

## Hydro-ecologische systeemanalyse van het brongebied van de Mosbeek



A. A. M. (Ariët) Kieskamp  
Januari 2014



Unie van **Bosgroepen**

**Radboud Universiteit Nijmegen**





Foto's voorpagina: uitgebloeide Beenbreek in het brongebied, de bronnen en een overzichtsfoto van het bronveen. Gemaakt door Ariët Kieskamp, d.d. 08-10-2013.

---

Onderzoekslocatie: brongebied van de Mosbeek ten noordwesten van Ootmarsum

Datum: 20 december 2013

Auteur: A. A. M. (Ariët) Kieskamp

Opleiding: Master Biology, track 'Transnational ecosystem-based Water Management', Radboud Universiteit Nijmegen (RU) en Universität Duisburg-Essen (UDE)

Begeleider Unie van Bosgroepen: dr. A. J. M. (André) Jansen

Begeleider Radboud Universiteit: dr. L. P. M. (Leon) Lamers

---



## SUMMARY

The 'Mosbeek', a brook valley in the eastern part of the Netherlands, is part of the Natura 2000 area 'Springendal en Dal van de Mosbeek'. It is located on edge of the ice-pushed ridge of 'Ootmarsum'. The spring area of the Mosbeek covers 2.5 hectares and consists of an alkaline fen with wet heath and an alder forest. The rich fen is considered to be fed by alkaline groundwater, and locally by rainwater. This results in a unique mosaic of site conditions. Therefore, the area hosts a large suite of unique plant species from the Dutch Red List of endangered phanerogams such as *Narthecium ossifragum*, *Succisa pratensis*, *Hammarbya paludosa* and *Pinguicula vulgaris*.

Recently, there have been indications for an alteration in species composition, possibly showing a decline of characteristic conditions for alkaline fens. If this is correct, however, the cause is unknown. There are serious knowledge gaps about the functioning of the spring area, including the origin of the groundwater that is discharged in the area, its chemical composition and the characteristics of the local groundwater flow. Further, both the top soil quality and the location of calcareous deposits as the possible origin of base-rich groundwater are unknown. Therefore, a hydro-ecological system analysis was performed. The objectives of this analysis were to analyze the alteration of species composition since 1999, to gain insight into the functioning of the hydrological system and to determine which parameters might play a role in the species alteration. The main hypothesis is: species, characteristic of alkaline fens have declined due to desiccation and acidification.

In 1999, a grid survey had been performed in which indicator species were recorded. To analyze differences in species composition, this grid survey was repeated in September 2013. Furthermore, geological borehole profiles at adjacent locations in Germany and the Netherlands were analyzed for the occurrence of impermeable layers and calcareous sediments. Elevation maps of the Netherlands and Germany were analyzed for a better understanding of the surface relief and groundwater flow direction on a regional scale. Boreholes were made in and around the spring area of the Mosbeek and soil profiles were described. The water level in each borehole has been measured to get an indication of the local groundwater level and flow pattern. Moreover, soil and water samples were collected to analyze organic content, nutrient concentrations and acid buffering capacity. Water samples were analyzed for pH, alkalinity, and nutrient and total inorganic carbon (TIC) concentrations.

The results show that the regional groundwater originates from a higher plateau in Germany, which means that it flows from the northeast in southwestern direction. Water infiltrates in this area in Germany and flows parallel to a clay layer to the spring area. However, the spring area is presumably mainly fed by local groundwater and rainwater. This is indicated by the low calcium concentrations, low alkalinity and high nutrient levels in the local groundwater. Remarkable is the fact that calcium concentration (... mmol L<sup>-1</sup>) and alkalinity (meq L<sup>-1</sup>) of the groundwater are very low compared to other Dutch alkaline fens such as the Lemselermaten and Kathagerbroek. Therefore, the spring area of the Mosbeek seems to be less alkaline than expected, and only moderately buffered. Although nitrate concentrations seemed to have declined since 1995, its concentrations in the groundwater are still relatively high. In addition, phosphorous concentrations are relatively high on the borders of the valley.

Compared to 1999, an alteration of species composition was observed. Species characteristic of acid

conditions have increased and have colonized the springs, while species that indicate more base-rich conditions have decreased simultaneously. This change in species composition and distribution points to desiccation. The origin of the desiccation is, however, unknown. Acidification often goes together with desiccation, as a result of increased (1) influence of rainwater in the rooting zone of the vegetation and (2) oxidation of organic material, resulting in increased nitrate and sulfate concentrations.

In future management, the reduction of the use of fertilizers on the surrounding agricultural area should be seriously considered in order to prevent further acidification and (internal) eutrophication. In addition, it will be useful to find out the exact cause of the desiccation, focusing on the effect of the ditches in the upstream agricultural area on the hydrological functioning of the rich fen spring area.

## SAMENVATTING

Het brongebied van de Mosbeek, onderdeel van het Natura2000-gebied 'Springendal en Dal van de Mosbeek', ligt op de rand van de stuwwal van Ootmarsum, noordoost Twente. Het brongebied heeft een grootte van 2,5 hectare en bestaat uit een alkalisch laagveen met natte heide en broekbos. Er wordt gedacht dat het laagveen wordt gevoed door baserijk grondwater en plaatselijk door regenwater. Hierdoor herbergt het brongebied een unieke samenstelling aan soorten, waaronder een groot aantal soorten van de Nederlandse Rode Lijst van bedreigde zaadplanten zoals Vetblad, Veenmosorchis en Beenbreek.

Recentelijk zijn er indicaties dat de soortensamenstelling verandert. Soorten specifiek voor minerotrofe laagvenen lijken af te nemen. Echter, de oorzaak hiervan is onbekend. Er is een serieus gebrek aan kennis over het functioneren van het brongebied, zoals de oorsprong van het grondwater dat uittreedt, de chemische samenstelling van het grondwater en stroomrichtingen. Verder is de bodemkwaliteit en locatie van calciumhoudende sedimenten die mogelijk het baserijk grondwater veroorzaken onbekend. Daarom is er voor het onderzoek samengevat in dit rapport een hydro-ecologische systeemanalyse uitgevoerd. Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken of er daadwerkelijk sprake is van soortverandering, om inzicht te krijgen in het functioneren van het hydrologisch systeem en om vervolgens te analyseren welke parameters een rol spelen in de soortenverandering. De hypothese is: soorten die specifiek zijn voor alkalisch, soortenrijk laagveen zijn afgenomen door verdroging en verzuring.

In 1999 werd er een florarasterkartering uitgevoerd, waarbij indicatorsoorten zijn gekarteerd. Om verschillen in soortensamenstelling te analyseren, is in september 2013 deze rasterkartering herhaald. Verder zijn geologische boorprofielen in vergelijkbare gebieden in Duitsland en Nederland geanalyseerd op de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen en calciumhoudende sedimenten. Hoogtekaarten van Nederland en Duitsland zijn onderzocht om het reliëf van het gebied te bestuderen en de grondwaterstromingsrichtingen op regionale schaal. In en rondom het brongebied zijn boorgaten gemaakt en de boorprofielen zijn beschreven. In elk boorgat is de waterstand gemeten om de lokale grondwaterstand en -stroming in kaart te brengen. Verder zijn bodem- en watermonsters genomen voor pH, organisch stofgehalte, nutriëntenconcentraties en buffercapaciteit. Watermonsters zijn geanalyseerd met betrekking tot pH, alkaliniteit, nutriënten en totaal anorganisch koolstof (TIC).

