouwvoor) en de bodemlaag daaronder (10-20 cm onder de bouwvoor). Op een aantal locaties werd van deze bemonsteringsstrategie afgeweken op basis van het aangetroffen bodemprofiel. De bodemonsters werden in afgesloten potten vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal werden 64 bodemonsters verzameld en geanalyseerd.

Tabel 1. XY-coördinaten, landgebruik (type: GS = grasland, AK = akker, WE = weiland), actuele grondwaterstand (GWS; 3 april 2017), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG, gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de berekende GVG ($GVG = 5,4 + 0,83 \times GHG + 0,19 \times GLG$). Voor ligging van de locaties zie Figuur 5.

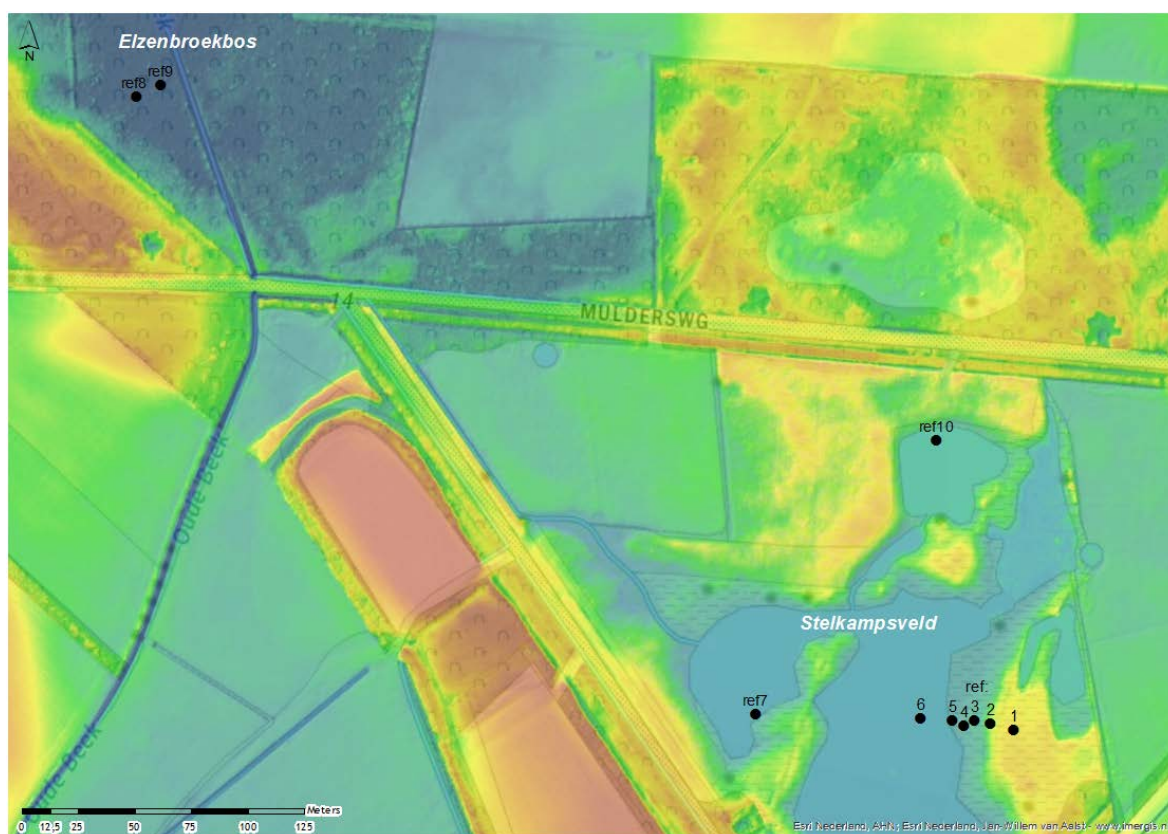
Nr	Code	X	Y	Landgebruik	GWS	GLG	GHG	GVG
1	B036	229218	460162	Weiland	75	110	40	60
2	B037	229336	460111	Weiland	80	120	60	78
3	BO40	229493	460137	Weiland	40	90	20	39
4	BO32	229478	459959	Weiland	60	110	45	64
5	BO42	229707	460041	Weiland	70	>150	50	-
6	BO30	229596	459874	Weiland	65	90	45	60
7	BO44	229875	459938	Grasland	80	90	35	52
8	TPB7	229173	459650	Akker	120	>150	90	-
9	BO23	229272	459744	Weiland	35	70	15	31
10	BO13	229401	459697	Akker	50	90	20	39
11	BO15	229479	459582	Grasland	30	70	0	19
12	BO9	229535	459723	Weiland	110	15	80	75
13	BO8	229620	459783	Weiland	90	110	50	68
14	BO20	229773	459603	Weiland	30	110	10	35
15	BO3	229872	459676	Grasland	140	>150	110	-

3.2 Veldwerkzaamheden referentiemetingen Stelkampsveld

Op 3 april 2017 werden door Onderzoekcentrum B-WARE op een aantal locaties referentiemonsters verzameld in het natuurgebied Stelkampsveld (Figuur 7 en Tabel 2). In een gradiënt van droge heide, via natte heide en blauwgrasland naar het ven met Oeverkruid (*Littorella uniflora*) is de chemie van het bodemvocht en de vaste bodem bepaald (Ref. 1 t/m Ref. 6). Daarnaast zijn een tweetal vennen (Ref. 7 en Ref. 10; alleen oppervlaktewater) en twee referentielocaties in een relatief goed ontwikkeld Elzenbroekbos bemonsterd (Ref. 8 en Ref. 9; oppervlaktewater (alleen Ref. 8), bodemvocht en bodem). Een groot aantal van deze referentielocaties zijn ook bemonsterd in de periode 2009-2010 in het kader van een ecohydrologisch onderzoek (Smolders e.a., 2011).

Tabel 2. Overzicht referentielocaties (Ref. 1 t/m Ref. 10) in het Stelkampsveld. Op locatie Ref. 7 en Ref. 10 is alleen het oppervlaktewater bemonsterd. Op de overige locatie de bodem en het bodemvocht (Ref. 6 en Ref. 10 ook oppervlaktewater). Voor ligging van de locaties zie Figuur 7. Ref.2 t/m Ref. 6 zijn in 2009 ook al bemonsterd (Smolders e.a., 2009).

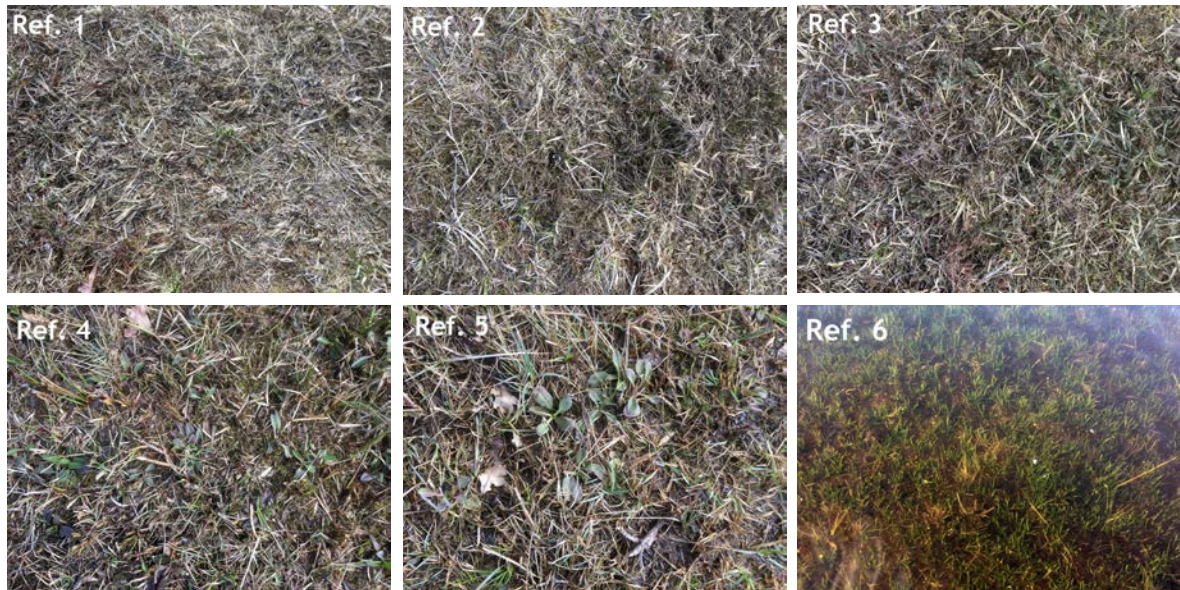
Nr	X	Y	Type	Dominante soorten
Ref1	229735	459311	Droge heide op hoge kop	Struikhei
Ref2	229725	459314	Droge heide op flank/helling (2009: locatie C)	Struikhei
Ref3	229718	459315	Natte heide (2009: locatie D)	Gew one dophei
Ref4	229713	459313	Overgang natte heide - blauw grasland (2009: locatie E)	Gew one dophei, Veldrus, Wilde gageel, Blauw e knoop
Ref5	229708	459315	Blauw grasland (2009: locatie F1-F2)	Veel zeggesoorten
Ref6	229694	459316	Charaven (2009: locatie G,H,I)	Zone met Oeverkruid
Ref7	229621	459318	Ven	Oeverkruid
Ref8	229347	459591	Elzenbroek	Elzenzegge, Gele lis
Ref9	229358	459596	Elzenbroek	Elzenzegge, Gele lis
Ref10	229701	459439	Zuur ven (Littorellaven)	Waterveenmos



Figuur 7. Hoogtekaart met de ligging van de referentielocaties in het natuurgebied Stelkampsveld. Locatie Ref. 1 t/m Ref. 6 betreft een gradiënt van droge heide naar het ven. Ref. 7 en Ref. 10 zijn vennen en Ref. 8 en Ref. 9 referenties in het Elzenbroekbos. Voor nadere informatie over de locaties zie Tabel 2.



Figuur 8. Overzichtsfoto van de bemonsterde referentiegradiënt in het Stelkampsveld (situatie begin april 2017). Foto: Hilde Tomassen.



Figuur 9. Detailfoto's van de 6 referentielocaties in het Stelkampsveld (situatie begin april 2017). Ref. 1 = droge heide op hoge zandkop, Ref. 2 = droge heide op flank, Ref. 3 = natte heide, Ref. 4 = overgang natte heide naar blauwgrasland, Ref. 5 = blauwgrasland en Ref. 6 = ven met Oeverkruid. Voor nadere informatie zie Tabel 2. Foto's: Hilde Tomassen.

Referentielocaties 1 t/m 6 liggen in een gradiënt van droge heide, via natte heide en blauwgrasland naar het Charaven (Figuur 8 en Figuur 9). Ten opzichte van 2009-2010 ligt de zone met Oeverkruid in het Charaven in 2017 wat dieper in het ven (ca. 5-10 m). De overige zones in de gradiënt werden wel op dezelfde locatie aangetroffen.

3.3 Veldwerkzaamheden hydrochemisch onderzoek

Op 28 maart 2017 werden door Jan-Willem van 't Hullenaar op 19 locaties (15x freatisch grondwater en 4x oppervlaktewater) 19 watermonsters verzameld (Tabel 3). Deze monsters werden gekoeld bewaard en op 29 maart geanalyseerd bij Onderzoekcentrum B-WARE.

Tabel 3. Overzicht van de door Bureau Bell Hullenaar verzamelde watermonsters.

Code	Locatie	X	Y	Toelichting locatie
GRONDWATER				
Be1	tpb1	229172	460067	bosperceel op dekzandrug
Be2	tpb2	229259	460076	landbouwkundig beheerd grasland
Be3	tpb3	229369	460072	grondwater onder broekboskom (elzenhakhout)
Be6	tpb4	229563	460020	landbouwkundig beheerd grasland
Be7	tpb5	229674	459944	landbouwkundig beheerd grasland
Be9	tpb6	229781	459869	landbouwkundig beheerd grasland
Be10	tpb10	229890	459586	landbouwkundig beheerd grasland
Be11	tpb8	229447	459652	landbouwkundig beheerde akker
Be12	tpb9	229657	459626	landbouwkundig beheerd grasland
Be13	tpb12	229483	459476	grasland in verschrallingsbeheer
Be15	B34C1054	229691	459262	grondwater onder ven Stelkampsveld
Be16	tpb7	229173	459650	landbouwkundig beheerde akker
Be17	B34C0290	229296	459678	grondwater onder broekboslaagte
Be19	tpb11	229319	459888	landbouwkundig beheerd grasland
OPPERVLAKTEWATER				
Be4	tp3	229369	460072	water op maaiveld bij tpb3
Be5	tp76	229463	460239	Oude Beek (= hoofdwaterloop)
Be8	tp82	229760	460075	afvoerloop van slotenstelsel van landbouwgebied met tpb4, tpb5 en tpb6
Be14	B34C1054	229691	459262	venwater ven Stelkampsveld
Be18	B34C0290	229296	459678	water op maaiveld bij B34C0290

3.4 Chemische analyse

Per bodemmonster werden vervolgens de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P (plantenbeschikbare P fractie);
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a.,1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat (NaHCO_3) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat (CaCO_3). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de

Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H₂O₂, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in µmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l⁻¹ natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Analyse grond- en oppervlaktewater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO₂ en HCO₃) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met verdund zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De monsters voor de Auto-analysers werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in oppervlaktewater, bodemvocht en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, ICP-OES iCAP 6000). De concentraties nitraat (NO₃⁻) en ammonium (NH₄⁺) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III

met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

4. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 4.2 wordt de bodemchemie beschreven en in paragraaf 4.3 de waterkwaliteit. In paragraaf 4.4 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Paragraaf 4.5 bevat een overzicht van de referentiemetingen in het Stelkampsveld. Tenslotte worden in paragraaf 4.6 enkele algemene aandachtspunten bij natuurontwikkeling gegeven.

4.2 Bodemchemie

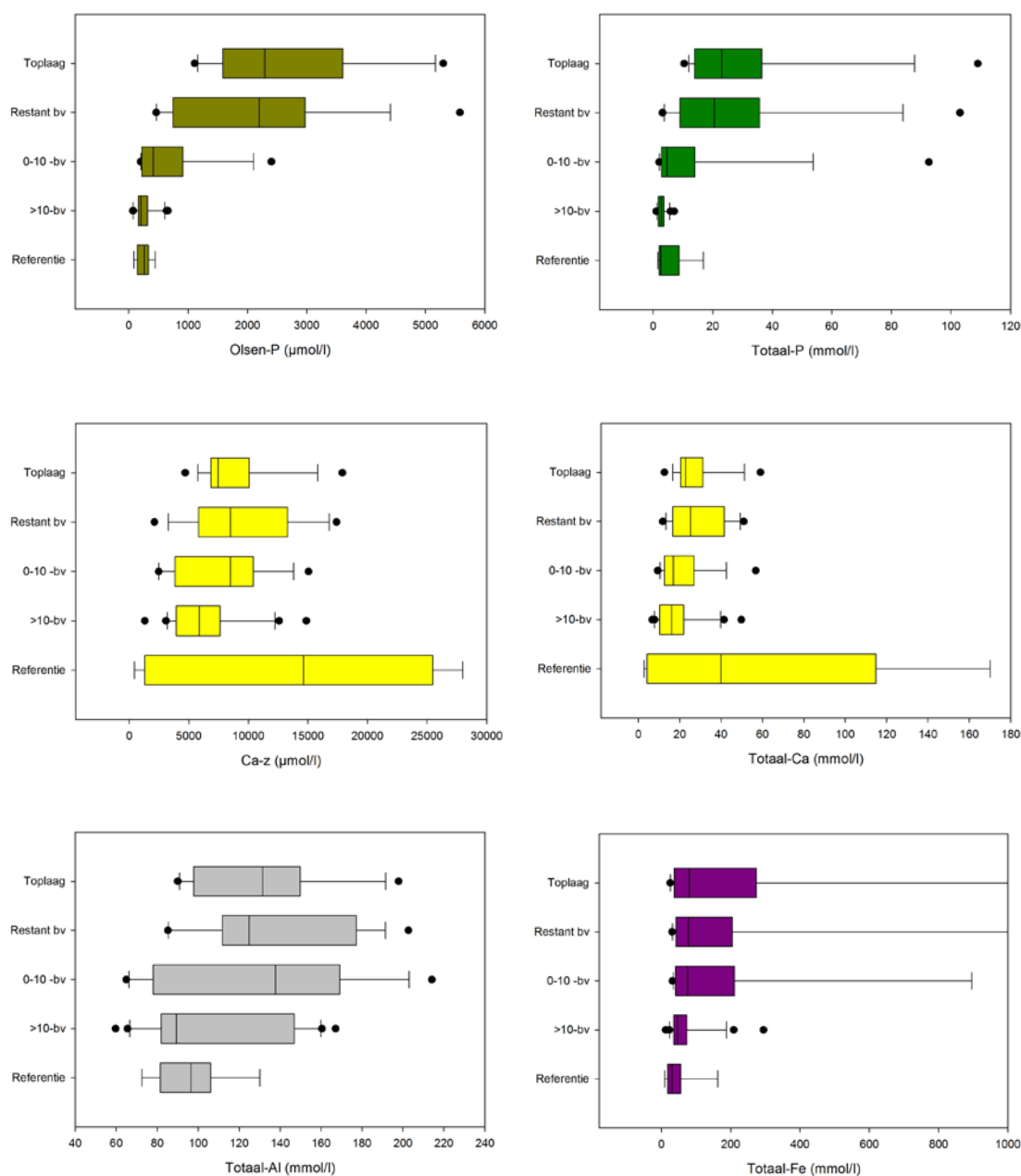
Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem 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 in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

In het agrarisch gebied binnen landgoed Beekvliet werd op 15 locaties de bodemchemie van verschillende bodemlagen in beeld gebracht. In Tabel 7 wordt per locatie de bodemchemie gegeven.