De resultaten laten zien dat het regionale grondwater uit een hoger gelegen gebied in Duitsland komt, het stroomt daarmee vanuit het noordoosten naar het zuidwesten. Het water infiltreert in Duitsland en stroomt af over een kleilaag naar het brongebied. Echter, het brongebied wordt waarschijnlijk voornamelijk gevoed door lokaal grondwater en regenwater. Dit wordt geïndiceerd door de lage calciumconcentraties, lage alkaliniteit en hoge nutriëntenconcentraties. Opvallend is dat de calciumconcentratie ( $438 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) en alkaliniteit ( $0,57 \text{ meq L}^{-1}$ ) van het grondwater heel laag zijn vergeleken met andere Nederlandse alkalische laagvenen zoals de Lemselermaten en Kathagerbroek. Het brongebied lijkt niet alkalisch maar wordt gevoed door slechts matig gebufferd water. Hoewel nitraatconcentraties afgenomen lijken te zijn sinds 1995, zijn de concentraties in het water nog steeds relatief hoog. Ook de fosforconcentraties zijn relatief hoog, met name aan de randen van het brongebied.

Vergeleken met 1999 is de soortensamenstelling veranderd. Soorten specifiek voor zure condities zijn toegenomen en hebben de bronnen gekoloniseerd, terwijl soorten van meer basenrijke condities juist afnemen. Deze verandering duidt op verdroging: onder aerobe omstandigheden wordt organisch materiaal afgebroken waarbij zuur vrij komt. Dit is tevens terug te zien aan de grondwaterstanden in de peilbuizen die sinds 1995 zijn afgenomen. De oorzaak van de verdroging is echter onbekend. Vaak gaat verdroging samen met verzuring, veroorzaakt door een verhoogde (1) invloed van regenwater in de wortelzone van de vegetatie en (2) oxidatie van organisch materiaal, resulterend in verhoogde nitraat- en sulfaatconcentraties.

Vermindering van het gebruik van meststoffen op het bovenstroomse landbouwgebied zou overwogen moeten worden om (verdere) verzuring en (interne) eutrofiëring tegen te gaan. Verder is het nuttig om uit te zoeken wat de oorzaken zijn van verdroging; het is belangrijk om te analyseren wat het effect is van de sloten in het landbouwgebied op het hydrologisch functioneren van het brongebied.



## VOORWOORD

Voor u ligt het resultaat van mijn 16-credits masterstage bij de Unie van Bosgroepen, voor de Master Biology aan de Radboud Universiteit Nijmegen en de Universität Duisburg-Essen. Van september tot en met januari 2014 heb ik een hydro-ecologische systeemanalyse van het brongebied van de Mosbeek mogen uitvoeren. Een mooi en bijzonder hellingveen, dat in het najaar vooral opvalt door de oranje gloed van uitgebloeide Beenbreek. Minerotrofe slenken, hoogveenbultjes en vochtige heide wisselen elkaar af en daardoor herbergt het gebied een unieke samenstelling aan soorten. Momenteel kijk ik terug op een onderzoek waarin de mate van complexiteit van zo'n klein gebied me gefascineerd heeft.

Via deze weg wil ik graag een aantal mensen bedanken. Vanuit de Unie van Bosgroepen ben ik begeleid door André Jansen. André, je enthousiasme geeft positieve energie, je hebt je erg ingezet om me overal bij te betrekken, me veel te laten zien van jullie werk en om dit rapport tot een zo goed mogelijk einde te brengen. Ik kijk heel goed terug op deze stageperiode waarin ik een hoop heb geleerd over hydro-ecologie. Bedankt!

Verder wil ik de mensen bedanken die de florarasterkartering in september 2013 hebben uitgevoerd: Marcel Horsthuis van Bosgroep Midden-Nederland, Loekie van Tweel, Jacob van der Weele en Adriaan van Gelder van Landschap Overijssel, Annie Vos en Melchior van Tweel. Toentertijd kon ik slechts helpen met het uitzetten van de rasters (en zelfs dat ging niet van een leien dakje), nu zou ik ook een steentje kunnen bijdragen aan het maken van de vegetatie-opnames. Het boorgatenonderzoek is mede mogelijk gemaakt door Karel Hesselink (Landschap Overijssel) en alle landeigenaren. De water- en bodemmonsters heb ik mogen analyseren in het laboratorium van B-WARE (Nijmegen), hiervoor wil ik graag Fons Smolders bedanken, tevens voor zijn meermalige hulp bij het interpreteren van de resultaten. Bij het uitvoeren van het boorgatenonderzoek heb ik een week lang bij Fons Eysink en zijn familie mogen verblijven in het mooie Ootmarsum. Hen wil ik bedanken voor de gastvrijheid waarmee ik ben ontvangen. Collega's van de Unie van Bosgroepen en Bosgroep Midden-Nederland hebben me tevens gastvrij ontvangen, bedankt voor de goede tijd. Met name Jaap Bouwman, Marcel Horsthuis en Fons Eysink, bedankt dat jullie hebben bijgedragen aan een ontzettend leerzame en leuke stage, ik heb genoten van jullie humor, kennis en behulpzaamheid. Leon Lamers, bedankt voor je begeleiding vanuit de universiteit, het becommentariëren van het rapport en de presentaties.

Tot slot wens ik u veel plezier bij het lezen van dit rapport.

Ede, januari 2014

Ariët Kieskamp



## INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding.....	13
1.1	Kenschets .....	13
1.2	Vraagstellingen en hypothesen .....	14
2.	Methoden.....	16
2.1	Landschapsecologische systeemanalyse (LESA) .....	16
2.2	Geologie en reliëf .....	16
2.3	Bodem .....	17
2.4	Grondwaterstanden .....	17
2.5	Chemische analyse .....	18
2.5.1	Bodem .....	18
2.5.2	Bodemvocht.....	18
2.6	Vegetatie en flora .....	18
3.	Resultaten.....	21
3.1	Indeling onderzoeksgebied.....	21
3.2	Geologie .....	21
3.3	Reliëf .....	24
3.4	Bodem .....	25
3.5	Grondwaterstanden .....	25
3.6	Chemische analyse .....	27
3.6.1	Stiff-diagrammen .....	27
3.6.2	Alkaliniteit en pH-H <sub>2</sub> O .....	31
3.6.3	Calcium .....	32
3.6.4	Fosfor .....	32
3.6.5	Nitraat en sulfaat .....	34
3.7	Vegetatie en flora .....	36
3.7.1	Dopheiverbond .....	36
3.7.2	Verbond van Zwarte zegge .....	39
3.7.3	Knobbies-verbond.....	40
3.7.4	Veenmos.....	44
4.	Discussie en conclusie .....	45
4.1	Werking van het hydrologische systeem .....	45

4.2	Oorzaken van verandering in flora.....	49
	Referenties .....	53
	Bijlagen .....	55

# 1. INLEIDING

## 1.1 Kenschets

Het 'Dal van de Mosbeek' ligt ten noorden van het dorp Vasse in noordoost Twente, op de stuwwal van Ootmarsum (figuur 1). Het is onderdeel van het Natura2000-gebied 'Springendal en Dal van de Mosbeek' (Landschap Overijssel, 2007). In een terrein van ongeveer 2,5 hectare groot, ligt het brongebied van de Mosbeek. In dit terrein komen plekken voor waar grondwater uittreedt in lage delen, waarbij veenvorming kan optreden, naast plekken die worden gevoed door regenwater. Opgestuwde heuvelruggen en uitgeschuurde erosiedalen zorgen voor veel reliëf (Natuurkennis OBN, 2011). Hierdoor ontstaat er een grote verscheidenheid aan standplaatsen (Bobbink et al., 2013). Door de unieke omstandigheden heeft het brongebied tevens een voor Nederland unieke vegetatie met een groot aantal plantensoorten van de Rode Lijst, namelijk minstens 62 hogere planten, 15 mossen en drie paddenstoelen (Landschap Overijssel, 2007).