Figuur 10. Impressie van het onderzoeksgebied in landgoed Beekvliet. Foto's: Jan Vermeer.

In Figuur 11 staan boxplots van een aantal belangrijke bodemchemische variabelen op verschillende diepten. De toplaag van de bouwvoor (matig humeus zand; dikte $\pm 20\text{--}35$ cm) is verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat ($\pm 1500\text{--}3500$ $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P) en totaal-P ($\pm 18\text{--}40$ mmol/l bodem) (Figuur 11). In het onderste deel van de bouwvoor is de Olsen-P en totaal-P concentratie iets lager dan in de toplaag van de bouwvoor. Direct onder de bouwvoor zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties fors lager dan in de bouwvoor, waarbij lokaal sprake is van inspoeling van fosfaat uit de toplaag. Op meer dan 10 cm onder de bouwvoor zijn de P-concentraties laag en vergelijkbaar met de metingen op de referentielocaties (Figuur 11).



Figuur 11. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, -Ca, -Fe, -Al, en Ca-zout concentraties van de geanalyseerde bodems. In de Boxplot is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bemonsteringsdiepten: toplaag van de bouwvoor 0-15/20 cm (n=15), restant bouwvoor (n=14), 0-10 cm onder de bouwvoor (n=14), >10 cm onder de bouwvoor (n=21) en de referentielocaties (n=8). De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

De ijzerconcentratie in de bodem varieert sterk. De bodem is overwegend matig ijzerhoudend (30-50 mmol/l) tot sterk ijzerhoudend (50-100 mmol/l). Lokaal zijn echter ijzerrijke (100-300 mmol/l) tot zeer ijzerrijke (>300 mmol/l) bodemlagen aangetroffen. De hoogste ijzerconcentraties in de bodem zijn aanwezig op locatie 5, 6 en 13. Hoge ijzerconcentraties duiden op (voormalige) invloed van ijzerrijke kwel of afzettingen van ijzerrijk zand/slib. IJzer(hydr)oxides binden goed fosfor,

.....
waardoor dit in ijzerrijke bodems eenvoudig kan accumuleren. Daarnaast is ijzerrijk grondwater vaak ook rijk aan fosfor, waardoor ook onder de bouwvoor op de ijzerrijke locaties de totale P-voorraad (zeer) groot kan zijn. In de zeer ijzerrijke bodems is bij een vergelijkbare voorraad totaal-P de beschikbare P-fractie (Olsen-P) lager (Figuur 12, rechtsboven).

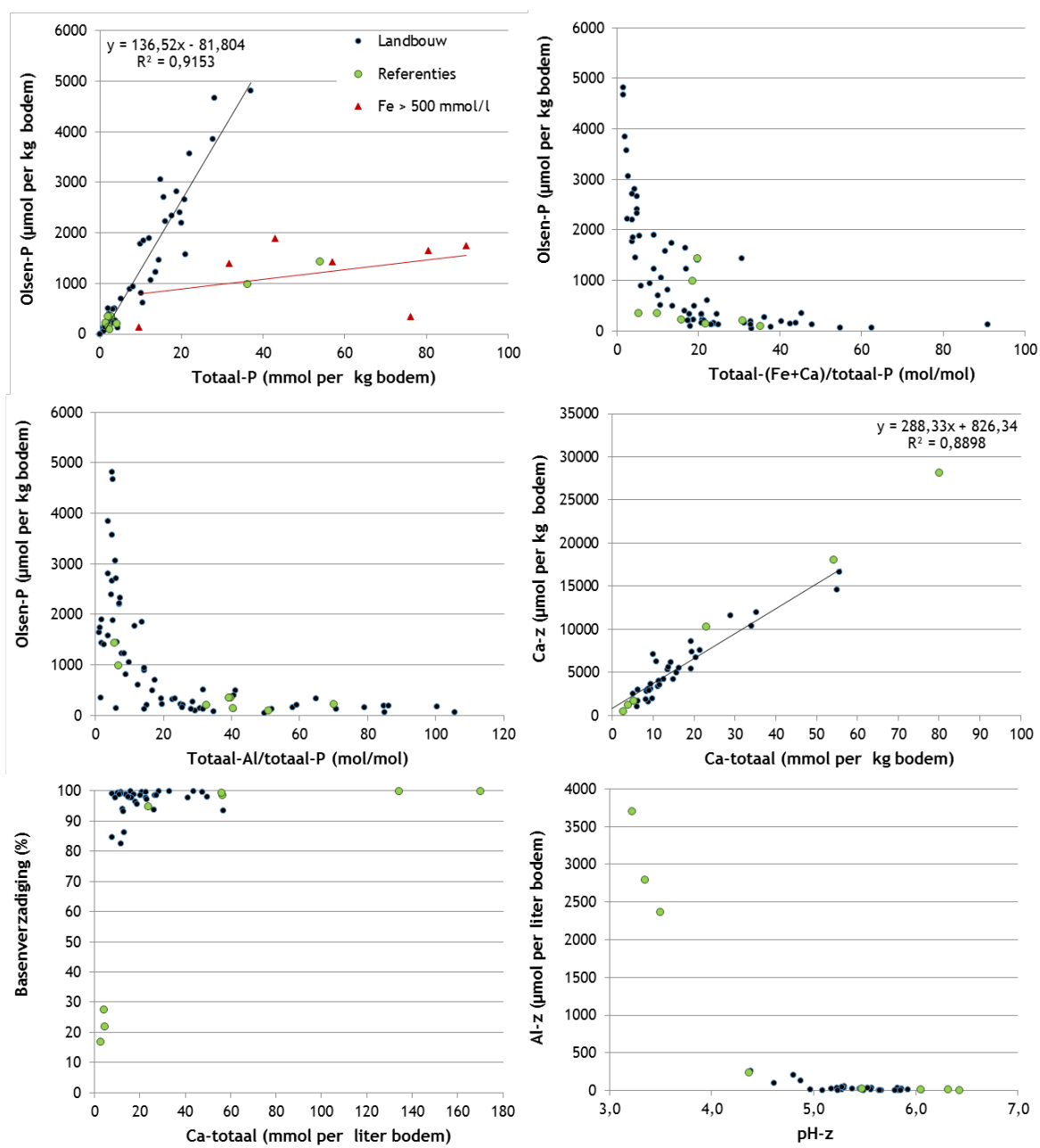
De bodem in het onderzoeksgebied is zwak-matig calciumhoudend (overwegend 15-45 mmol/l Ca-totaal en 4.000-12.000 $\mu\text{mol/l}$ zoutuitwisselbaar calcium) met een gemiddelde concentratie totaal-Ca van 23 mmol /l bodem en $\pm 8.000 \mu\text{mol Ca-z/l}$ bodem. Zowel de concentratie totaal-Ca als uitwisselbaar Ca (Ca-z) neemt beperkt af in de diepte (Figuur 11). De hogere concentraties in de toplaag kunnen het gevolg zijn van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruikt om de pH, en daarmee de productie, te optimaliseren. De concentratie totaal-Al is gemiddeld 124 mmol/l bodem en is een maat voor de hoeveelheid lutum in de bodem. Er is overwegend sprake van een zwak lemige zandbodem.

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn. De concentraties nitraat en ammonium zijn bepaald in de zoutextracten (alleen onder de bouwvoor) (Tabel 7). Vooral op locatie 10 (akker) zijn hoge tot zeer hoge nitraat- en ammoniumconcentraties ($>200 \mu\text{mol}$ per liter bodem) gemeten, onder de bouwvoor. Deze hoge stikstofconcentraties zijn het gevolg van (recente) bemesting.

Hoge stikstofconcentraties zijn vaak een minder groot probleem voor de beoogde natuurontwikkeling dan fosfaat. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en zal als gevolg van uitspoeling en nitrificatie- en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 2). De uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan wel een effect hebben op de ijzerconcentratie van het grondwater. Nitraatrijk grondwater bevat over het algemeen namelijk nauwelijks ijzer doordat opgelost ijzer wordt geoxideerd door nitraat en neerslaat in de bodem. IJzerrijk grondwater is juist positief voor de ontwikkeling van natte natuurtypen omdat dit fosfaat kan immobiliseren. In paragraaf 4.3 wordt de kwaliteit van het freatische grondwater in het gebied beschreven.

Bodemcorrelaties

In Figuur 12 (linksboven) zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de geanalyseerde bodems tegen elkaar uitgezet. Als gevolg van verschillen in grondgebruik (bemestingsduur en -intensiteit), bodemtype (zand, lemig zand) en bodemchemie (variatie in ijzer- en/of calciumconcentraties), zijn er grote verschillen in Olsen-P en totaal-P concentraties aanwezig. In de figuur is een duidelijk onderscheid te maken tussen de zeer ijzerrijke bodems ($> 500 \text{ mmol/l}$ totaal-Fe) en de minder ijzerrijke bodems ($< 500 \text{ mmol/l}$ bodem, locaties BO8 en BO30). De helling van de trendlijn is bij de zeer ijzerrijke bodems lager, dit betekent dat bij dezelfde concentratie totaal-P de beschikbaarheid van fosfaat (Olsen-P) lager is. Fosfor wordt in bodems namelijk zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaerobe condities) en FePO_4 onder aerobe condities.



Figuur 12. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen in landgoed Beekvliet en de referentielocaties in het Stelkampsveld.

Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei/leem deeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In Figuur 12 (rechtsboven en linksmiddelen) is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag.

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH

6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen.

Uit Figuur 12 (rechtsmidden) blijkt dat de concentratie totaal-Ca en de uitwisselbare calciumconcentratie (Ca-z) zeer goed correleren. De totaal-calciumconcentratie is dan ook, net als de concentratie zoutextraheerbaar calcium (Ca-zout), een indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. Deze parameters zijn in grote mate bepalend voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen (zie paragraaf 4.4). Kleideeltjes en organisch materiaal vormen een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem. Indien het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^{+}) is de basenverzadiging 100%. In het gebied is de indicatieve basenverzadiging gemiddeld 97% (Tabel 7), dus het bodemadsorptiecomplex is vrijwel geheel opgeladen met basische kationen. Voor de mate van buffering is de concentratie zoutuitwisselbaar calcium echter het meest indicatief.

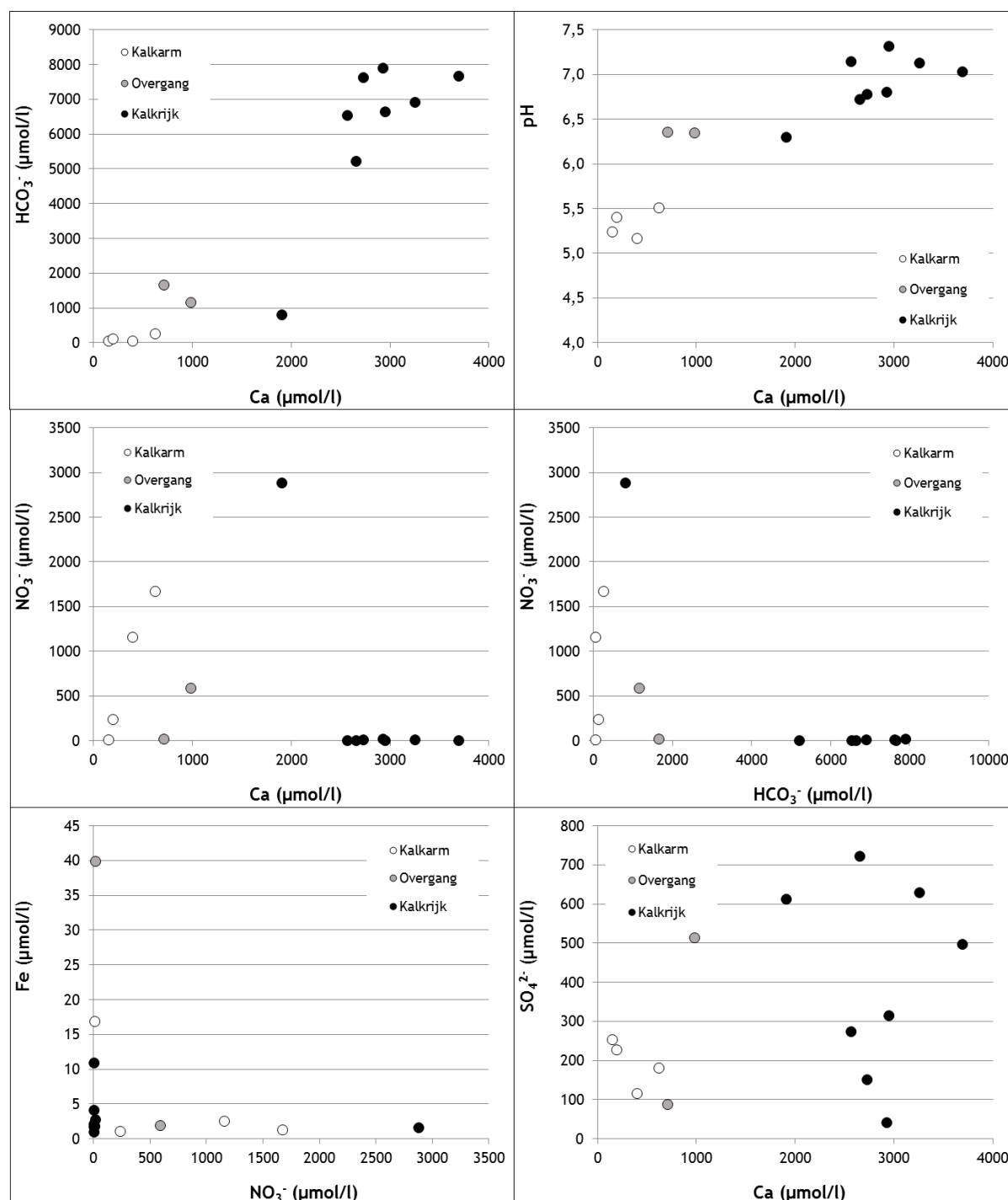
Bodems met een totaal-Ca concentratie van meer dan 15-20 mmol/l bodem hebben meestal een hoge basenverzadiging (> 90%; Figuur 12, linksonder). In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de aluminiumbufferrange (pH < 4,5) komen. De basische kationen worden dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^{+} en Al^{3+}) en de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Naarmate de pH lager wordt neemt de aluminiumconcentratie in het zoutextract toe (Figuur 12, rechtsonder). Dit komt omdat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een lage bodem pH.

4.3 Waterkwaliteit

Op veertien locaties in het gebied werd de kwaliteit van het freatisch grondwater bepaald en op vijf locaties de kwaliteit van het oppervlaktewater (Figuur 5). De resultaten worden gegeven in Tabel 4 en Figuur 13.

Tabel 4. Kwaliteit van het grondwater (GW) en oppervlaktewater (OW). Concentraties zijn, uitgezonderd de pH en alkaliniteit, gegeven in $\mu\text{mol/l}$. Alk = alkaliniteit (zuurbufferend vermogen) in meq/l.