Het gebied kan worden ingedeeld in het bronveen, de bronweide en het broekbos (figuur 2) (Van der Linden, 1988). Het bronveen is door Natura-2000 gedefinieerd als Alkalisch laagveen (H2730), of ook wel -ten onrechte- kalkmoeras genoemd, met op de relatief droge delen het habitatype Vochtige heide (H4010A) (Alterra, 2008<sup>2</sup>). Het broekbos behoort tot het habitatype Vochtig alluviaal bos (H91E0\_C) (Landschap Overijssel, 2007). De bronweide is relatief kort in bezit door Landschap Overijssel en wordt gekenmerkt door Heischraal grasland (H6230), Vochtige heide, Blauwgrasland (H6410) en Alkalisch laagveen.

Alkalisch laagveen behoort in Nederland tot de zeldzame, kwetsbare en bedreigde ecosystemen (Alterra, 2008<sup>1</sup>). Het habitatype herbergt een soortenrijke begroeiing met veel zeldzame soorten (Janssen & Schaminée, 2003). De grond is permanent nat door uittredend basenrijk grondwater. Door permanent natte omstandigheden kunnen veenbulten ontstaan die een wat zuurder karakter hebben (Natuurkennis OBN, 2011). In het bronveen en de bronweide wordt het alkalische laagveen gekenmerkt door het voorkomen van plantensoorten van de Associatie van Vetblad en Vlozegge (*Campylio-Caricetum dioicae*) zoals Vlozegge (*Carex pulicaris*) en Veenmosorchis (*Hammarbya paludosa*). De grootste populatie Vetblad (*Pinguicula vulgaris*) van Nederland staat in het brongebied van de Mosbeek (Van Tweel-Groot & Horsthuis, 2001). Andere voorkomende soorten zijn Kleine valeriaan (*Valeriana dioica*), Ruw walstro (*Galium uliginosum*) en Blauwe knoop (*Succisa pratensis*) (Alterra, 2008<sup>1</sup>).

Habitatype Vochtige heide (H4010A) is te vinden op de wat hoger gelegen, relatief droge delen (Landschap Overijssel, 2007). Dit habitatype betreft vochtige heidegemeenschappen op matig zure tot zure, hogere zandgronden. De standplaatsen zijn zeer nat tot zeer vochtig en met name gevoed door regenwater met soms enig jong grondwater. Vochtige heide is erg gevoelig voor verlagingen van en te grote fluctuaties in de grondwaterstand. Verdroging leidt snel tot dominantie van Pijpestrootje (*Molinia caerulea*) (Alterra, 2008<sup>2</sup>). Ook stikstofdepositie, waar het habitatype zeer gevoelig voor is, kan zorgen voor een sterke uitbreiding van dit gras. Voor het behoud is het belangrijk dat verbossing en

vergrassing voorkomen worden (Alterra, 2008<sup>2</sup>). In het bronveen komen soorten voor zoals Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*), Beenbreek (*Narthecium ossifragum*) en Veenbies (*Trichophorum cespitosum*) van de Associatie van Gewone dophei (*Ericetum tetralicis*) en tevens soorten van de Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies (*Lycopodio-Rhynchosporium*) zoals Kleine zonnedauw (*Drosera intermedia*), Ronde zonnedauw (*Drosera rotundifolia*) en Witte snavelbies (*Rhynchospora alba*).

Het broekbos behoort tot het habitattype Vochtig alluviaal bos oftewel Beekbegeleidende bossen (H91E0\_C) (Landschap Overijssel, 2007). De grondwaterstanden liggen in het voorjaar rond maaiveld en zakken in de zomer slechts ondiep weg. Door voeding met grondwater is het broekbos relatief rijk aan nutriënten en basen, waarbij de zuurgraad varieert van neutraal tot matig zuur. Net als het habitattype Vochtige heide, zijn ook beekbegeleidende bossen gevoelig voor stikstofdepositie (Alterra, 2008<sup>3</sup>). Voorkomende soorten zijn Zwarte els (*Alnus glutinosus*), Moeraszegge (*Carex acutiformis*) en Bitterzoet (*Solanum dulcamara*).



Figuur 1: Locatie van het brongebied van de Mosbeek (Bing Maps).



Figuur 2: Overzicht van het brongebied van de Mosbeek, ingedeeld in het bronveen, de bronweide en het broekbos (Bing Maps, indeling gebaseerd op Van der Linden, 1988).

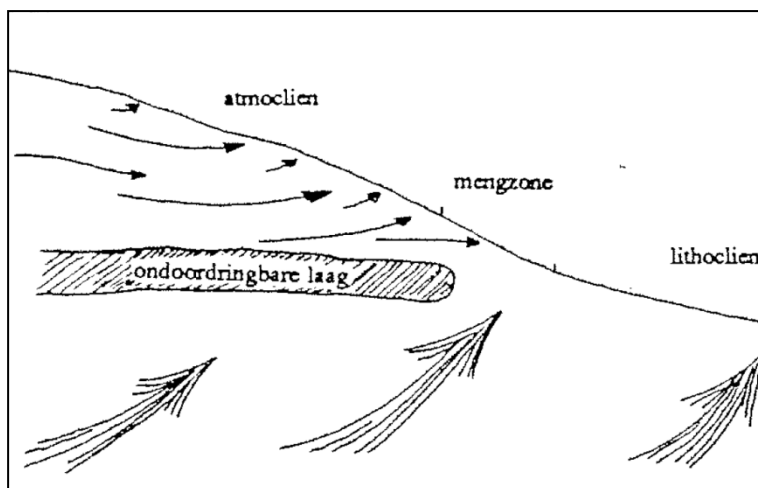
## 1.2 Vraagstellingen en hypotheses

De laatste jaren zijn er indicaties dat er een verandering plaatsvindt in de samenstelling en verspreiding van plantensoorten, waarbij soorten specifiek voor alkalisch laagveen achter gaan. De oorzaak hiervan is onduidelijk en hangt vermoedelijk samen met verandering van het grondwaterregime, bijvoorbeeld verlaging van de basenverzadiging, waardoor de vegetatie in de lithocliene zone verzuurt.

Van het brongebied is tot op heden weinig bekend over de hydrologie en de bodemopbouw. Grondboringen, waterstandmetingen, vegetatieanalyses, water- en bodemkwaliteitsbepalingen en het raadplegen van bestaande literatuur kunnen zorgen voor meer inzicht in de hydro-ecologie van het brongebied. Met deze landschapsecologische systeemanalyse wordt getracht antwoord te krijgen op de volgende vraagstellingen:

- (1) Hoe functioneert het hydrologische systeem?
  - a. Wat is de herkomst van het water dat het brongebied voedt?
  - b. Wat is de chemische samenstelling van het diepe en ondiepe grondwater en waardoor wordt deze veroorzaakt?
  - c. Hoe ziet het grondwaterregime eruit?
- (2) Hoe heeft de soortensamenstelling zich ontwikkeld in de loop van de tijd?
- (3) Welke parameters spelen mogelijk een rol in de eventuele verandering van de vegetatie en hoe kan het beheer hier op inspelen?

De hypothese is dat het hydrologische systeem functioneert zoals figuur 3, met een atmocliene en lithocliene zone, waarbij de lithocliene zone wordt gevoed door diep, basenrijk grondwater (Van der Linden, 1988). Wat betreft soortensamenstelling wordt verwacht dat zure soorten in aantal zijn toegenomen terwijl het aandeel basenminnende soorten is afgenomen en dat deze verandering toe te schrijven is aan verdroging en/of verzuring. Deze verdroging en verzuring kunnen het resultaat zijn van verlaagde waterstanden door de aanwezigheid van sloten ten behoeve van veedrenking.



*Figuur 3: Hypothetische voorstelling van de grondwaterstromen in het brongebied van de Mosbeek (Van der Linden, 1988).*

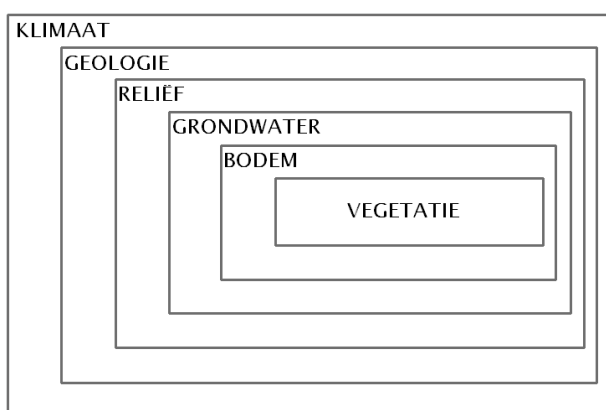
## 2. METHODEN

### 2.1 Landschapsecologische systeemanalyse (LESA)

Om de vraagstellingen te kunnen beantwoorden, is het essentieel om inzicht te krijgen in de relatie tussen abiotische parameters en de voorkomende flora en vegetatie in het brongebied van de Mosbeek. Om dit inzicht te krijgen kan een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) worden uitgevoerd. Deze analyse geeft beknopt weer hoe een gebied is ontstaan, hoe het functioneert en welke processen invloed hebben op het voorkomen van bepaalde planten- en diersoorten. Het verband tussen verschillende landschapscomponenten staat centraal. Er wordt getracht om veranderingen in onderdelen van het landschap te verklaren door veranderingen in de invloed van verschillende factoren (Van der Molen et al., 2010).

Een onderdeel van de landschapsecologie is hydro-ecologie. In de hydro-ecologie wordt gefocust op de relatie tussen vegetatie en grondwater. Binnen een ecosysteem beïnvloeden verschillende componenten elkaar, waarbij de ene factor domineert over de ander (figuur 4). Klimatologische omstandigheden in het verleden hebben de geologische gelaagdheid beïnvloed. De geologie brengt het reliëf tot stand, wat op zijn beurt invloed heeft op de grondwaterstroming. De samenhangende grondwaterstanden beïnvloeden de bodemopbouw. De variatie in omstandigheden komt tot uiting in de vegetatie en flora. Vegetatie en flora zijn dus belangrijk voor het indiceren van bepaalde milieuomstandigheden (Jansen, 1991).

In dit onderzoek wordt geprobeerd om de vegetatie en flora te verklaren door de verschillende componenten van het rangordemodel te analyseren, door middel van veldonderzoek, chemische analyses in het laboratorium en aanvullend literatuuronderzoek. De componenten worden per hoofdstuk behandeld.



*Figuur 4: Rangordemodel van de verschillende componenten van de hydro-ecologie (gebaseerd op Jansen, 1991).*

### 2.2 Geologie en reliëf

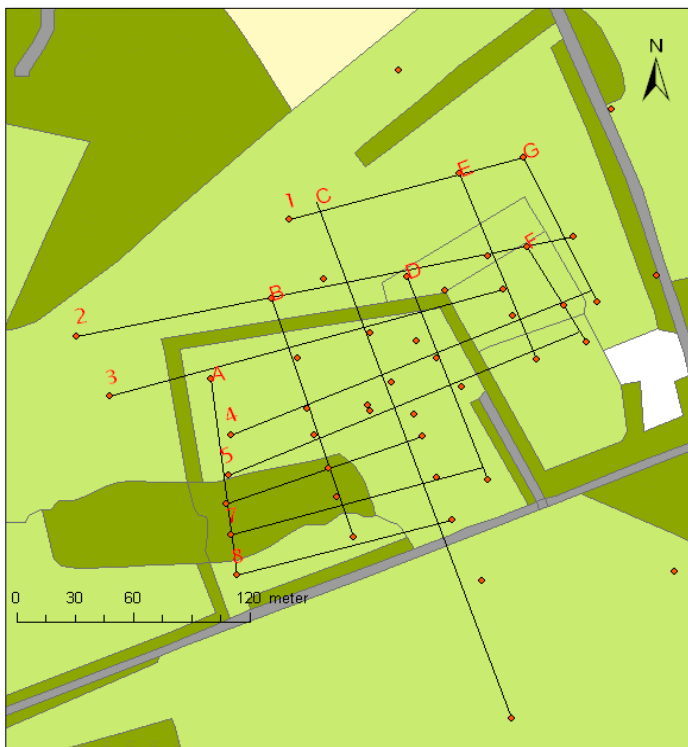
Omdat de geologische opbouw de stroming en de chemische samenstelling van het grondwater beïnvloedt, is het van belang te achterhalen waar zich de watervoerende lagen en de slecht



doorlaatbare lagen bevinden. Op het DINO-loket is gezocht naar geologische boringen binnen en rondom het brongebied van de Mosbeek. Omdat het brongebied nabij de Nederlands–Duitse grens ligt, is ook gekeken naar geologische boringen in Duitsland, via de NIBIS Kartenserver. Van de afzettingen in de boringen is tevens de fysische (korrelgrootte) en chemische (aanwezigheid van kalk en/of andere basenrijke mineralen) samenstelling bekeken. Verder is door middel van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) en de NIBIS Kartenserver het reliëf van het gebied bekeken. Op basis van hoogtelijnen zijn er [vervolgens](#) hypothetische regionale grondwaterstromingen geschetst.

### 2.3 Bodem

Om inzicht te krijgen in de samenstelling van de bodem en in de lokale grondwaterstroming, zijn er begin oktober 2013 op 53 punten in en rondom het brongebied, boorgaten gemaakt (figuur 5). Dit is gedaan door middel van een Edelmanboor, tot een diepte van 120 centimeter. Van de grondboringen werd het bodemprofiel beschreven waarbij de kleur, structuur en dikte van elke bodemlaag werd aangegeven. De bodemprofielen zijn uitgewerkt tot transecten van noord naar zuid, en van west naar oost.



Figuur 5: Boorgaten en transecten van het brongebied van de Mosbeek en omgeving.