Nr	Locatie	Type	Toelichting	pH	alk	CO_2	HCO_3^-	Al^{3+}	Ca^{2+}	Fe^{2+}	P	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	K+	Na+	Cl
Be1	tpb1	GW	bosperceel op dekzandrug	5,2	0,3	674	49	11	149	17	0,4	252	14	17	-	82	436	449
Be2	tpb2	GW	landbouwkundig beheerd grasland	6,7	5,1	2372	5215	1	2657	2	0,1	722	2	40	-	48	471	473
Be3	tpb3	GW	grondwater onder broekboskom	7,3	6,6	781	6651	3	2952	1	0,1	315	1	59	-	57	681	959
Be6	tpb4	GW	landbouwkundig beheerd grasland	6,3	1,3	1268	1168	7	982	2	0,3	513	590	4	-	241	795	1162
Be7	tpb5	GW	landbouwkundig beheerd grasland	7,0	8,2	1733	7669	1	3698	4	0,1	496	2	81	-	64	1153	1455
Be9	tpb6	GW	landbouwkundig beheerd grasland	6,3	1,1	987	810	7	1908	2	1,0	612	2879	1	-	122	776	1287
Be10	tpb10	GW	landbouwkundig beheerd grasland	5,4	0,5	1139	120	29	196	1	0,3	227	236	4	-	111	429	409
Be11	tpb8	GW	landbouwkundig beheerde akker	6,8	8,1	3089	7618	1	2732	11	0,3	151	6	32	-	169	526	146
Be12	tpb9	GW	landbouwkundig beheerd grasland	5,5	0,4	1898	253	17	623	1	0,4	181	1673	1	-	305	578	682
Be13	tpb12	GW	grasland in verschrallingsbeheer	6,4	1,7	1747	1653	13	710	40	2,6	88	17	10	-	58	167	80
Be15	B34C1054	GW	grondwater onder ven Stelkampsveld	6,8	7,9	2990	7900	2	2932	3	0,1	42	17	2	-	41	699	583
Be16	tpb7	GW	landbouwkundig beheerde akker	5,2	0,3	860	52	27	399	3	0,2	115	1158	1	-	164	684	728
Be17	B34C0290	GW	grondwater onder broekboslaagte	7,1	7,1	1251	6909	2	3256	2	0,3	630	10	37	-	53	746	873
Be19	tpb11	GW	landbouwkundig beheerd grasland	7,1	6,4	1124	6541	1	2570	2	0,5	274	3	76	-	157	2463	3032
Be4	tp3	OW	water op maaiveld bij tpb3	7,3	7,0	844	7352	1	2984	44	4,2	33	6	45	0,4	70	729	867
Be5	tp76	OW	Oude Beek (= hoofdwatervloei)	7,4	5,9	514	5730	1	2612	22	1,6	274	11	21	0,5	62	676	854
Be8	tp82	OW	afvoerloop slotenstelsel landbouw	7,2	6,7	1145	6867	1	3011	61	4,6	295	2	41	0,8	170	1215	1606
Be14	B34C1054	OW	venwater ven Stelkampsveld	7,6	3,9	230	4061	1	1783	3	0,4	94	2	0	0,1	57	472	512
Be18	B34C0290	OW	water op maaiveld bij B34C0290	7,0	6,2	1496	6425	1	3144	49	1,6	573	1	39	0,2	37	738	883



Figuur 13. Correlaties tussen enkele relevante hydrochemische variabelen in landgoed Beekvliet.

Het grondwater is over het algemeen fosforarm ($<1 \mu\text{mol/l}$, alleen op locatie Be13 is deze hoger ($2,6 \mu\text{mol/l}$) en zwak ($< 300 \mu\text{mol/l}$) tot matig ($300\text{-}700 \mu\text{mol/l}$) sulfaathoudend, wat positief is voor de ontwikkeling van natte natuur. Ook de nitraat- en ammoniumconcentraties zijn overwegend relatief laag ($< 30\text{-}50 \mu\text{mol/l}$). Alleen bij enkele landbouwkundig beheerde graslanden (Be6, 9, 10, 12) en een akker (Be16) zijn worden als gevolg van antropogene invloeden (bemesting) hoge tot zeer hoge nitraatconcentraties gemeten.

We zien dat de hoge nitraatwaarden met name worden gevonden voor de grondwatermonsters die zijn genomen uit de kalkarme zandlaag of op de overgang van de kalkarme naar de kalkrijke zandlaag. Op locatie Be9 worden ook zeer hoge nitraatconcentratie gemeten terwijl dit

.....

grondwater is onttrokken uit de veronderstelde kalrijke bodemlaag. We zien dat voor de grondwatermonsters die gekenmerkt worden door een hoge nitraatconcentratie de bicarbonaatconcentratie laag is en de calciumconcentratie is gecorreleerd met de nitraatconcentratie (calciumnitraattype water). 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 (kalkarme) toplaag steeds verder ontkalkt. Overigens zijn de nitraatconcentraties van het grondwater uit de kalkrijke laag (m.u.v. Be9) overwegend laag. Dit doet vermoeden dat het nitraat dat uitspoelt uit de toplaag niet de kalkrijke bodemlagen bereikt. Vermoedelijk wordt het gedenitrificeerd of stroomt het nitraatrijke water over de kalrijke zandlaag af. Uitspoeling van nitraat kan leiden tot verrijking van het grondwater met sulfaat als gevolg van pyrietoxidatie. De sulfaatconcentraties zijn overwegend wat hoger in het grondwater uit de kalrijke zandlaag. Daarnaast kan oxidatie van in het grondwater opgelost ijzer ertoe leiden dat grondwater ijzerarm is (het door nitraat geoxideerd ijzer slaat neer in de bodem, zie Figuur 13). De buffering (alkaliniteit en calciumconcentratie) varieert dus sterk met de hoogteligging. Het grondwater uit de kalkrijke zandlaag is goed gebufferd en hier is de calciumconcentratie gecorreleerd met de bicarbonaatconcentratie (calciumcarbonaattype water).

Het grondwater in de (omgeving van) de twee laagtes in het onderzoeksgebied (noord: Be 2, 3, 6; zuid: Be11 en 17) wordt gekenmerkt door (zeer) lage ijzerconcentraties ($< 5 \mu\text{mol/l}$). Het grondwater is sterk gebufferd (pH 6,3-7,1, alkaliniteit $\pm 5\text{-}8 \text{ meq/l}$, $\text{Ca}^{2+} \pm 2500\text{-}3000 \mu\text{mol/l}$, locatie 6 is minder gebufferd).

Ook in het oppervlaktewater zijn de sulfaatconcentraties relatief laag ($< 300 \mu\text{mol/l}$, alleen op locatie Be18 $573 \mu\text{mol/l}$). De oppervlaktewaterkwaliteit lijkt erg op de kwaliteit van het grondwater uit kalkrijke zandlagen. Opvallend is dat, met uitzondering van het venwater in het Stelkampsveld, ijzer- en ammonium is gemeten in het oppervlaktewater (hoofdwaterloop, afvoersloot en water op maaiveld in de laagtes/broekbossen). Dit duidt op zuurstofarme condities. De ortho-P concentraties zijn op alle vijf de locaties $< 1 \mu\text{mol/l}$.

4.4 Kansen voor de natuurontwikkeling

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van een aantal agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie Hoofdstuk 2).

Natuurbeheertypen

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 en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 5 staan voor een groot aantal natte natuurbeheertypen de abiotische randvoorwaarden aangegeven. Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten. De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend in de natuurontwikkelingskansen. In de praktijk is het mogelijk dat de Olsen-P concentratie op zeer ijzerrijke locaties na ontgronding lager uitvalt omdat extra fosfaat immobilisatie plaatsvindt door de ijzerhydroxides in de bodemlaag die het nieuwe maaiveld vormen. Dit is echter niet te kwantificeren.

Tabel 5. 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 / Veldrusschraalland	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					

Verschrallingsduur

Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschrallingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschralling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschralling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschrallingsduur berekend worden. Het is mogelijk dat de berekende verschrallingsduur overschat wordt indien er extra fosfaatimmobilisatie plaatsvindt (zie vorige paragraaf).

De verschrallingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis 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 standaard waarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschrallingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschrallingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschralling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschrallingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld

.....

op 3 mmol/l. Voor uitmijnen kan de verschrallingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar (Figuur 4). 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. hydrologie).

In het onderzoeksgebied wordt gedacht aan de ontwikkeling van de volgende natuurbeheertypen: vochtig hooiland (N10.02), nat schraalland (N10.01), vochtige heide (N 6.04), rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01) en eventueel kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) op minder kansrijke locaties. Onder ijzerrijke omstandigheden kunnen de natuurbeheertypen vochtig hooiland en beekbegeleidend bos tot ontwikkeling komen bij een Olsen-P streefconcentratie van maximaal 800 μmol per liter bodem (optimaal <500 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Voor nat schraalland en vochtige heide is bij dit onderzoek uitgegaan van een Olsen-P streefconcentratie van 300 μmol per liter bodem. Het natuurbeheertype kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) kan tot ontwikkeling komen bij een Olsen-P streefconcentratie van 900-1200 μmol per liter bodem. In Tabel 7 wordt de berekende verschrallingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en diepte gegeven. Deze verschrallingsduur is berekend voor een Olsen-P streefconcentratie van zowel 300 als 500 $\mu\text{mol/l}$. De verschrallingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. 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.

Bodembuffering

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

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

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

Kansen voor natuurontwikkeling per locatie

In deze paragraaf worden op basis van bodemtype en bodemchemie de kansen voor natuurontwikkeling per locatie besproken. De grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden zijn natuurlijk ook van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen, maar deze aspecten maken beperkt onderdeel uit van dit onderzoek en worden uitgebreid door Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar beschreven, waarbij gebruik wordt gemaakt van de bevindingen in dit onderzoek. Het eventueel afgraven van de P-rijke bodem dient namelijk te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten van dit bodem- en hydrochemisch onderzoek vormen wel een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de **LAAG GELEGEN** locaties in landgoed Beekvliet. GWS = actuele grondwaterstand (op 3 april 2017; cm -mv); GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand (cm -mv); GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand (cm -mv); HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3 = berekende verschrallingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l), M5/M8 tot een streefconcentratie van 500/800 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 Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties (grijs gedrukt = berekend op basis van correlatie met totaal-Ca) zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

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

Nr	Code	GWS	GLG	GHG	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	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	
1	BO36	75	110	40	0-20	zand, ger. bv	Apx	4	22	1,1	2803	21,9	106	23	83	5	13	11		7447									118	112	98	
					20-35	zand, ger. bv	Apx	4	20	1,1	2728	22,3	106	22	86	5	13	9		7331									90	85	74	
					35-45	zand, iets ger.	BxC	2	13	1,5	395	5,7	165	28	180	6	17	2	1	12565	0,00	758	4081	5,8	100	0,8	87	51	4	0	0	
					45-55	zand, iets ger.	BxC	1	15	1,6	201	3,6	147	33	294	6	17	2	1	10815	0,00	1012	3222	6,1	100	1,2	65	49	0	0	0	
2	BO37	80	120	60	0-20	zand, ger. bv	Apx	2	17	1,3	3606	24,1	91	13	90	8	11	7		4697									132	130	117	
					20-30	zand, st. verm.	AXC	2	15	1,3	2527	16,4	85	12	78	6	11	6	263	2113	0,12	1381	727	4,4	82	2,0	210	125	42	41	35	
					30-40	zand	C	0	13	1,5	328	4,0	79	12	72	8	14	1	102	2832	0,04	1484	1392	4,6	94	2,4	100	87	1	0	0	
					40-50	zand	C	1	15	1,5	217	3,7	113	16	72	10	20	1		5903								0	0	0		
					80-90	zand, lijkt ingesp.	CB	1	15	1,5	145	3,6	107	19	46	10	23	1		6645									0	0	0	
3	BO40	40	90	20	0-20	zand, bv, opgebr.	Apxx	7	25	1,0	1402	13,9	90	24	39	3	11	15		7697									68	56	37	
					20-35	zand, opgebr.	Xx	2	15	1,3	901	6,9	120	20	50	4	14	10		6708									18	14	4	
					35-45	zand, opgebr.	Xx	3	18	1,4	214	2,9	166	27	41	4	13	11	29	7496	0,00	1119	3121	5,6	99	0,8	265	134	0	0	0	
					45-55	veen, oud rest.	O	10	38	0,9	69	2,3	78	50	35	4	15	26	10	14864	0,00	1372	7108	5,3	98	1,3	196	780	0	0	0	
					55-65	zand, st. ingesp.	B	5	26	1,2	74	1,0	87	41	22	7	14	16	24	12577	0,00	1316	4706	5,9	98	1,0	125	593	0	0	0	
4	BO32	60	110	45	0-20	zand, ger. bv	Apx	3	16	1,3	1587	17,8	137	20	281	6	14	7		6874									90	76	55	
					20-30	zand	C	1	12	1,5	731	5,3	90	14	87	5	13	2	20	4457	0,00	1586	2339	5,2	99	1,5	109	79	7	5	0	
					30-40	zand	C	0	11	1,6	192	1,4	71	10	56	6	12	1	10	4795	0,00	1337	2682	5,6	99	0,0	68	50	0	0	0	
					40-50	zand	C	0	13	1,6	79	1,3	65	11	33	6	14	0		4320									0	0	0	
5	BO42	70		50	0-20	zand, kleig, ger. bv	Apx	4	20	1,2	1899	25,3	98	27	274	7	18	8		8641									133	117	92	
					20-30	zand, kleig, ger. bv	Apx	3	20	1,3	1868	42,2	113	33	801	7	21	9		10708										111	96	75
					30-40	zand	C	0	13	1,6	528	3,5	68	16	70	7	17	0	1	11381	0,00	510	5426	5,6	100	2,2	138	66	2	1	0	
					40-50	zand	C	0	14	1,7	354	5,8	88	21	104	10	23	0	5	7019	0,00	572	3653	5,8	100	2,1	179	38	3	0	0	
6	BO30	65	90	45	0-20	zand, bv, opgebr.	Apxx	4	19	1,4	2230	109,0	117	46	1782	6	24	6		14446									590	529	437	
					20-35	zand, ger.	Xx	2	16	1,5	2852	64,7	128	44	541	8	28	3	5	17408	0,00	525	6327	5,8	100	3,2	461	67	271	250	218	
					35-45	zand, begr. teeltl.	A	9	30	1,0	1795	92,6	132	57	1179	6	21	33	14	15060	0,00	491	3461	5,0	94	1,3	29	1767	241	209	160	
					45-55	zand, uitgel.	C/E	0	15	1,6	203	2,7	85	15	51	10	23	1	0	5942	0,00	444	2302	5,7	98	0,0	29	379	0	0	0	
7	BO44	80	90	35	0-15	zand, bv	Ap	3	19	1,3	2898	26,6	187	22	80	7	15	9		7345									110	103	90	
					15-25	zand, bv	Ap	4	19	1,3	2928	22,2	164	17	92	6	13	8		6014									60	58	50	
					25-35	zand	C	1	13	1,3	817	14,3	180	12	305	7	14	2	5	4170	0,00	1108	1814	5,7	99	0,8	66	37	28	17	1	
					35-45	zand	C	0	14	1,5	497	3,9	89	8	73	7	13	0	29	3797	0,01	1677	1413	5,8	99	0,0	39	27	3	0	0	
9	BO23	35	70	15	0-20	zand, bv	Ap	7	23	1,1	1110	13,2	131	59	84	8	21	19		17894									60	45	23	
					20-30	zand, bv	Ap	7	23	1,0	1282	14,4	122	51	79	8	19	17		15553									35	27	17	
					30-40	zand, moerig	BC	3	21	1,3	423	3,2	75	27	39	9	20	11	9	9640	0,00	1375	2161	5,5	99	2,2	185	225	1	0	0	
					40-50	zand, moerig	BC	1	17	1,5	336	3,2	80	20	40	10	25	4	3	7896	0,00	1731	1733	5,8	99	1,4	23	248	1	0	0	
10	BO13	50	90	20	0-20	zand, ger. bv	Apx	4	20	1,3	5079	36,5	136	36	37	8	15	10		11384									209	206	192	
					20-30	zand, st. ger.	Axxb	2	14	1,4	3098	22,6	159	27	31	8	13	4		9053									61	59	52	
					30-40	zand, st. ger.	Axxb	3	16	1,4	1205	10,0	143	26	32	7	14	6	25	10077	0,00	2567	3248	5,5	94	1,0	558	1360	22	18	10	
					40-50	zand, iets insp.	C/b	1	13	1,5	293	2,3	60	13	28	7	13	2	6	4194	0,00	2673	1449	5,9	86	0,4	213	1988	0	0	0	
11	BO15	30	70	0	0-20	zand, bv, opgebr.	Apxx	3	19	1,3	1190	10,4	150	25	60	7	16	8		8147									46	38	21	
					20-40	zand, ger.	Ax	7	30	1,0	775	9,6	86	41	78	6	14	18		12557									37	21	0	
					40-50	zand, gelaagd	BC	1	17	1,5	201	2,3	65	16	37	9	20	2	3	9469	0,00	858	1480	5,5	98	0,4	49	438	0	0	0	
					50-60	zand, gelaagd	BC	2	20	1,5	237	3,3	84	23	46	10	24	3	8	6376	0,00	800	1000	5,9	98	0,0	61	314	0	0	0	
13	BO8	90	110	50	0-15	zand, bv	Ap	8	22	1,3	1858	73,7	139	31	2228	3	20	12		10054									290	253	197	
					15-30	klei, zandig	B	8	20	1,4	462	103,0	180	48	4611	1	25	7	6	16180	0,00	163	6875	5,1	100	0,8	96	53	170	0	0	
					30-40	zand	C	1	15	1,6	218	14,9	93	23	610	5	18	1	7	9683	0,00	209	3376	5,2	100	0,0	27	39	0	0	0	
					40-50	zand	C	1	14	1,6	198	7,1	101	24	209	10	22	1		8100									0	0	0	