### 2.4 Grondwaterstanden

Op 3 december 2013 werd in de boorgaten het waterpeil bepaald door middel van een peilklokje, ongeveer 1,5 maand na het maken van de boorgaten. Dit was slechts mogelijk bij de boorgaten waar het peil zich binnen 120 centimeter onder maaiveld bevond omdat de boorgaten niet dieper waren. De grondwaterstanden onder maaiveld werden door middel van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) omgezet in waterstanden boven NAP. Op basis daarvan werden isohypsen gemaakt, die de stromingsrichting van het grondwater weergeven. Om veranderingen in de grondwaterstanden in de

tijd te bekijken en om te zien of er sprake is van kwel, zijn data van peilbuizen in het brongebied onderzocht (DINO-loket).

## 2.5 Chemische analyses

### 2.5.1 Bodem

Bij de boorgaten werd op een diepte van 20 centimeter een bodemmonster genomen. Er is gekozen om alleen de bodem te monstren bij boorgaten waar de waterstand binnen 120 centimeter onder maaiveld stond. Op deze manier kan de bodemkwaliteit aan waterkwaliteit worden gekoppeld. De analyses werden uitgevoerd op het laboratorium van onderzoekscentrum B-WARE volgens de daar geldende voorschriften. Van de bodemmonsters werd het vochtpercentage en het organische stofgehalte bepaald. De voor planten beschikbare fosfaatconcentratie werd geanalyseerd met een Olsen-extractie. De totale fosfaatconcentratie werd geanalyseerd door middel van een bodemdestructie. Bij een destructie worden ook de concentraties van ijzer, calcium, aluminium, kalium, magnesium, mangaan, fosfor, silicium, zink en zwavel in de bodem bepaald. Tenslotte werd er een NaCl-extractie gemaakt. Deze geeft inzicht in de beschikbare hoeveelheid nitraat en ammonium (stikstofbelasting), de fosfaatconcentratie in de bodem en het buffervermogen.

### 2.5.2 Bodemvocht

Bij dezelfde boorgaten werd bodemvocht bemonsterd door middel van keramische cups met vacuüm getrokken 300 mL spuiten. Van de bodemvochtmonsters werd de alkaliniteit en de pH gemeten. De TIC (Total Inorganic Carbon) concentratie werd bepaald met een ABB Advance Optima Infrared Gas Analyzer (IRGA). Concentraties van aluminium, calcium, kalium, magnesium, mangaan, natrium, totaal fosfaat, sulfaat, silicium en zink in het bodemvocht werden geanalyseerd met een iCAP inductively coupled plasma spectrofotometer (Spectroflame, Spectro Analytical Instruments, Kleef, Duitsland). Daarnaast werd de nitraat-, ammonium-, fosfaat- en chloorconcentratie gemeten met een auto analyzer. De analyses werden uitgevoerd op het laboratorium van onderzoekscentrum B-WARE volgens de daar geldende voorschriften. Van de waarden voor natrium, kalium, magnesium, calcium, bicarbonaat, sulfaat en chloor konden Stiff-diagrammen worden gemaakt door middel van het programma AquaChem, waarin de relatieve concentraties worden weergegeven. Tevens werden dergelijke Stiff-diagrammen gemaakt van de data van Van der Linden (1988) om een indruk te krijgen van eventuele verandering van waterkwaliteit.

## 2.6 Vegetatie en flora

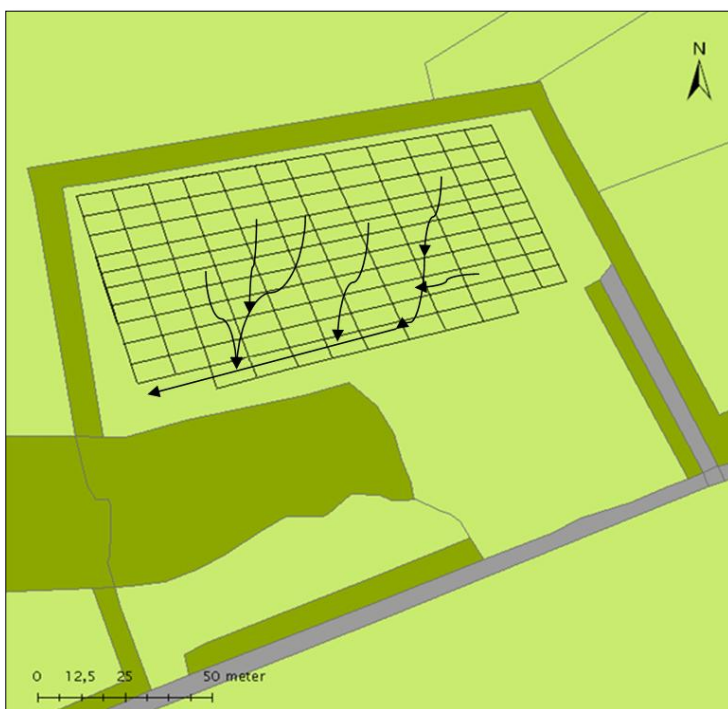
De flora en vegetatie van het bronveen is door middel van een florarasterkartering in augustus 1999 in kaart gebracht (Horsthuis & Van Tweel-Groot, 2001). Om eventuele veranderingen in flora en vegetatie te analyseren, werd de rasterkartering herhaald in september 2013. Het bronveen was verdeeld in 128 vakken van tien bij vijf meter (figuur 6). Indicatorsoorten en aandachtsoorten zijn vastgelegd volgens FLORON (tabel 1, zie FLORON 1996). Er is tijdens de inventarisatie één mossoort genoteerd, namelijk Kussentjesmos (*Leucobryum glaucum*). Deze soort is indicatief en gemakkelijk herkenbaar. Daarnaast is per vak aangegeven of, en in welke mate, er veenmos aanwezig is (in een procentuele bedekking).

Orchideeën zijn niet tot op soort gedetermineerd omdat het verschil tussen de soorten vanwege de tijd van het jaar niet meer te zien was. De lijst van opgenomen soorten in 2013 is weergegeven in tabel 2, tevens is aangegeven of deze soorten ook zijn gevonden in 1999. De rasterkarteringen van zowel 1999 als 2013 zijn ingevoerd in het dataprogramma TURBOVEG.

Van een aantal soorten (vetgedrukt in tabel 2) is een verspreidingsbeeld gegeven. Deze soorten zijn gekozen omdat ze kenmerkend zijn voor de verschillende standplaatscondities binnen het bronveen. Van overige soorten zijn ook verspreidingskaarten gemaakt en bekeken om te voorkomen dat belangrijke veranderingen worden gemist. Deze zijn niet gepubliceerd in dit rapport, maar er zijn geen opvallende veranderingen waargenomen. De verspreidingsbeelden geven de verandering in abundantie van een soort weer, daarnaast wordt hiermee zichtbaar gemaakt of de soort zich heeft verplaatst.

Tabel 1: FLORON-schaal (FLORON, 1996).

Schaal	Aantal exemplaren
0	0
1	1-5
2	5-50
3	50-500
4	500-5000
5	>5000



Figuur 6: Overzicht van het brongebied van de Mosbeek met het raster in het bronveen. De locaties van de slenken zijn aangegeven met zwarte pijlen, die de stromingsrichting aangeven (gebaseerd op Horsthuis & Van Tweel-Groot, 2001).