1. De toplaag (0-20 cm -mv) van de 35 cm dikke zandige bouwvoor is ijzerhoudend/ijzerrijk (totaal-Fe: 83 mmol/l) en zwak-matig calciumhoudend (Ca-t: 23 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.500 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 21,9-22,3 mmol/l en Olsen-P: 2728-2803 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 150 jaar maaien en afvoeren vereist. Na afgraven van de volledige bouwvoor (35 cm) is de ijzerrijke (180 mmol/l) zandbodem, in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (<5 jaar maaien en afvoeren), onder de juiste hydrologische omstandigheden geschikt (totaal-P: 5,7 mmol/l en Olsen-P: 395 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (of heischraal grasland) (Ca-t: 28 mmol/l en Ca-z: $\pm 12.500 \mu\text{mol/l}$). *Advies: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van blauwgrasland.*
2. De 20 cm dikke zandige bouwvoor is ijzerhoudend/ijzerrijk (totaal-Fe: 90 mmol/l) en zwak calciumhoudend (Ca-t: 13 mmol/l en Ca-z: $\pm 5.000 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 24,1 mmol/l en Olsen-P: 3606 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 150 jaar maaien en afvoeren vereist. Ook de geroerde laag direct onder de bouwvoor (20-30 cm-mv) is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 16,4 mmol/l en Olsen-P: 2527 $\mu\text{mol/l}$). Na afgraven van de volledige verrijkte toplaag (20 cm bouwvoor + 10 cm sterk vermengde/verstoorde bodem) is de ijzerhoudende (72 mmol/l) zandbodem, in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (<5 jaar maaien en afvoeren), geschikt (totaal-P: 4,0 mmol/l en Olsen-P: 328 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heide / heischraal grasland (Ca-t: 12 mmol/l en Ca-z: $\pm 2.800 \mu\text{mol/l}$). Vanaf 40 cm-mv neemt de buffering van de bodem licht toe, waarschijnlijk mogelijk als gevolg van de aanrijking met bufferstoffen vanuit het grondwater (via capillaire opstijging; GHG = 60 cm-mv). De bodem is onvoldoende gebufferd en ijzerhoudend voor de ontwikkeling van een alluviaal bos (het grondwater op locatie Be2 en Be6 bevat ook nauwelijks ijzer: <5 $\mu\text{mol/l}$). Ook voor heischraal grasland zal voldoende aanrijking van basen via capillaire opstijging nodig zijn om te voorkomen dat de bodem verder verzuurd. *Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide / heischraal grasland.*
3. De 20 cm dikke zandige bouwvoor is matig ijzerhoudend (totaal-Fe: 39 mmol/l) en zwak-matig calciumhoudend (Ca-t: 24 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.700 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik verrijkt met fosfaat (totaal-P: 13,9 mmol/l en Olsen-P: 1402 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 75 jaar maaien en afvoeren vereist. Ook de toplaag (20-35 cm-mv) van de opgebrachte bodem (20-45 cm-mv) direct onder de bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 6,9 mmol/l en Olsen-P: 901 $\mu\text{mol/l}$). Na afgraven van de volledige verrijkte toplaag (20 cm bouwvoor + 15 cm opgebrachte bodem) is de matig ijzerhoudende (41 mmol/l) zandbodem geschikt (totaal-P: 2,9 mmol/l en Olsen-P: 214 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/blauwgrasland (Ca-t: 27 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.500 \mu\text{mol/l}$). Vanaf 45 cm-mv is de bodem humeuzer (5-10% organische stof) en meer gebufferd (Ca-t: 41-50 mmol/l en Ca-z: $\pm 12.500-15.000 \mu\text{mol/l}$) waardoor de ontwikkeling van een blauwgrasland tot de mogelijkheden behoort onder de juiste hydrologische omstandigheden. De bodem vanaf 45 cm-mv is mogelijk ook geschikt voor de ontwikkeling van een alluviaal bos (het grondwater op locatie Be2, Be3 en Be6 bevat ook nauwelijks ijzer: <5 $\mu\text{mol/l}$, maar is wel gebufferd met een alkaliniteit van respectievelijk 5,13 – 6,63 en 1,28 meq/l). *Advies: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland of 45 cm afgraven (reliëf herstellen) voor de ontwikkeling van blauwgrasland (of alluviaal bos).*
4. De 20 cm dikke zandige bouwvoor is ijzerrijk (totaal-Fe: 281 mmol/l) en zwak-matig calciumhoudend (Ca-t: 20 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.000 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van

het agrarische gebruik verrijkt met fosfaat (totaal-P: 17,8 mmol/l en Olsen-P: 1587 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 95 jaar maaien en afvoeren vereist. Na afgraven van de bouwvoor (20 cm) is de ijzerhoudende/ijzerrijke (87 mmol/l) zandbodem, in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (<10 jaar maaien en afvoeren), onder de juiste hydrologische omstandigheden geschikt (totaal-P: 5,3 mmol/l en Olsen-P: 731 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide (Ca-t: 14 mmol/l en Ca-z: $\pm 4.500 \mu\text{mol/l}$). Wanneer 30 cm wordt afgegraven is de ijzerhoudende (56 mmol/l) zandbodem voldoende P-arm (totaal-P: 1,4 mmol/l en Olsen-P: 192 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t: 10 mmol/l en Ca-z: $\pm 4.800 \mu\text{mol/l}$)/heide. De bodem is onvoldoende gebufferd en ijzerhoudend voor de ontwikkeling van een alluviaal bos (het grondwater op locatie Be2, Be3 en Be6 bevat ook nauwelijks ijzer: <5 $\mu\text{mol/l}$). Ook voor heischraal grasland zal voldoende aanrijking van basen via capillaire opstijging nodig zijn om te voorkomen dat de bodem verder verzuurd. *Advies: 20-30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland.*

5. De toplaag (0-20 cm -mv) van de 30 cm dikke zandige/kleiige bouwvoor is ijzerrijk (totaal-Fe: 274 mmol/l; in de onderkant van de bouwvoor is 801 mmol/l Fe gemeten!) en matig calciumhoudend (Ca-t: 27 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.500 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 25,3-42,2 mmol/l en Olsen-P: 1868-1899 $\mu\text{mol/l}$). Daarnaast heeft in combinatie met de ijzerafzettingen waarschijnlijk ook P-afzetting plaatsgevonden (met een overmaat aan ijzer). Voor de ontwikkeling van een soortenrijk vochtig hooiland is circa 130 jaar maaien en afvoeren vereist. Na afgraven van de volledige bouwvoor (30 cm) is de zandbodem minder ijzerrijk (70 mmol/l) en, in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (<5 jaar maaien en afvoeren), onder de juiste hydrologische omstandigheden geschikt (totaal-P: 3,5 mmol/l en Olsen-P: 528 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraal grasland (Ca-t: 16 mmol/l en Ca-z: $\pm 11.500 \mu\text{mol/l}$). *Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland/blauwgrasland.*
6. Op deze locatie is sprake van een 45 cm dikke, extreem ijzerrijke (totaal-Fe: 541-1782 mmol/l) en (matig) calciumhoudende (Ca-t: 44-57 mmol/l en Ca-z: $\pm 15.000-17.500 \mu\text{mol/l}$). De totaal-P concentratie zijn zeer hoog: 65-109 mmol/l. In combinatie met de ijzerafzettingen heeft waarschijnlijk ook P-afzetting plaatsgevonden (met een overmaat aan ijzer). De Olsen-P concentraties bedragen 1795-2852 $\mu\text{mol/l}$. Het is niet duidelijk of de Olsen-extractie voor een dergelijke extreem ijzerrijke bodem een reëel beeld van de voor planten beschikbare P-fractie geeft. Gezien de grote P-voorraad blijft het lastig aan te geven welk deel hiervan beschikbaar zal zijn voor planten. Het is in verband met de zeer grote hoeveelheid (ijzerbonden) fosfor in het systeem sowieso belangrijk dat de toplaag in de zomermaanden droogvalt (huidige GHG = 45 cm-mv) om extra P-mobilisatie te voorkomen. Vanwege de zeer hoge ijzerconcentraties zal de vegetatieontwikkeling deels gestuurd worden door ijzertoxiciteit. Hierdoor wordt de groei van een aantal hoogcompetitieve soorten, zoals liesgras, onderdrukt. Dit ondanks de te hoge P-beschikbaarheid. Het is in de praktijk mogelijk dat de Olsen-P concentratie (bij voldoende droogval in de zomer) na ontgronding lager uitvalt omdat extra fosfaat immobilisatie plaatsvindt door de ijzer(hydr)oxides in de bodemlaag die het nieuwe maaiveld gaat vormen. Een ontgronding van 20 cm ten behoeve van de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland of alluviaal bos (onder de juiste hydrologische omstandigheden) is te overwegen maar vormt een risico omdat de P-beschikbaarheid niet goed te voorspellen is. Wanneer 45 cm wordt afgegraven is de zandbodem veel minder ijzerrijk (51 mmol/l) en, onder de juiste hydrologische omstandigheden, geschikt (totaal-P: 2,7 mmol/l en Olsen-P: 203 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t: 15 mmol/l en Ca-z: $\pm 6.000 \mu\text{mol/l}$). *Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een*

dotterbloemhooiland/alluviaal bos (hydrologie optimaliseren) of 45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland.

7. De toplaag (0-15 cm -mv) van de 25 cm dikke zandige bouwvoor is ijzerhoudend/ijzerrijk (totaal-Fe: 80 mmol/l) en zwak-matig calciumhoudend (Ca-t: 22 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.500 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 22,2-26,6 mmol/l en Olsen-P: 2898-2928 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 170 jaar maaien en afvoeren vereist. Na afgraven van de volledige bouwvoor (25 cm) is de ijzerrijke (305 mmol/l) zandbodem, in combinatie met aanvullend verschrallingsbeheer, onder de juiste hydrologische omstandigheden geschikt (totaal-P: 14,3 mmol/l en Olsen-P: 817 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide (Ca-t: 12 mmol/l en Ca-z: $\pm 4.200 \mu\text{mol/l}$). Wanneer 35 cm wordt afgegraven (totaal-P: 3,9 mmol/l en Olsen-P: 479 $\mu\text{mol/l}$) volstaat zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (< 5 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een vochtige heide (Ca-t: 8 mmol/l en Ca-z: $\pm 3.800 \mu\text{mol/l}$). *Advies: 25-35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide.*
9. De toplaag (0-20 cm -mv) van de 30 cm dikke zandige bouwvoor is ijzerhoudend/ijzerrijk (totaal-Fe: 84 mmol/l) en calciumhoudend (Ca-t: 59 mmol/l en Ca-z: $\pm 18.000 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik verrijkt met fosfaat (totaal-P: 13,2-14,4 mmol/l en Olsen-P: 1110-1282 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 75 jaar maaien en afvoeren vereist. Na afgraven van de volledige bouwvoor (30 cm) is de zandbodem, in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (<5 jaar maaien en afvoeren), onder de juiste hydrologische omstandigheden geschikt (totaal-P: 3,2 mmol/l en Olsen-P: 423 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/blauwgrasland (Ca-t: 27 mmol/l en Ca-z: $\pm 9.600 \mu\text{mol/l}$). De bodem is onvoldoende gebufferd en ijzerhoudend voor de ontwikkeling van een alluviaal bos (het grondwater op locatie Be11 en Be17 is sterk gebufferd maar bevat nauwelijks ijzer: 2-11 $\mu\text{mol/l}$). *Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland/blauwgrasland.*
10. De 20 cm dikke zandige bouwvoor is zwak-matig ijzerhoudend (totaal-Fe: 37 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 36 mmol/l en Ca-z: $\pm 11.500 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 36,5 mmol/l en Olsen-P: 5079 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 240 jaar maaien en afvoeren vereist. Op 20-40 cm-mv is een sterk geroerde/verstoorde, zeer nitraat- en ammoniumrijke (>500 $\mu\text{mol/l}$), bodemlaag aangetroffen die eveneens verrijkt is met fosfaat (totaal-P: 10,0-22,6 mmol/l en Olsen-P: 1205-3098 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer 20-30 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van respectievelijk 80 en 20 jaar voor schraallandontwikkeling. Wanneer 40 cm wordt afgegraven is de bodem, onder de juiste hydrologische omstandigheden geschikt (totaal-P: 2,3 mmol/l en Olsen-P: 293 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide (Ca-t: 13 mmol/l en Ca-z: $\pm 4.200 \mu\text{mol/l}$). De bodem is onvoldoende gebufferd en ijzerhoudend voor de ontwikkeling van een alluviaal bos (het grondwater op locatie Be11 en Be17 is sterk gebufferd maar bevat nauwelijks ijzer: 2-11 $\mu\text{mol/l}$). *Advies: 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide.*
11. De 20 cm dikke zandige (opgebrachte?) bouwvoor is (matig) ijzerhoudend (totaal-Fe: 60 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 25 mmol/l en Ca-z: $\pm 8.100 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik verrijkt met fosfaat (totaal-P: 10,4 mmol/l en Olsen-P: 1190 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 55 jaar maaien en afvoeren vereist. Op 20-40 cm-mv is een sterk geroerde/verstoorde bodemlaag aangetroffen die eveneens verrijkt is met fosfaat (totaal-P: 9,6 mmol/l en Olsen-P: 775 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van

.....

circa 35 jaar voor schraallandontwikkeling. Wanneer 40 cm wordt afgegraven is de bodem, onder de juiste hydrologische omstandigheden geschikt (totaal-P: 2,3 mmol/l en Olsen-P: 201 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland(/blauwgrasland) (Ca-t: 19 mmol/l en Ca-z: $\pm 9.500 \mu\text{mol/l}$). De bodem is onvoldoende gebufferd en ijzerhoudend voor de ontwikkeling van een alluviaal bos (het grondwater op locatie Be11 en Be17 is sterk gebufferd maar bevat nauwelijks ijzer: 2-11 $\mu\text{mol/l}$). *Advies: 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland(/blauwgrasland).*

13. Op deze locatie is sprake van een 40 cm dikke, extreem ijzerrijke (totaal-Fe: 610-4611 mmol/l) en matig calciumhoudende (Ca-t: 23-48 mmol/l en Ca-z: $\pm 9.500-16.000 \mu\text{mol/l}$) toplaag. De bouwvoordikte bedraagt 15 cm. De totaal-P concentratie is de bovenste 30 cm zijn zeer hoog: 74-103 mmol/l. Op 30-40 cm-mv is de totaal-P concentratie lager: 15 mmol/l. In combinatie met de ijzerafzettingen heeft waarschijnlijk ook P-afzetting plaatsgevonden (met een overmaat aan ijzer). De Olsen-P concentraties zijn vooral hoog in de bouwvoor van 15 cm (1858 $\mu\text{mol/l}$). Het is niet duidelijk of de Olsen-extractie voor een dergelijke extreem ijzerrijke bodem een reëel beeld van de voor planten beschikbare P-fractie geeft. Gezien de grote P-voorraad blijft het lastig aan te geven welk deel hiervan beschikbaar zal zijn voor planten. Het is in verband met de zeer grote hoeveelheid (ijzerbonden) fosfor in het systeem sowieso belangrijk dat de toplaag in de zomermaanden droogvalt (huidige GHG = 50 cm-mv) om extra P-mobilisatie te voorkomen. Vanwege de zeer hoge ijzerconcentraties zal de vegetatieontwikkeling deels gestuurd worden door ijzertoxiciteit. Hierdoor wordt de groei van een aantal hoogcompetitieve soorten, zoals liesgras, onderdrukt. Dit ondanks de te hoge P-beschikbaarheid. Het is in de praktijk mogelijk dat de Olsen-P concentratie (bij voldoende droogval in de zomer) na ontgroning lager uitvalt omdat extra fosfaat immobilisatie plaatsvindt door de ijzer(hydr)oxides in de bodemlaag die het nieuwe maaiveld gaat vormen. Op 15-40 cm-mv is de Olsen-P concentratie lager: 218-462 $\mu\text{mol/l}$. Een ontgroning van 15-20 cm ten behoeve van de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland of alluviaal bos (Ca-t: 48 mmol/l en Ca-z: $\pm 16.000 \mu\text{mol/l}$) of een ontgroning van 30 cm ten behoeve van de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t: 23 mmol/l en Ca-z: $\pm 9.700 \mu\text{mol/l}$) lijkt het meest reëel. Beide ontwikkelingen kunnen alleen slagen onder de juiste hydrologische omstandigheden. *Advies: 15-30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland/elzenbroekbos of blauwgrasland (hydrologie optimaliseren).*

Tabel 7 (vervolg). Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de **HOOG GELEGEN** locaties in landgoed Beekvliet. GWS = actuele grondwaterstand (op 3 april 2017; cm -mv); GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand (cm -mv); GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand (cm -mv); HZT = horizont; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging, M3 = berekende verschrallingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l), M5/M8 tot een streefconcentratie van 500/800 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 Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties (grijs gedrukt = berekend op basis van correlatie met totaal-Ca) zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem.