Tabel 2: Lijst van gekarteerde aandachtsoorten in 2013. Soorten waarvan verspreidingskaarten worden weergegeven zijn vetgedrukt. Soorten die niet gekarteerd zijn in 1999 zijn aangegeven met \*.

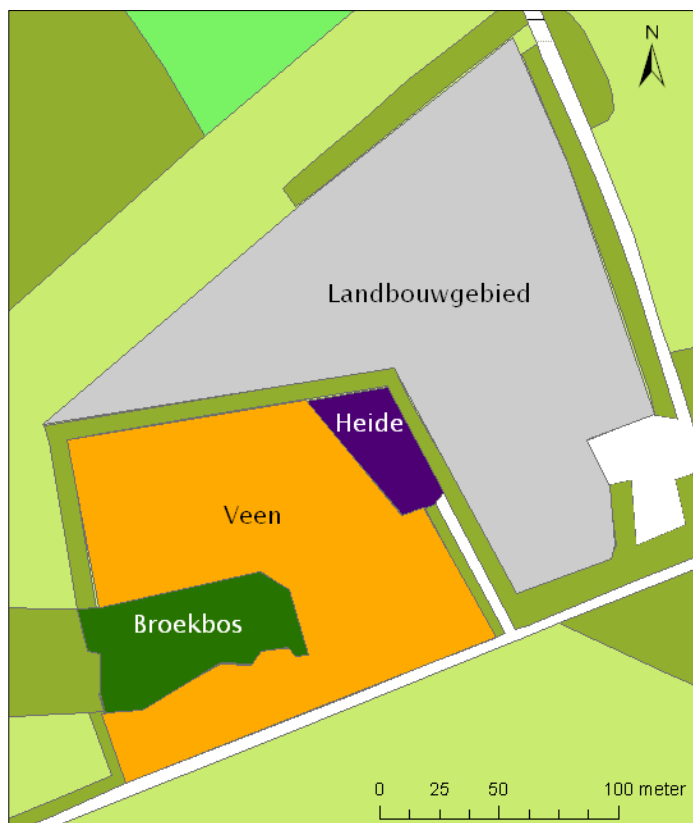
<b>Armbloemige waterbies</b>	Grote ratelaar	Moerasspirea	<b>Struikhei</b>
<b>Beenbreek</b>	Grote wederik*	<b>Moerasviooltje</b>	Tandjesgras
<b>Blauwe knoop</b>	Heidekartelblad	<b>Moeraszoutgras</b>	Tormentil
Blauwe zegge	<b>Kleine valeriaan</b>	Orchidee	<b>Veenmosorchis</b>
Borstelgras*	Kleine veenbes	<b>Parnassia</b>	<b>Veldrus</b>
Bruine snavelbies	<b>Kleine zonnedauw</b>	Pijpenstrootje*	<b>Vetblad</b>
<b>Dophei</b>	<b>Klokjesgentiaan</b>	Pluimzegge	<b>Vlozegge</b>
Geelgroene zegge	Kruipwilg	Riet	<b>Witte snavelbies</b>
Gewone brunel	Kussentjesmos <sup>1</sup> *	<b>Ronde zonnedauw</b>	Zwarte braam
<b>Gewone veenbies</b>	Leverkruid	<b>Ruw walstro</b>	Zwarte els
Gewone waternavel	Moerasrolklaver	Sterzegge	Zwarte zegge

<sup>1</sup>Mos

### 3. RESULTATEN

#### 3.1 Indeling onderzoeksgebied

Op basis van verschil in vegetatie, water- en bodemkwaliteit, kan het onderzoeksgebied grofweg worden onderverdeeld in het landbouwgebied, de heide in het bronveen, het veen (bronveen en bronweide) en het broekbos (figuur 7).



*Figuur 7: Verdeling van het onderzoeksgebied op basis van verschillen in vegetatie.*

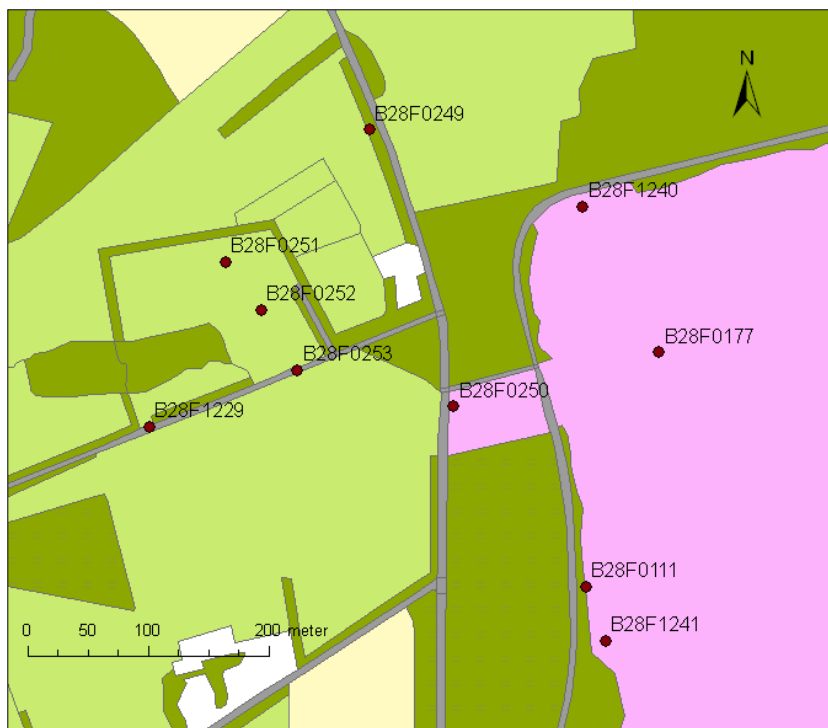
#### 3.2 Geologie

De ondergrond van het gebied bestaat uit afzettingen van de formatie van Dongen tot 30 meter onder NAP, bedekt met die van de jongere formatie van Rupel, met daar weer bovenop gestuwd materiaal (bijlage 1). De formatie van Dongen is een mariene afzetting, bestaande uit groene en bruine klei en zeer fijn, glauconiethoudend zand. Deze formatie wordt bedekt met een relatief dunne en jonge afzetting van de formatie van Rupel, van maximaal één meter dik. De formatie van Rupel is minder glauconiethoudend, bevat matig fijn tot matig grof zand en kan ook zwak kleilig zijn.