Nr	Code	GWS	GLG	GHG	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	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	MA8	
8	TPB7	120		90	0-15	zand, bv	Ap	6	12	1,1	3392	16,5	97	21	25	6	7	6		6857										64	64	59
					15-25	zand, bv	Ap	4	11	1,2	3239	18,9	117	28	42	7	9	6		9166										50	50	44
					25-35	zand	BC	3	8	1,1	217	2,5	214	17	84	7	16	2	31	5460	0,01	1383	1231	5,3	99	0,1	41	41		0	0	0
					35-45	zand	BC	2	8	1,0	194	1,8	157	12	48	6	14	1	21	4099	0,01	691	849	5,5	99	0,0	20	19		0	0	0
					45-55	zand, ingesp./gel.	B	1	9	1,3	220	1,7	167	11	41	7	13	1	26	3678	0,01	675	859	5,4	99	0,2	44	20		0	0	0
12	BO9	110	15	80	0-20	zand, kleig, bv	Ap	4	15	1,3	2293	12,9	151	22	27	3	10	5		7401										62	62	53
					20-30	zand, iets ger.	BxC	2	14	1,3	649	4,4	180	15	45	4	13	3	49	4441	0,01	249	1821	5,3	98	0,5	102	62		4	3	0
					30-40	zand	C	1	12	1,5	228	2,0	160	9	79	6	15	1	37	2469	0,01	385	1041	5,3	98	0,0	82	32		0	0	0
					40-50	zand	C	1	12	1,5	97	1,5	160	8	75	6	16	1		3686										0	0	0
14	BO20	30	110	10	0-20	zand, ger. bv	Apx	7	28	1,0	3715	23,0	111	20	34	6	14	14		6739										125	125	113
					20-40	zand, ged. ven	Bxx	3	18	1,4	475	3,1	203	23	33	7	15	4	49	7904	0,01	852	2622	5,3	97	0,9	364	143		1	0	0
					110-135	veen, ger. venbodem	Oxx	4	26	1,3	659	2,8	89	18	12	6	10	11	38	7362	0,01	1546	2780	5,2	96	1,6	23	481		0	0	0
					135-155	zand	BC	1	20	1,6	637	3,6	147	19	42	15	32	6	32	5618	0,01	1854	2419	5,5	96	0,0	35	470		3	3	0
15	BO3	140		110	0-15	zand, bv	Ap	5	8	1,1	5299	40,8	198	19	48	8	15	10		6473										177	173	162
					15-25	zand, bv	Ap	4	8	1,2	5580	33,6	176	15	41	6	12	7		5213										96	96	90
					25-35	zand, ger. insp.	Bx	2	6	1,3	2403	14,0	192	13	43	6	15	3	131	2475	0,05	712	673	4,9	93	3,2	100	24		34	34	29
					35-45	zand	C	1	6	1,3	266	2,7	157	8	39	9	20	1	208	1307	0,16	732	385	4,8	85	0,3	132	33		0	0	0
					45-55	zand	C	1	6	1,4	183	1,8	129	7	35	8	17	0		3082										0	0	0

8. De 25 cm dikke zandige bouwvoor is zwak ijzerhoudend (totaal-Fe: 25-42 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 21-28 mmol/l en Ca-z: ± 9.000 µmol/l). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik verrijkt met fosfaat (totaal-P: 16,5-18,9 mmol/l en Olsen-P: 3239-3392 µmol/l) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 115 jaar maaien en afvoeren vereist. Direct onder de bouwvoor, op 25-35 cm-mv, is de bodem geschikt (totaal-P: 2,5 mmol/l en Olsen-P: 217 µmol/l) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland(/heide) (Ca-t: 17 mmol/l en Ca-z: ± 5.500 µmol/l). *Advies: 25 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland(/heide).*
12. De 20 cm dikke zandige bouwvoor is zwak ijzerhoudend (totaal-Fe: 27 mmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t: 22 mmol/l en Ca-z: ± 7.500 µmol/l). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik verrijkt met fosfaat (totaal-P: 12,9 mmol/l en Olsen-P: 2293 µmol/l) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 65 jaar maaien en afvoeren vereist. Onder de bouwvoor is een licht geroerde/verstoorde bodemlaag aangetroffen (20-30 cm-mv) welke slechts beperkt verrijkt is met fosfaat (totaal-P 4,4 mmol/l en Olsen-P: 649 µmol/l). Wanneer 20 cm wordt afgegraven kan, in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (< 5 jaar maaien en afvoeren) een heischraal grasland/heide worden ontwikkeld. Vanaf 30 cm-mv is de bodem voldoende P-arm en geschikt (totaal-P: 2,0 mmol/l en Olsen-P: 228 µmol/l) voor de ontwikkeling van heide (Ca-t: 9 mmol/l en Ca-z: ± 2.500 µmol/l). *Advies: 20-30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide.*
14. Op deze locatie is sprake van een gedempt ven. Op 110-135 cm-mv is de oorspronkelijke (geroerde) venbodem aangetroffen. De huidige toplaag (0-20 cm-mv) is verrijkt met fosfaat (totaal-P: 23,0 mmol/l en Olsen-P: 3715 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 125 jaar maaien en afvoeren vereist. Direct onder de bouwvoor van 20 cm is de zandbodem relatief P-arm (totaal-P: 3,1 mmol/l en Olsen-P: 475 µmol/l) en, in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (<5 jaar

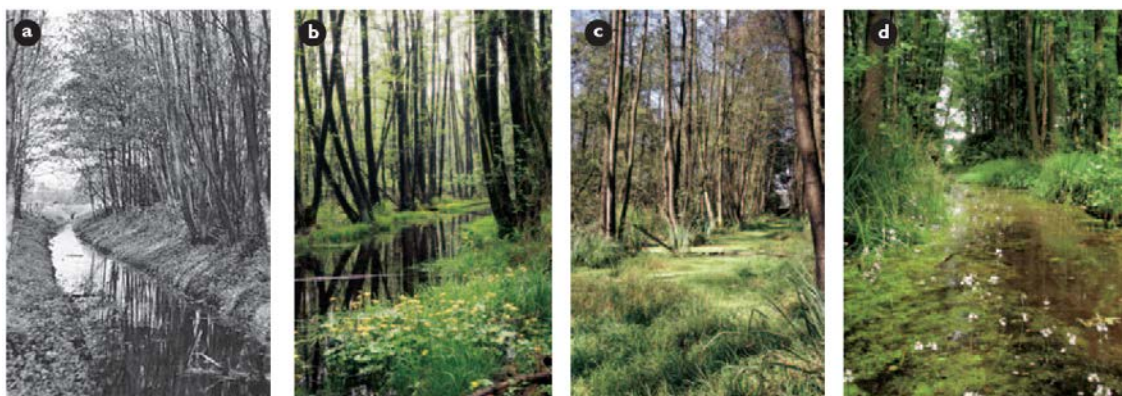
.....

maaïen en afvoeren), geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t: 23 mmol/l en Ca-z: $\pm 7.900 \mu\text{mol/l}$). De venbodem en de onderliggende zandbodem zijn beiden relatief P-arm (totaal-P 2,8-3,6 mmol/l en Olsen-P: 637-659 $\mu\text{mol/l}$). *Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraal grasland (of het ven herstellen: 110 cm afgraven, mits hydrologisch mogelijk).*

15. De 25 cm dikke zandige bouwvoor is zwak-matig ijzerhoudend (totaal-Fe: 41-48 mmol/l) en zwak-matig calciumhoudend (Ca-t: 15-19 mmol/l en Ca-z: $\pm 5.200\text{-}6.500 \mu\text{mol/l}$). De bouwvoor is als gevolg van het agrarische gebruik fors verrijkt met fosfaat (totaal-P: 33,6-40,8 mmol/l en Olsen-P: 5299-5580 $\mu\text{mol/l}$) en voor de ontwikkeling van een soortenrijk schraalland is circa 275 jaar maaïen en afvoeren vereist. Onder de bouwvoor is een licht geroerde/verstoorde bodemlaag aangetroffen (25-35 cm-mv) welke verrijkt is met fosfaat (totaal-P 14,0 mmol/l en Olsen-P: 2403 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer 25 cm wordt afgegraven is fors aanvullend verschrallingsbeheer vereist (35 jaar maaïen en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heide/heischraal grasland (Ca-t: 13 mmol/l en Ca-z: $\pm 2.500 \mu\text{mol/l}$). Vanaf 35 cm-mv is de bodem voldoende P-arm en geschikt (totaal-P: 2,7 mmol/l en Olsen-P: 266 $\mu\text{mol/l}$) voor de ontwikkeling van heide (Ca-t: 8 mmol/l en Ca-z: $\pm 1.300 \mu\text{mol/l}$). *Advies: 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van heide.*

KADER. HERSTEL VAN VERDROOGDE BROEKBOSSEN

Het herstel van verdroogde broekbossen tracht men vaak op te lossen door het oppervlaktewater op te stuwten. 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, eutrofiëringsverschijnselen 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.

Samenvatting kansen voor natuurontwikkeling

De in de vorige paragraaf beschreven kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen staan in Tabel 8 samengevat. Indien de P-rijke toplaag moet worden afgegraven staat in de tabel de bodemchemische samenstelling van de nieuwe toplaag gegeven. Wanneer in de tabel de bodemlaag van 20-30 cm onder maaiveld staat gegeven, dan kan het aangeven natuurstype worden gerealiseerd na afgraven van de toplaag van 20 cm. Bij beheer staat of er nog aanvullend verschrallingsbeheer (maaien en afvoeren) noodzakelijk is. Voor een aantal locaties bestaan er zoals in de vorige paragraaf beschreven verschillende opties en dan is in Tabel 8 de bodemchemie van meerdere bodemlagen gegeven.

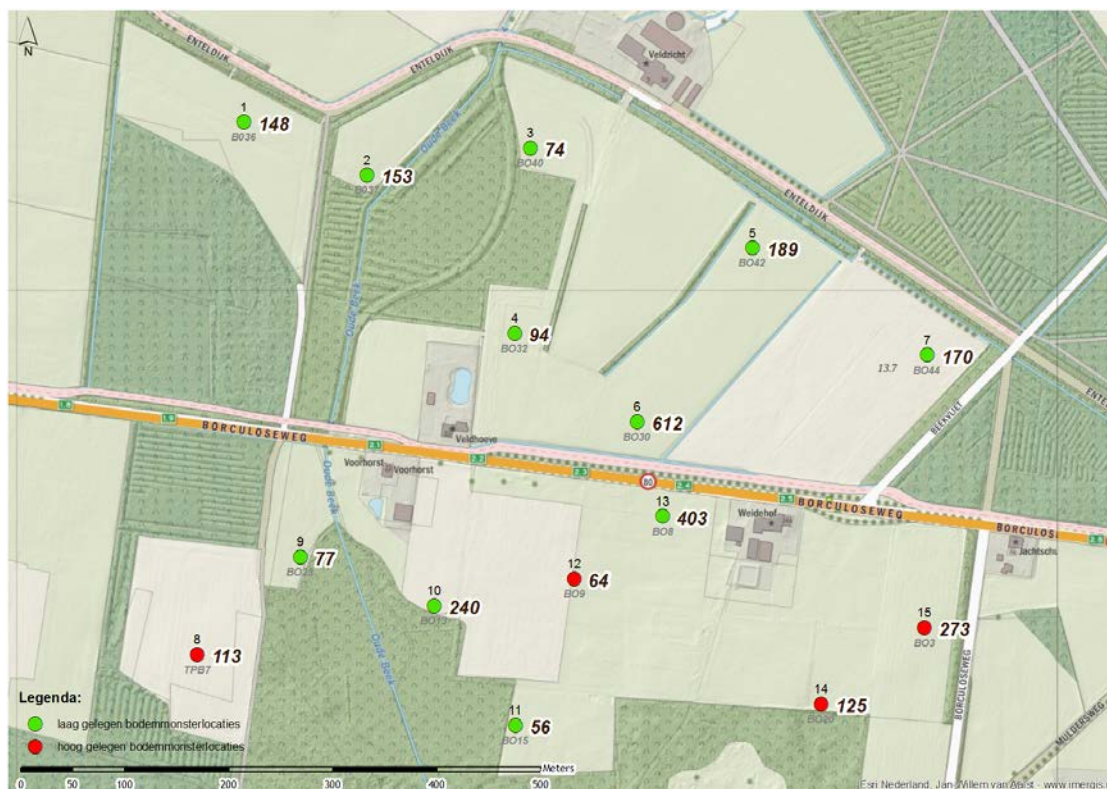
Tabel 8. Overzicht van de natuurontwikkelingspotenties per locatie. Op de locaties waar het noodzakelijk is om de bouwvoor af te graven, is in de tabel de bodemchemie van de nieuwe toplaag gegeven. GLG/GHG = gemiddeld laagste (GLG) en hoogste (GHG) grondwaterstand, afgeleid uit het bodemprofiel; Natuurstype: HEI = heide, HGL = heischraal grasland, BLG = blauwgrasland, VHL = vochtig hooiland, EBB = Elzenbroekbos en VEN = venherstel. Beheer = aanvullend verschrallingsbeheer; kalk = advies om te bekalken (2000 kg Dolokalk/ha); OS = organisch stofpercentage, Ols-P = Olsen-P, -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare concentraties, Ca-z = zoutuitwisselbare calciumconcentratie (zie paragraaf bodembuffering), M3 = berekende verschrallingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l), M5 en M8 tot een streefconcentratie van 500/800 µmol Olsen-P/l bodem. De Olsen-P en -z concentraties zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de -t concentraties in mmol/l verse bodem. Voor de gebruikte kleurarceringen zie het bijschrift van Tabel 7. Aanvullend verschrallingsbeheer: - = niet nodig; +/- = < 5 jaar maaien en afvoeren + = 6-10 jaar maaien en afvoeren, ++ = 10-25 jaar maaien en afvoeren, +++ = > 25 jaar maaien en afvoeren, +++?Fe = zeer ijzerrijk, duur aanvullend verschrallingsbeheer onzeker. < 5 jaar aanvullend verschrallingsbeheer wordt niet in deze tabel vermeld.