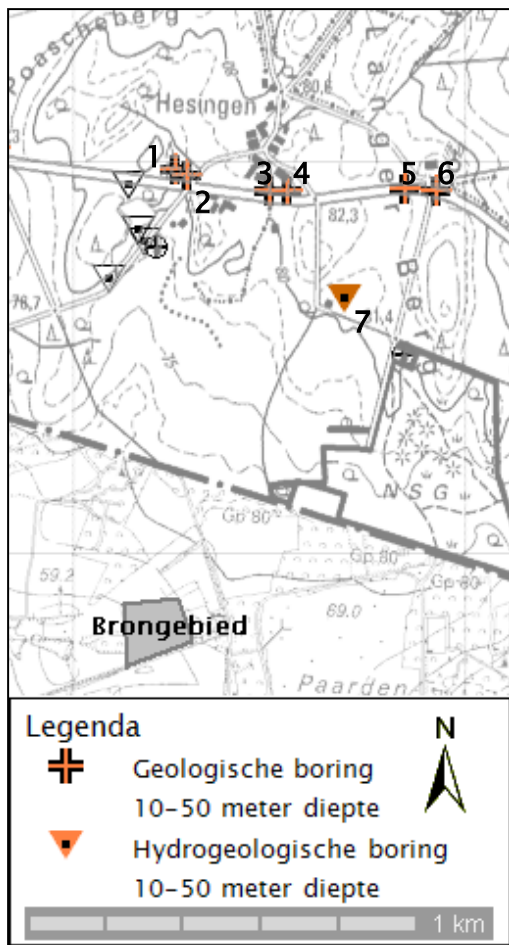
Er zijn tien geologische boringen gevonden in en rondom het brongebied (figuur 8), waarvan twee boringen van 21 en 40 meter diep (respectievelijk B28F0111 en B28F0177) en acht boringen van minder dan vijf meter diep (DINO-loket). Beschrijving van de diepte, hoofdgrondsoort, mediaanklasse,

aanwezigheid van grind en silt per boring is opgenomen in bijlage 2. Van de boringen B28F0111, B28F1229, B28F1240 en B28F1241 was bepaald of er kalk en/of andere basenrijke lagen aanwezig waren. Dat is niet het geval. Van de overige boringen is het kalkgehalte onbekend. Op de Paardenslenkte, ten oosten van het brongebied, is bij boring B28F0177 een kleilaag gevonden van 22 meter dik, 27,90 tot 49,90 meter +NAP. Bij boring B28F0250 is een zwak zandige leemlaag aanwezig tot minstens vijf meter onder maaiveld, 61,68 tot 66,18 meter +NAP. De rest van de boorprofielen laat zien dat de hoofdgrondsoort overwegend zand is, meestal matig fijn, soms grindig. Dat betekent dat zich in de bovenste vijf meter van de bodem geen slecht doorlatende lagen bevinden; deze zijn alleen op grotere diepte aanwezig.

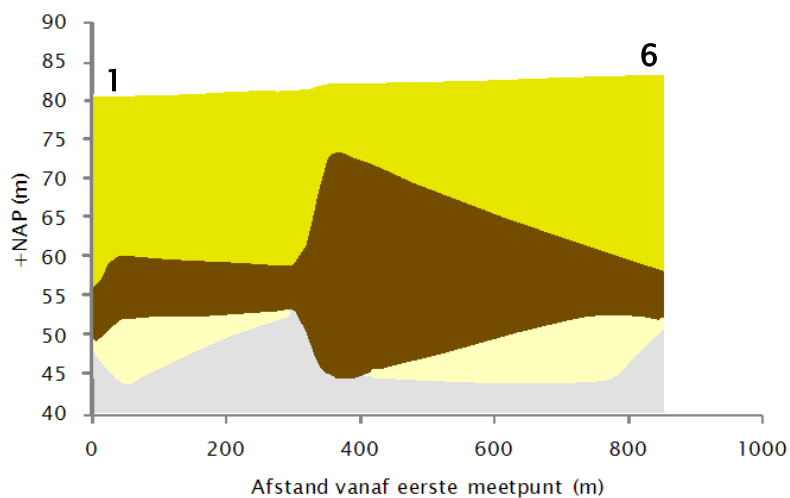
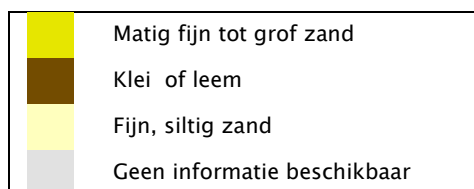
Er zijn zes geologische en één hydrogeologische boring(en) gevonden in Duitsland, net over de grens, bovenstrooms van het brongebied (figuur 9) (NIBIS Kartenserver). De boordiepte varieert van 27 tot 90 meter diep. Beschrijving van de diepte en het profiel is opgenomen in bijlage 2. De doorsnede van de boringen laat zien dat er bij elke boring een kleilaag is gevonden van tussen de vijf en 18 meter dik, liggend op ongeveer 60 meter boven NAP (figuur 10), dezelfde hoogte als waarop het brongebied zich bevindt.



Figuur 8: Locatie van de geologische boringen (DINO-loket).



Figuur 9: Geologische en hydrogeologische boringen in Duitsland, bovenstrooms van het brongebied. Overige symbolen staan voor niet vrijgegeven boringen (NIBIS Kartenserver).

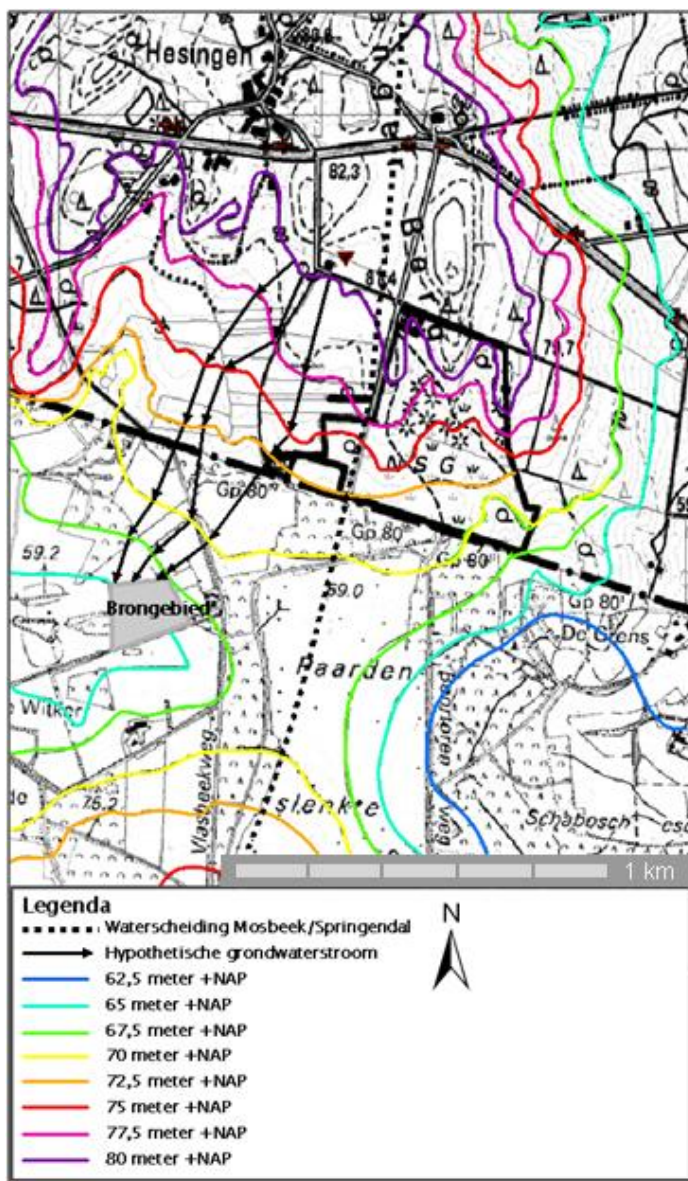


Figuur 10: Doorsnede van geologische boringen 1 tot en met 6 in Duitsland (gebaseerd op NIBIS Kartenserver).