Nr	Code	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	Natuurstype	Beheer	Kalk	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	Al-z	Ca-z	K-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	M8	
LAAG GELEGEN LOCATIES																											
1	B036	110	40	35-45	zand, iets ger.	BxC	BLG	+/-	-	2	395	5,7	165	28	180	1	12565	758	5,8	100	0,8	87	51	4	0		
2	B037	120	60	30-40	zand	C	HGL/HEI	+/-	-	0	328	4,0	79	12	72	102	2832	1484	4,6	94	2,4	100	87	1	0		
3	B040	90	20	35-45	zand, opgebr.	Xx	HGL	-	-	3	214	2,9	166	27	41	29	7496	1119	5,6	99	0,8	265	134	0	0		
				45-55	veen, oud rest.	O	BLG/(EBB)	-	-	10	69	2,3	78	50	35	10	14864	1372	5,3	98	1,3	196	780	0	0		
4	B032	110	45	20-30	zand	C	HGL/HEI	+	-	1	731	5,3	90	14	87	20	4457	1586	5,2	99	1,5	109	79	7	5		
				30-40	zand	C	HGL/HEI	-	-	0	192	1,4	71	10	56	10	4795	1337	5,6	99	0,0	68	50	0	0		
5	B042	50	30-40	zand		C	HGL/BLG	+/-	-	0	528	3,5	68	16	70	1	11381	510	5,6	100	2,2	138	66	2	1		
6	BO30	90	45	20-35	zand, ger.	Xx	VH/EBB	+++?Fe	-	2	2852	64,7	128	44	541	5	17408	525	5,8	100	3,2	461	67		250	218	
				45-55	zand, uitgel.	C/E	HGL	-	-	0	203	2,7	85	15	51	0	5942	444	5,7	98	0,0	29	379	0	0		
7	BO44	90	35	25-35	zand	C	HGL/HEI	+++	-	1	817	14,3	180	12	305	5	4170	1108	5,7	99	0,8	66	37	28	17		
				35-45	zand	C	HEI	+/-	+	0	497	3,9	89	8	73	29	3797	1677	5,8	99	0,0	39	27	3	0		
9	BO23	70	15	30-40	zand, moerig	BC	HGL/BLG	+/-	-	3	423	3,2	75	27	39	9	9640	1375	5,5	99	2,2	185	225	1	0		
10	BO13	90	20	40-50	zand, iets insp.	C/b	HGL/HEI	-	-	1	293	2,3	60	13	28	6	4194	2673	5,9	86	0,4	213	1988	0	0		
11	BO15	70	0	40-50	zand, gelaagd	BC	HGL/BLG	-	-	1	201	2,3	65	16	37	3	9469	858	5,5	98	0,4	49	438	0	0		
13	BO8	110	50	15-30	klei, zandig	B	VH/EBB	-	-	8	462	103,0	180	48	4611	6	16180	163	5,1	100	0,8	96	53		0	0	
				30-40	zand	C	BLG	-	-	1	218	14,9	93	23	610	7	9683	209	5,2	100	0,0	27	39	0	0		
HOOG GELEGEN LOCATIES																											
8	TPB7		90	25-35	zand	BC	HGL/HEI	-	-	3	217	2,5	214	17	84	31	5460	1383	5,3	99	0,1	41	41	0	0		
12	BO9	15	80	20-30	zand, iets ger.	BxC	HGL/HEI	+/-	-	2	649	4,4	180	15	45	49	4441	249	5,3	98	0,5	102	62	4	3		
				30-40	zand	C	HEI	-	+	1	228	2,0	160	9	79	37	2469	385	5,3	98	0,0	82	32	0	0		
14	BO20	110	10	20-40	zand, ged. ven	Bxx	HGL	-	-	3	475	3,1	203	23	33	49	7904	852	5,3	97	0,9	364	143	1	0		
				110-135	veen, ger. venbodem	Oxx	VEN	-	-	4	659	2,8	89	18	12	38	7362	1546	5,2	96	1,6	23	481	0	0		
15	BO3		110	25-35	zand, ger. insp.	Bx	HEI	+++	+	2	2403	14,0	192	13	43	131	2475	712	4,9	93	3,2	100	24	34	34		
				35-45	zand	C	HEI	-	+	1	266	2,7	157	8	39	208	1307	732	4,8	85	0,3	132	33	0	0		

Het ontgrondingsadvies op basis van het bodemchemisch onderzoek worden gegeven in Figuur 14. De ruimtelijke variatie in de verschrallingsduur van de toplaag (0-25 cm-mv) wordt gegeven in



Figuur 14. Overzicht van het ontgrondingsadvies op basis van het bodemchemisch onderzoek. De ontgrondingsdiepte wordt gegeven in cm's-mv. + = 6-10 jaar maaien en afvoeren, ++ = 11-25 jaar maaien en afvoeren en +++ = >25 jaar maaien en afvoeren. Fe = zeer ijzerrijk, duur aanvullend verschrallingsbeheer onzeker.



Figuur 15. Overzicht van de ruimtelijke variatie in de verschrallingsduur van de toplaag (0-25 cm-mv) in jaren op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 $\mu\text{mol/l}$ (heide en schraalland) en 500 $\mu\text{mol/l}$ (vochtig hooiland, alleen locatie 6).

4.5 Referentiemetingen Stelkampsveld

Tabel 9. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) van de toplaag van de bodem (0-15 cm -mv) op referentielocatie 1 t/m 6, 8 en 9. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in g droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, -z = zoutuitwisselbare concentraties, BV = indicatieve basenverzadiging. De Olsen-P en zoutuitwisselbare concentraties zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. Voor ligging van de locaties zie Figuur 7 en voor de gebruikte kleurarceringen zie het bijschrift van Tabel 7.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z
Ref1	0-15	zand	10	23	0,9	302	2,5	0,12	99	5	9	5	3	3	7	3696	1424	2,59	322	314	3,2	22	2	12	248
Ref2	0-15	zand	9	22	1,0	338	2,0	0,17	78	3	17	10	4	4	6	2789	440	6,33	614	288	3,4	17	1	11	69
Ref3	0-15	zand	7	31	1,1	236	1,5	0,15	108	4	20	16	4	7	5	2361	1283	1,84	393	331	3,5	28	0	54	118
Ref4	0-15	zand	6	34	1,0	145	2,3	0,06	93	24	26	22	4	7	7	239	10575	0,02	313	523	4,4	95	0	14	172
Ref5	0-15	zand	15	50	0,7	141	3,0	0,05	97	57	35	31	4	8	13	21	19846	0,00	213	1306	5,5	99	1	121	408
Ref6	0-15	zand	5	37	1,0	89	2,6	0,03	130	56	34	35	7	13	12	14	18677	0,00	250	1780	6,3	99	0	27	102
Ref8	0-15	veen	40	74	0,3	286	10,6	0,03	72	134	62	19	3	14	38	7	27983	0,00	225	2848	6,1	100	1	216	89
Ref9	0-15	veen	34	73	0,3	445	16,8	0,03	96	170	162	20	2	12	43	2	27348	0,00	103	2855	6,4	100	0	233	56

In de droge en natte heide (Ref. 1 t/m Ref. 3) is de zandbodem zuur (pH-z: 3,2-3,4, totaal-Ca: 3-5 mmol/l , Ca-z: 440-1.424 $\mu\text{mol/l}$ en basenverzadiging 17-28%) met hoge concentraties aluminium (Al-z: 2361-3696 $\mu\text{mol/l}$) (Tabel 9). De lage basenverzadiging en hoge aluminiumconcentraties duiden erop dat de bodem wordt gebufferd door het oplossen van aluminium(hydr)oxiden (aluminiumbufferrange). Op de overgang van natte heide naar blauwgrasland is de bodem duidelijk meer gebufferd (pH-z: 4,4, totaal-Ca: 24 mmol/l , Ca-z: $\pm 10.500 \mu\text{mol/l}$ en basenverzadiging 95%) en in het blauwgrasland is de bodem zoals verwacht nog sterker gebufferd (pH-z: 5,5, totaal-Ca: 57 mmol/l , Ca-z: $\pm 20.000 \mu\text{mol/l}$ en basenverzadiging 99%; Tabel 9). De venbodem (Ref. 6) heeft een vergelijkbare buffering als de bodem van het blauwgrasland (pH-z: 6,3, totaal-Ca: 56 mmol/l , Ca-z: $\pm 18.500 \mu\text{mol/l}$ en basenverzadiging 99%). Deze bodems worden gebufferd door de uitwisseling van basische kationen die aan het bodemadsorptiecomplex gebonden zijn (kationuitwisselingsbufferrange). Het is belangrijk dat in de winterperiode het bodemadsorptiecomplex weer opgeladen wordt met basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^{+}) door de aanvoer van gebufferd grondwater tot in het maaiveld (ook is de diepere bodem kalkrijker). Uit ecohydrologisch onderzoek blijkt dat de stijghoogte van het grondwater hoog genoeg is voor de aanvoer van basen en buffercapaciteit tot aan maaiveld (Smolders e.a., 2011).

De referentielocaties in de gradiënt worden verder gekarakteriseerd door lage P-concentraties (Olsen-P: 89-338 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 1,5-3,0 mmol/l), waarbij de beschikbaarheid van P (Olsen-P) afneemt met een toename van de bodembuffering (Tabel 9). De stikstofconcentraties (vnl. ammonium) zijn relatief hoog ($\text{NH}_4\text{-z}$: 69-408 $\mu\text{mol/l}$ en $\text{NO}_3\text{-z}$: 11-121 $\mu\text{mol/l}$; Tabel 9). Het grondwater in de omgeving is relatief rijk aan stikstof door uitspoeling vanuit de landbouw en/of invang van atmosferische stikstofdepositie door bomen (Smolders e.a., 2011). Mineralisatie als gevolg van verdroging kan eveneens een belangrijke rol spelen.

In 2009 is in dezelfde gradiënt de bodemchemie in kaart gebracht (Smolders e.a., 2011). De in 2017 gemeten bodemchemie komt goed overeen met de metingen van 2009, waarbij de bodem van de droge en natte heide zuur (pH-z: 3,0-3,6, totaal-Ca: 5-10 mmol/l , Ca-z: $\pm 323\pm 3.000 \mu\text{mol/l}$ en basenverzadiging 9-30%; Smolders e.a., 2011) is en de bodembuffering richting het blauwgrasland sterk toeneemt (pH-z: 6,0-6,3, totaal-Ca: 90-114 mmol/l , Ca-z: $\pm 16.000\text{-}28.000 \mu\text{mol/l}$ en basenverzadiging 100%; Smolders e.a., 2011).

Naast de vaste bodem is ook het bodemvocht bemonsterd met keramische cups en geanalyseerd (BV; Tabel 10). De concentratie bicarbonaat (HCO_3) in het bodemvocht is laag in de heide (Ref. 1 t/m Ref. 3; 85-177 $\mu\text{mol/l}$) en neemt toe richting blauwgrasland (Ref. 5; 6122 $\mu\text{mol/l}$). De relatief

hoge aluminiumconcentraties in de heide duiden ook op zure omstandigheden. De nutriëntenconcentraties in het bodemvocht zijn relatief laag (Tabel 10). De waterlaag van het ven (Charaven; (Ref. 6) is goed gebufferd (alkaliniteit 4,4 meq/l) en arm aan nutriënten. De kwaliteit van het oppervlaktewater is vergelijkbaar als in de periode 2009-2010. De samenstelling van het oppervlaktewater in het ven blijkt wel gedurende het jaar sterk te variëren, dit is afhankelijk van de mate van grondwaterinvloed: vanaf oktober, wanneer de vennen (weer) watervoerend zijn en de waterstanden geleidelijk stijgen, is er in eerste instantie sprake van een relatief lage alkaliniteit en lage chloride-, calcium- en magnesiumconcentraties. In de natte winterperiode stijgen de ionenconcentraties fors. Zeer waarschijnlijk door de aanvoer van dieper sterk gebufferd en chloriderijk grondwater. In oktober/november bedraagt de alkaliniteit in het Charaven $\pm 2,5$ meq/l terwijl deze in maart ± 6 meq/l is. In april/mei is een alkaliniteit van ± 4 meq/l gemeten (Smolders e.a., 2011).

Vennen

Naast het Charaven zijn nog een tweetal andere vennen bemonsterd. Het ven op locatie Ref. 7 is net als het Charaven goed gebufferd door invloed van grondwater (Tabel 10). Het zogenoemde Littorellaven (Ref. 10) is zuur (alkaliniteit: 0,2 meq/l) en wordt gedomineerd door Waterveenmos.

Tabel 10. Kwaliteit van het oppervlaktewater (OW6-8 en OW10) en bodemvocht (BV1-6, BV8 en BV9) in het Stelkampsveld. Voor ligging van de locaties zie Figuur 7. Concentraties zijn, uitgezonderd de pH en alkaliniteit, gegeven in $\mu\text{mol/l}$. Alk = alkaliniteit (zuurbufferendvermogen) in meq/l.

Locatie	Type	pH	Alk	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	Cl ⁻
Ref. 6	OW	7,8	4,4	165	4362	3	2069	5	0,4	91	1	8	0,2	588	544
Ref. 7	OW	7,8	4,0	132	3846	4	1873	3	0,1	77	1	7	0,2	549	512
Ref. 8	OW	7,6	8,2	497	8166	2	3795	27	3,9	189	1	12	1,5	719	613
Ref. 10	OW	5,2	0,2	43	3	5	12	1	1,0	9	1	4	0,7	134	117
Ref. 1	BV	6,6	-	49	85	42	223	2	1,4	50	19	5	0,6	145	238
Ref. 2	BV	6,1	0,6	362	177	51	124	2	0,6	19	1	5	0,2	127	121
Ref. 3	BV	5,4	0,5	1729	161	45	116	20	0,4	43	2	4	0,4	118	49
Ref. 4	BV	5,7	0,8	3048	570	57	396	47	0,8	21	2	6	0,5	145	53
Ref. 5	BV	6,7	6,2	3235	6122	8	3241	116	0,7	27	1	3	0,6	713	836
Ref. 6	BV	7,0	3,7	997	3951	2	1782	4	1,5	104	1	8	0,5	391	308
Ref. 8	BV	7,0	5,4	1204	5404	1	3413	12	1,8	1024	6	17	0,8	745	804
Ref. 9	BV	7,0	8,8	1709	7940	4	4439	138	6,0	469	5	31	1,2	775	721

Elzenbroek

Op twee locaties zijn referentiemonsters verzameld in het nabijgelegen Elzenbroekbos (Ref 8 en Ref 9 in Figuur 7 en Figuur 16). De veenbodem is sterk gebufferd (pH-z: 6,1-6,4, totaal-Ca: 134-170 mmol/l, Ca-z: ± 27.500 -28.000 $\mu\text{mol/l}$ en basenverzadiging 100%; Tabel 9) en matig tot sterk ijzerhoudend (totaal-Fe: 62-162 mmol/l). De bodem is verder relatief arm aan beschikbaar fosfaat (Olsen-P: 286-445 $\mu\text{mol/l}$), bij een wat hogere totale P-voorraad (totaal-P: 11-17 mmol/l; Tabel 9). Net als de vaste bodem, is het bodemvocht sterk gebufferd (alkaliniteit: 5,4-8,8 meq/l; Tabel 10). Het bodemvocht op locatie Ref. 8 is rijk aan sulfaat (SO₄: 1024 $\mu\text{mol/l}$). Vooral in venige bodems kan sulfaat leiden tot een versnelde mobilisatie van nutriënten uit de bodem (interne eutrofiëring). Op locatie Ref. 9 is de sulfaatconcentratie minder hoog (SO₄: 469 $\mu\text{mol/l}$). Gezien

de hoge alkaliniteit van het bodemvocht op deze locatie en de hogere fosfor- en ammoniumconcentratie (totaal-P: 6,0 $\mu\text{mol/l}$ en NH_4 : 31 $\mu\text{mol/l}$), is het mogelijk dat op deze locatie een deel van het sulfaat is gereduceerd tot sulfide (niet gemeten). Bij de reductie van sulfaat wordt namelijk alkaliniteit gegenereerd en komen nutriënten (P en NH_4) vrij.



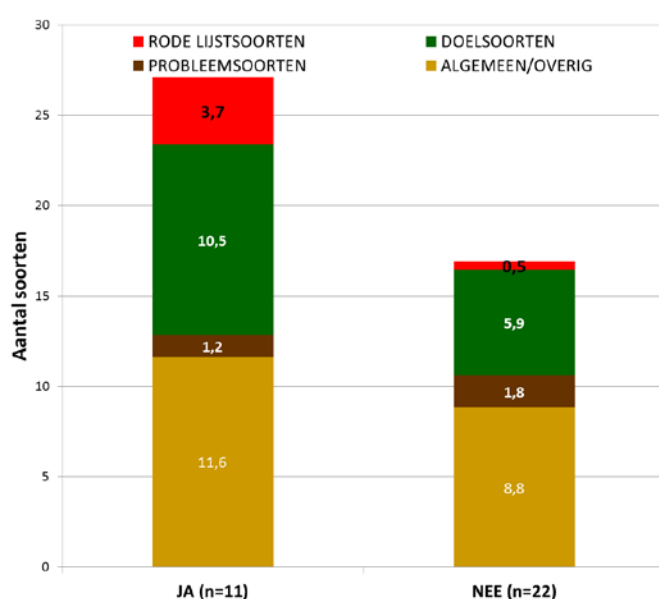
Figuur 16. Foto van het bemonsterde Elzenbroek met Elzenzegge en Gele Iis (links) en Waterviolier (rechts).

4.6 Aanvullende maatregelen

De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden)

leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 17).



Figuur 17. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgroning (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgroning, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: Mark van Mullekom.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 17 en Figuur 18) waarbij idealiter 1 m² vers verzameld maaisel over 1(-2) m² bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal (indactie dichtheid: 1 m² verspreiden over 15-25 m²) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

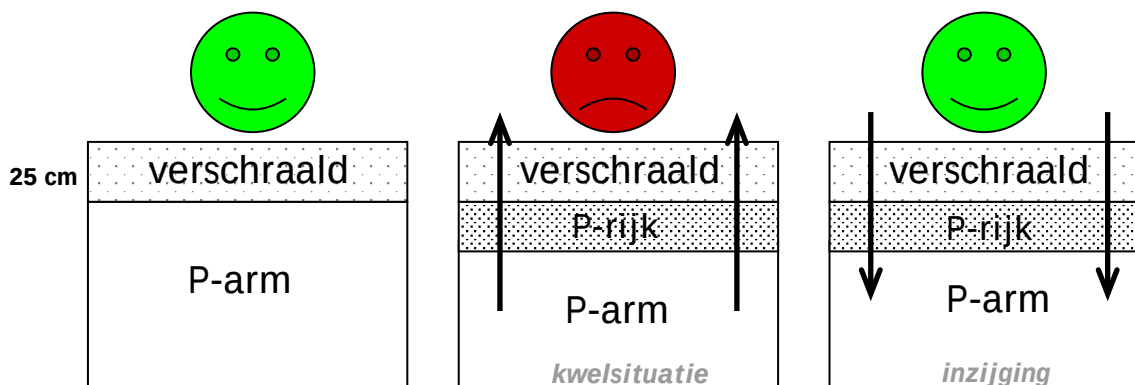
Jaarlijks maaien en afvoeren (gemiddelde P-afvoer 10 kg/ha/jaar) is op (sterk) met fosfaat verrijkte percelen niet optimaal voor een efficiënte afvoer van fosfaat. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40 kg/ha/jaar): een 'natuurvriendelijke' vorm van het voeren van intensieve landbouw. Wanneer de huidige zode voldoende productieve soorten bevat kan met behulp van stikstof- en kalibemesting de P-afvoer worden vergroot. Wanneer deze te weinig productieve soorten bevat wordt geadviseerd om in te zaaien met een grasklaver mengsel. In combinatie met

aanvullende kalibemesting wordt de productiviteit, en daarmee ook de P-afvoer, geoptimaliseerd. Hiervoor kunnen door middel van aanvullende analyses bij Eurofins door het Louis Bolk Instituut gerichte bemestingsadviezen worden opgesteld. De percelen dienen gedurende een lange periode voldoende droog te vallen zodat 4-5 snedes gemaaid kunnen worden. Dit maakt het nemen van vernattingsmaatregelen meestal niet mogelijk.



Figuur 18. Het uitstrooien van heideplagsel en het resultaat na vier jaar. Foto's: Michael Roosmalen, Stichting Het Limburgs Landschap.

Op (matig) voedselrijke plekken waar niet wordt afgegraven kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland. 'Kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Wanneer witboldomnantie optreedt wordt geadviseerd het maaibeheer te vervroegen. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is ($P-z < 1$). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunairijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (circa 1000-1500 $\mu\text{mol/l}$). Om verruiging te voorkomen wordt geadviseerd om de detailontwatering in stand te houden zodat de P-rijke toplaag voldoende droogvalt (voorkomen P-mobilisatie).



Figuur 19. Schematisch overzicht van verschraling waarbij in een kwelsituatie fosfaat uit een rijkere bodemlaag (>25 cm-mv) naar de verschraalde toplaag getransporteerd kan worden (middelste figuur). Bij bodems die vanaf 25 cm onder maaiveld P-arm zijn (linker figuur) en bij inzijgsituaties (rechter figuur) is dit niet van toepassing.

Door middel van verschrallingsbeheer kan een bodempakket van circa 25(-30) cm worden verschralld. Op plekken waar de bodem onder de 25 cm eveneens verrijkt is met fosfaat kan, wanneer de grondwaterinvloed in het maaiveld wordt hersteld (Figuur 19), P-nalevering richting de verschrallde bodemlaag optreden. Dit zou echter kunnen leiden tot verrijking van de toplaag en verzuiging of de noodzaak voor aanvullende verschralling. Onder invloed van ijzerhoudend grondwater is dit risico mogelijk klein.

In paragraaf 4.4 wordt lokaal (locatie 7, 12 en 15) een eenmalige bekalking geadviseerd op calciumarme zure zandbodems. Als gevolg van verzuring (afname grondwaterinvloed en/of verzurende processen als ammoniumoxidatie) heeft uitspoeling van onder andere Ca, Mg en K plaatsgevonden waardoor er mineraalgebrek kan optreden in planten en er sprake kan zijn van aluminiumtoxiciteit (bij een hoge Al/Ca-ratio in het zoutextract). Het herstel van de buffering kan bijdragen aan de ontwikkeling van een soortenrijkere heide en/of heischraal grasland. Over het algemeen volstaat een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal per hectare.

Uit onderzoek (De Graaf e.a., 2009) is tevens gebleken dat in soortenarme heideterreinen de kaliumconcentraties in het zoutextract lager zijn (mediane waarde (10-90 percentielen): 153 (88-380) $\mu\text{mol/kg}$) dan in soortenrijke heiden en heischrale graslanden (283 (110-872) $\mu\text{mol/kg}$). Uit de dataset van B-WARE zijn er indicaties dat toedienen van Dolokal het uitspoelen van K bespoedigt. Dit is ook niet onlogisch aangezien door oplossen van Ca- en Mg-carbonaten uit de Dolokal, de concentratie aan Ca^{2+} en Mg^{2+} ionen in het bodemvocht sterk toeneemt waardoor K^+ van het bodemcomplex wordt verdrongen. K-gebrek leidt niet alleen tot groeistoornissen (o.a. slechte doorworteling) maar induceert ook een stikstofoverschot in de plant en maakt deze daardoor gevoeliger voor vraat en ziekten. Het is daarom raadzaam om, in het geval van een K-arme bodem (globale richtlijn: $\text{K-NaCl} < 250 \mu\text{mol/l}$) ook een ander, relatief K-rijk, steenmeel toe te dienen (bijvoorbeeld Vulkamin). K-gebrek leidt niet alleen tot groeistoornissen (o.a. slechte doorworteling) maar induceert ook een stikstofoverschot in de plant en maakt deze daardoor gevoeliger voor vraat en ziekten. Dit verschijnsel treedt in de Maasduinen op bij Jeneverbes en Zomereik (Lucassen e.a., 2011, 2014 en 2015) en het is aannemelijk dat dit zo ook werkt bij kruiden. Op de locaties waar een eenmalige bekalking wordt geadviseerd, wordt aanbevolen om te bekalken met 2000 kg Dolokal en (i.v.m. de relatief lage K-NaCl concentraties) 1000 kg K-rijk steenmeel (bijvoorbeeld Vulkamin) per hectare. Op de locaties in het onderzoeksgebied waar een eenmalige bekalking met Dolokal wordt geadviseerd, zijn de K-NaCl concentraties hoger dan 250 $\mu\text{mol/l}$ zodat het niet noodzakelijk is om aanvullend K-rijk steenmeel toe te dienen.

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurstypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO_2 beschikbaar komt. Tenslotte kan inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib tot verrijking en daarmee tot verzuiging leiden.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Belangrijkste conclusies bodem- en hydrochemie

- De bodem in de onderzochte deelgebieden bestaat uit zwak lemig zand en is lokaal (vnl. locatie 5, 6 en 13) zeer rijk aan ijzer. De bodem is echter overwegend matig ijzer- en zwak tot matig calciumhoudend.
- Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het agrarische gebruik (lokaal sterk) verrijkt is met fosfaat tot concentraties die te hoog zijn voor de ontwikkeling van soortenrijke schrale vegetatietypen. De verschrallingsduur van de toplaag is overwegend circa 75-200 jaar. De dikte van de aangetroffen bouwvoor in het gebied varieert van 20-40 cm. Lokaal is een geroerde/verstoorde bodem aangetroffen onder de bouwvoor.
- Door middel van een ontgroning van overwegend 20-40 cm kunnen P-gelimiteerde omstandigheden worden gecreëerd (eventueel in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuurtypen. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen dienen de hydrologische omstandigheden te worden geoptimaliseerd. Een ontgroning dient te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem.
- Na verschralling liggen in het gebied, afhankelijk van de mate van bodembuffering, kansen voor de ontwikkeling van droge heide, droog heischraal grasland, vochtige heide, nat schraalland (heischraal grasland of blauwgrasland: onder voldoende invloed van het gebufferde grondwater) of vochtig hooiland (dotterbloemhooiland).
- In de twee laagtes in het onderzoeksgebied lijken op basis van de grondwaterkwaliteit (ijzerarm: $< 5 \mu\text{mol/l}$, maar wel gebufferd met een alkaliniteit van 5-8 meq/l) en bodemchemie (zwak gebufferd: $\pm 15\text{-}35 \text{ mmol/l}$ en zwak-matig ijzerhoudend: $\pm 40\text{-}100 \text{ mmol/l}$) geen kansen te liggen voor de ontwikkeling van sterk gebufferde, ijzerrijke Elzenbroekbossen (onder invloed van kwel in combinatie met veenvorming). Ter vergelijking: op de referentielocatie werd in het goed ontwikkelde Elzenbroekbos een calciumrijke, gebufferde (Ca-t 134-170 mmol/l en Ca-z ± 27.500), ijzerrijke (62-162 mmol/l) veen-/venige bodem aangetroffen. Qua buffering/bodemchemie is locatie 3 (vanaf 45 cm-mv) nog het meest kansrijk in combinatie met het gebufferde grondwater. Bij onvoldoende buffering en de aanvoer van ijzer ligt de ontwikkeling van een berkenbroekbos voor de hand. Deel is de beperkte buffering van de bodem mogelijk het gevolg van de ophoging van de randen in het verleden met zwak-matig calciumhoudende bodem waarbij tevens de aanrijking met bufferstoffen vanuit het grondwater af is genomen. Wanneer de grondwaterpeilen in het gebied worden verhoogd om de 'natte kern' te vergroten is het van belang om de huidige, venige, goed ontwikkelde broekboskern niet te 'verzuipen'. Er dient voldoende doorstroming te zijn (stijghoogte grondwater hoger dan het oppervlaktewaterpeil) en de toplaag dient droog te vallen in de zomerperiode. Zie het kader voor meer informatie.
- Het grondwater is over het algemeen fosforarm ($< 1 \mu\text{mol/l}$, en zwak ($< 300 \mu\text{mol/l}$) tot matig (300-700 $\mu\text{mol/l}$) sulfaathoudend, wat positief is voor de ontwikkeling van natte natuur. Ook de nitraat- en ammoniumconcentraties zijn overwegend relatief laag ($< 30\text{-}50 \mu\text{mol/l}$). Alleen bij enkele landbouwkundig beheerde graslanden (Be6, 9, 10, 12) en een akker (Be16) worden als gevolg van antropogene invloeden (bemesting) hoge tot zeer hoge nitraatconcentraties gemeten.

- We zien dat de hoge nitraatwaardes met name worden gevonden voor de grondwatermonsters die zijn genomen uit de kalkarme zandlaag of op de overgang van de kalkarme naar de kalkrijke zandlaag. We zien dat voor de grondwatermonsters die gekenmerkt worden door een hoge nitraatconcentratie de bicarbonaatconcentratie laag is en de calciumconcentratie is gecorreleerd met de nitraatconcentratie (calciumnitraattype water). Uitspoeling van nitraat kan leiden tot verrijking van het grondwater met sulfaat en afname van de ijzerconcentraties in het grondwater.
- Het grondwater uit de kalkrijke zandlaag is goed gebufferd en hier is de calciumconcentratie gecorreleerd met de bicarbonaatconcentratie (calciumcarbonaattype water). De oppervlaktewaterkwaliteit lijkt erg op de kwaliteit van het grondwater uit kalkrijke zandlagen.
- De buffering (alkaliniteit en calciumconcentratie) varieert sterk met de hoogteligging: zwak gebufferd in de hogere ruggen (alkaliniteit 0,3-0,5 meq/l op locatie Be 1, 10, 12 en 16) en matig tot sterk gebufferd op de overige locaties (alkaliniteit 1-8 meq/l).
- Wanneer na het optimaliseren van de bodemchemische en hydrologische omstandigheden gebufferd grondwater van circa oktober t/m april uittreedt in het maaiveld wordt de toplaag aangerijkt met bufferstoffen. Dit is positief voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen waardoor (meer dan op basis van de actuele bodemchemie wordt vermoed) wellicht meer gebufferde typen (blauwgraslanden) tot ontwikkeling kunnen komen.

5.2 Aanbevelingen

- Op locatie 7, 12 en 15 is de (diepere) bodem zeer zwak gebufferd ($\text{Ca-t} < 10 \text{ mmol/l}$ en/of $\text{Ca-z} < 4000 \text{ } \mu\text{mol/l}$), waardoor het risico op verzuring bestaat. Om verzuring te voorkomen en de soortenrijkdom te vergroten is het advies om na ontgroning eenmalig te bekalken met 2000 kg Dolokal/ha.
- Na afgraving of het bereiken van de gewenste verschraling (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 (zowel bodemchemisch als mogelijk hydrologisch) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

6. LITERATUUR

- 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.
- De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende *Alno*/*Padion* en *Alnion incanae*/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuuroeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009) Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* **142**: 2191-2201.
- 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.
- Lucassen, E. & Roelofs J. (2005). Vernatten met beleid: lessen uit het recente verleden. *Natuurhistorisch maandblad*, 94: 211-215.
- 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) Verpitruising bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.
- Lucassen E.C.H.E.T., A.J.P Smolders & J.G.M Roelofs (2002). Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* **120**: 635-646.
- Lucassen, E.C.H.E.T. (2004). Biochemical constraints for restoration of sulphate-rich fens. Proefschrift, Katholieke Universiteit, Nijmegen, 150 pages.
- Lucassen, E. & Roelofs J. (2005). Vernatten met beleid: lessen uit het recente verleden. *Natuurhistorisch maandblad*, 94: 211-215.
- Lucassen, E. C. H. E. T., Smolders, A.J. P., Lamers, L. P. M. and Roelofs, J. G . M. (2005). Water table fluctuations and groundwater supply are important in preventing phosphate-eutrophication in sulphate-rich fens: Consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* **109-115**
- Lucassen, E.C.H.E.T., Loeffen, L., Popma, J., Verbaarschot, E., E. Remke, S, de Kort & J. Roelofs (2011) Bodemverzuring lijkt een sleutelrol te spelen in het verstoorde verjongingsproces van jeneverbes (*Juniperus communis*). *De Levende Natuur* **112** (6): 235-239.
- Lucassen, E., Van den Berg, L., Aben, R., Smolders, A., Roelofs, R. & R. Bobbink (2014) Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. *Landschap* 4: 185-193.
- Lucassen, E., E. Brouwer, J. Roelofs & F. Smolders (2015) Bekalkingsproeven in de Hatertse vennen. B-WARE rapport 2016.27. In opdracht van Smeding Advies.

- 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 & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Stelkampsveld. Rapportnummer: 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- 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, F. Smolders & B. Timmermans (2014) Biogeochemisch onderzoek naar de natuurpotenties van voormalige landbouwgronden in het kader van de Subsidie Kwaliteitsimpuls Natuur & Landschap (SKNL). Rapportnummer: 2014.06, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Mullekom, M. van & A.J.P. Smolders (2017) Bodemonderzoek landbouwpercelen Landgoederenzone Oldenzaal. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer: RP-16.124.17.12. In opdracht van Provincie Overijssel.
- Mullekom, M. van, H. Tomassen & A. Smolders (in prep.). Bodem- en hydrochemisch onderzoek Beekvliet. In opdracht van Natuurmonumenten. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer RP-16.088.17.43.
- 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.
- 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., 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, F., E. Lucassen, M. Poelen en R. Kuiperij (2011) Onderzoek ten behoeve van ecohydrologische analyse Stelkampsveld. Rapportnummer: 2010.58, 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.

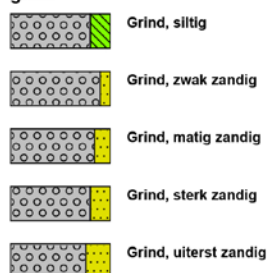
7. BIJLAGEN

Bijlage 1. Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in landgoed Beekvliet. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door het Veldwerkbureau (Jan Vermeer).

Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

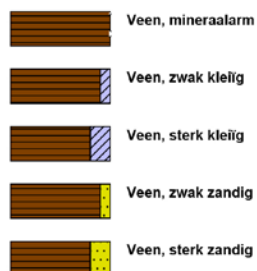
grind



zandtest



veen



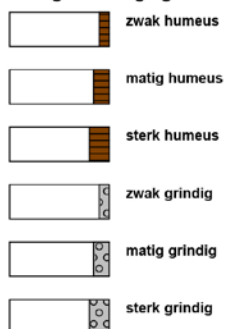
klei



leem



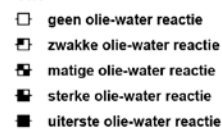
overige toevoegingen



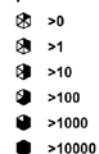
geur



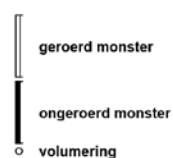
olie



p.i.d.-waarde



monsters



overig

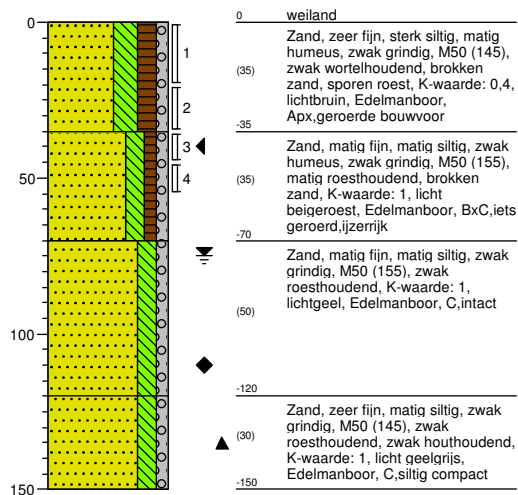


Boring: 01

X: 229218,00
Y: 460162,00

GWS: 75
GHG: 40
GLG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

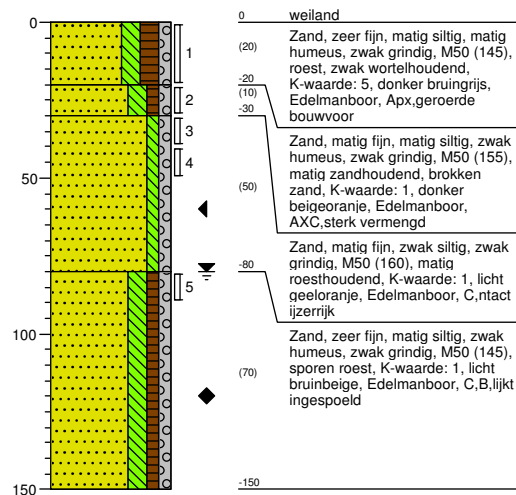


Boring: 02

X: 229336,00
Y: 460111,00

GWS: 80
GHG: 60
GLG: 120

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

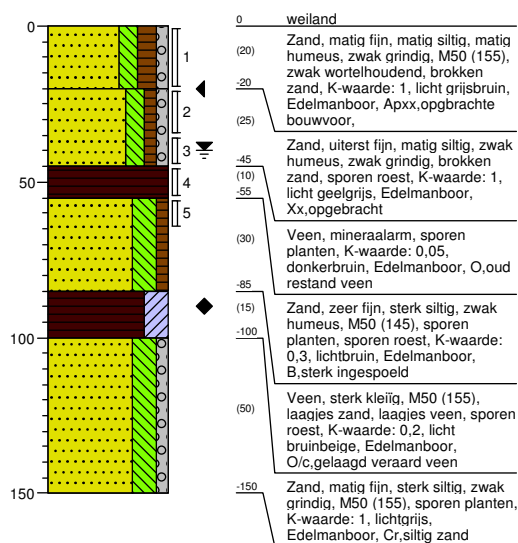


Boring: 03

X: 229493,00
Y: 460137,00

GWS: 40
GHG: 20
GLG: 90

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

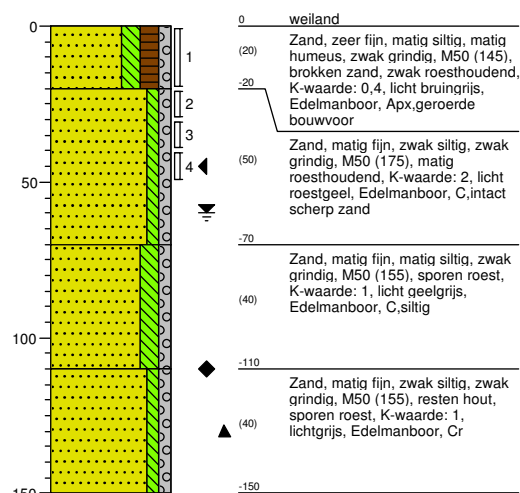


Boring: 04

X: 229478,00
Y: 459959,00

GWS: 60
GHG: 45
GLG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

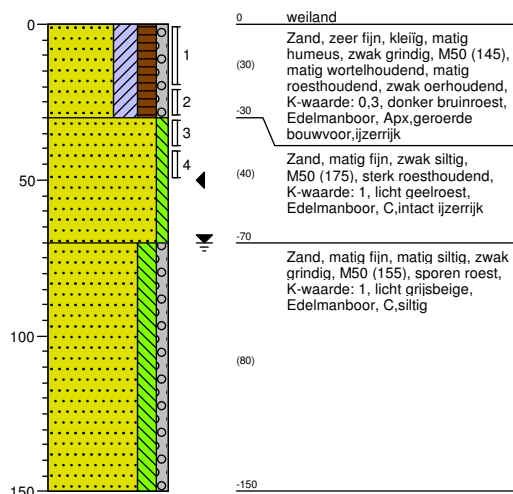


Boring: 05

X: 229707,00
Y: 460041,00

GWS: 70
GHG: 50

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

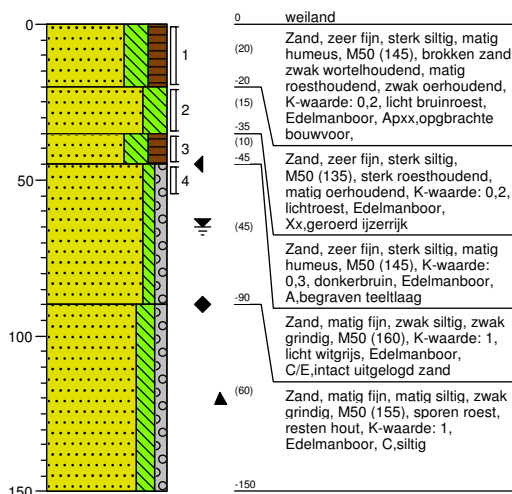


Boring: 06

X: 229596,00
Y: 459874,00

GWS: 65
GHG: 45
GLG: 90

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

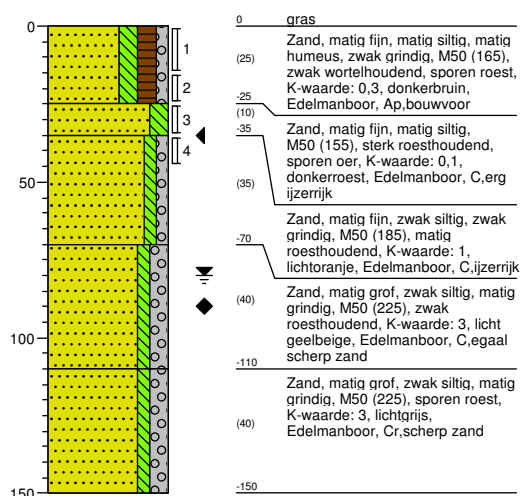


Boring: 07

X: 229875,00
Y: 459938,00

GWS: 80
GHG: 35
GLG: 90

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

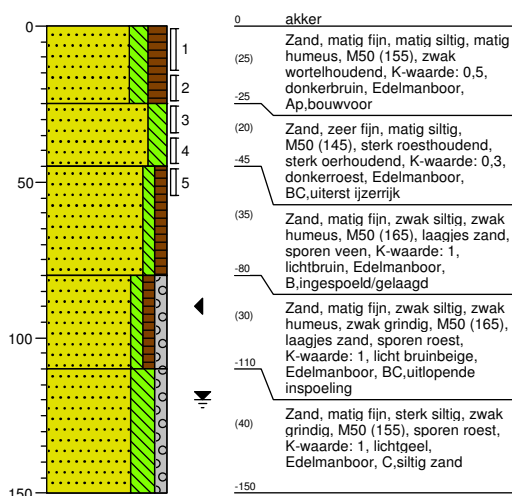


Boring: 08

X: 229173,00
Y: 459650,00

GWS: 120
GHG: 90

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

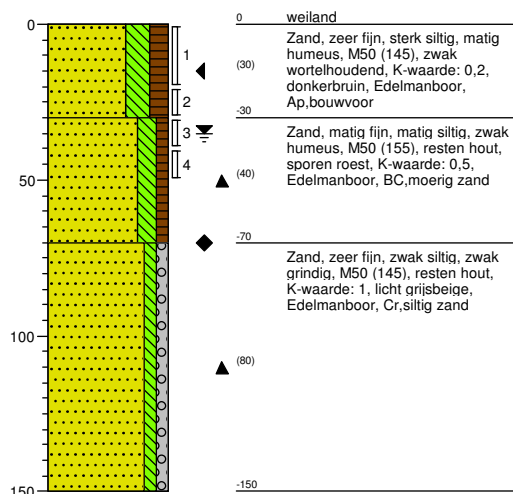


Boring: 09

X: 229272,00
Y: 459744,00

GWS: 35
GHG: 15
GLG: 70

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

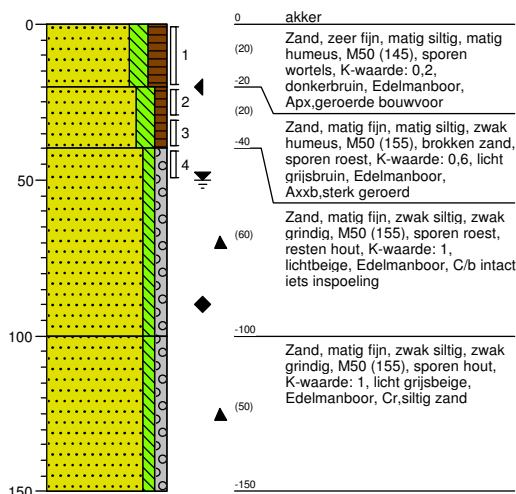


Boring: 10

X: 229401,00
Y: 459697,00

GWS: 50
GHG: 20
GLG: 90

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

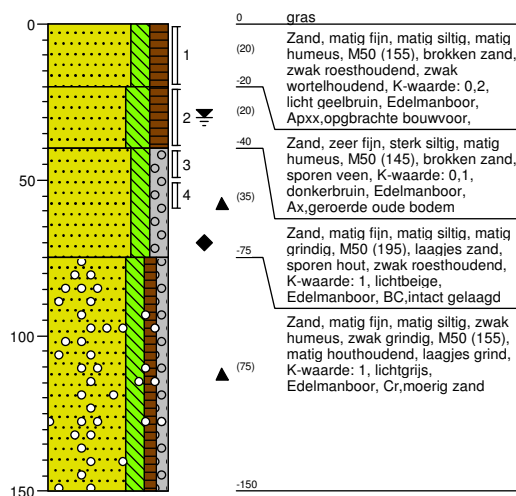


Boring: 11

X: 229479,00
Y: 459582,00

GWS: 30
GHG: 0
GLG: 70

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

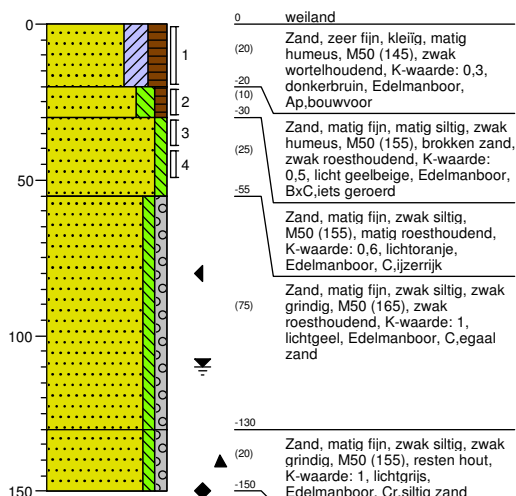


Boring: 12

X: 229535,00
Y: 459723,00

GWS: 110
GHG: 80
GLG: 150

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

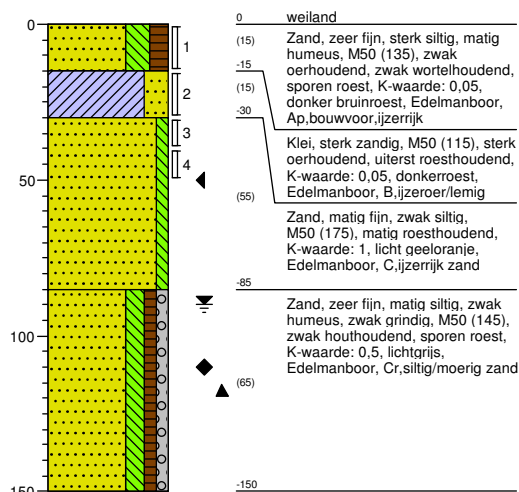


Boring: 13

X: 229620,00
Y: 459783,00

GWS: 90
GHG: 50
GLG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

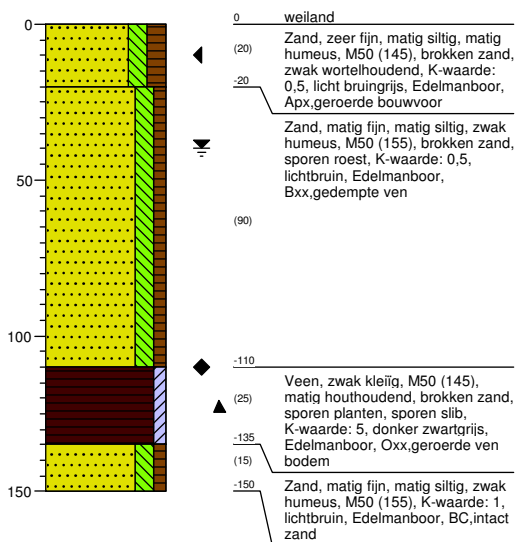


Boring: 14

X: 229774,00
Y: 459603,00

GWS: 40
GHG: 10
GLG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

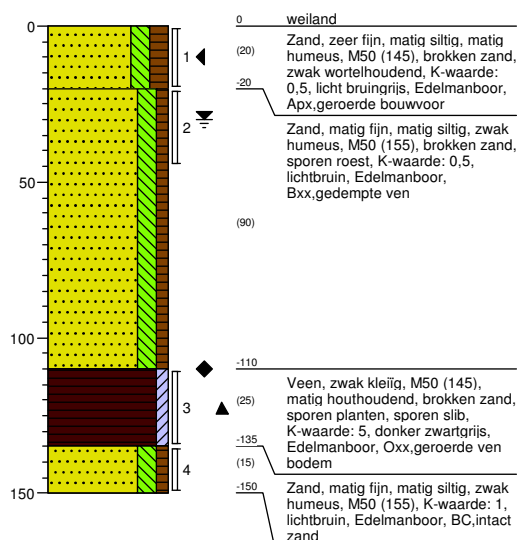


Boring: 14x

X: 229772,66
Y: 459602,56

GWS: 30
GHG: 10
GLG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer



Boring: 15

X: 229872,00
Y: 459676,00

GWS: 140
GHG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer