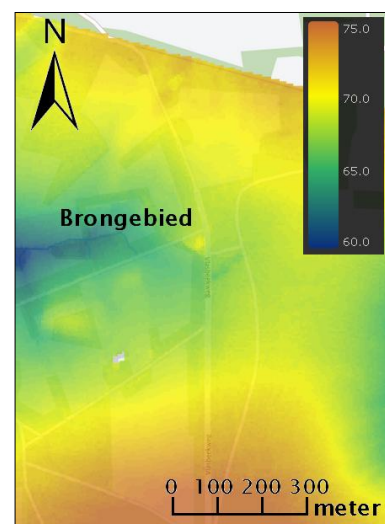


### 3.3 Reliëf

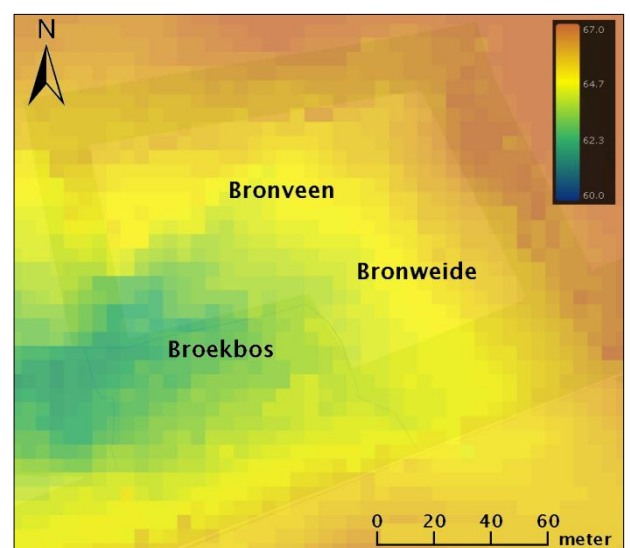
Het brongebied kent veel reliëf: in een gebied van slechts 2,5 hectare is sprake van ongeveer vier meter hoogteverval. Het hoogste punt wordt bereikt in het noordoosten van het brongebied en het laagste punt in het zuidwesten, waar de Mosbeek het brongebied verlaat (figuur 13) (Geodan, 2012). Omdat het brongebied dicht bij de Duits-Nederlandse grens ligt, is tevens een Duitse hoogtekaart opgenomen (figuur 11). Deze kaart is veel minder nauwkeurig en gedetailleerd dan het AHN. Wel geeft het een indicatie van het hoogteverloop en daarmee van de grondwaterstromen. Te zien is dat het water voornamelijk vanuit het noordoosten intrekt en in mindere mate vanuit het zuidwesten: het noordoostelijke intrekgebied is groter en ligt hoger dan het zuidelijke (figuur 11 en 12). Het intrek gebied ten oosten van het gebied is klein; er zal daarom weinig grondwater vanuit het oosten toestromen.



Figuur 11. Hoogtekaart van Nederland en Duitsland rondom het brongebied en hypothetische regionale grondwaterstroming vanuit Duitsland, aangegeven met zwarte pijlen (NIBIS Kartenserver, bewerkt).



Figuur 12 : Hoogtekaart van het brongebied en omgeving (Geodan, 2012)

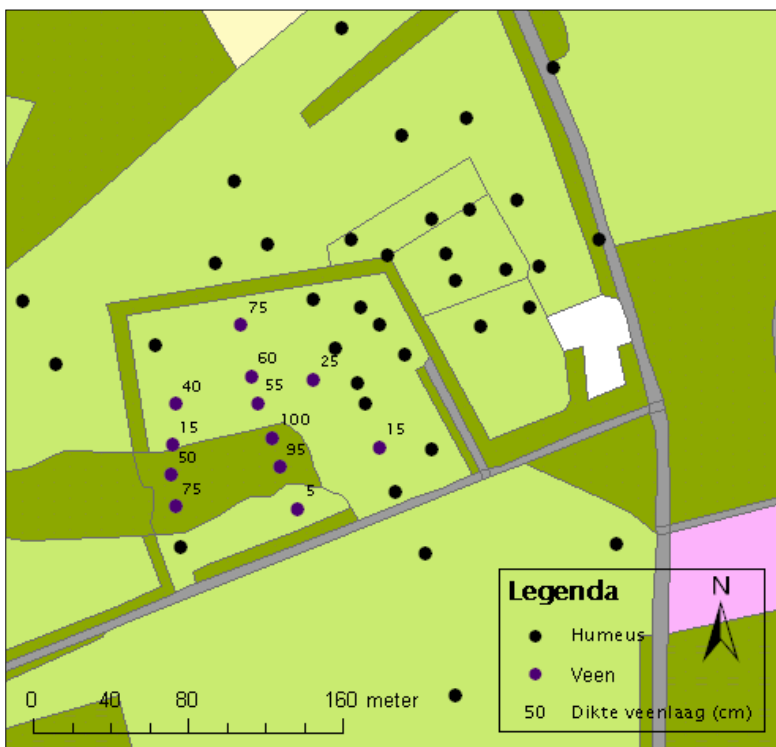


Figuur 13. Hoogtekaart van het brongebied (Geodan, 2012, bewerkt).



### 3.4 Bodem

Van de 53 grondboringen is het bodemprofiel beschreven en deze profielen zijn uitgewerkt tot doorsneden (bijlage 3). De toplaag in het bronveen en het broekbos wordt gedomineerd door veen. In het omringend gebied is de toplaag humusrijk (figuur 14). De dikte van de veenlaag is tevens aangegeven. Onder de moerige toplaag is overwegend zand aangetroffen, vaak glauconiethoudend. Grof zand domineert, fijner zand is in mindere mate aanwezig. Duidelijk aanwezige leemlagen zijn niet gevonden, slechts enkele dunne leemlaagjes. Aan de oostzijde van het bronveen (op de heide) met name dekzand aangetroffen met een zeer dunne, humeuze toplaag.



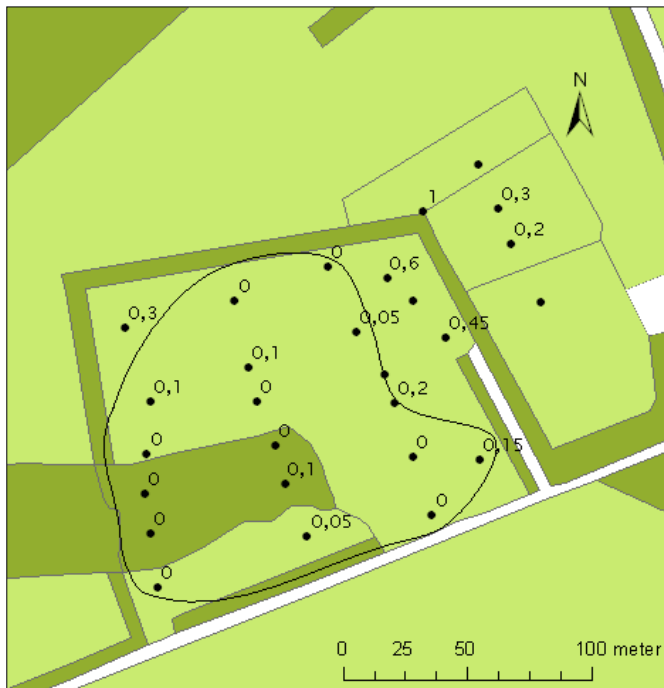
*Figuur 14: Overzicht van meetpunten met daarbij de grondsoort van de toplaag vermeld. Tevens is de dikte van het veenpakket aangegeven in centimeters.*

### 3.5 Grondwaterstanden

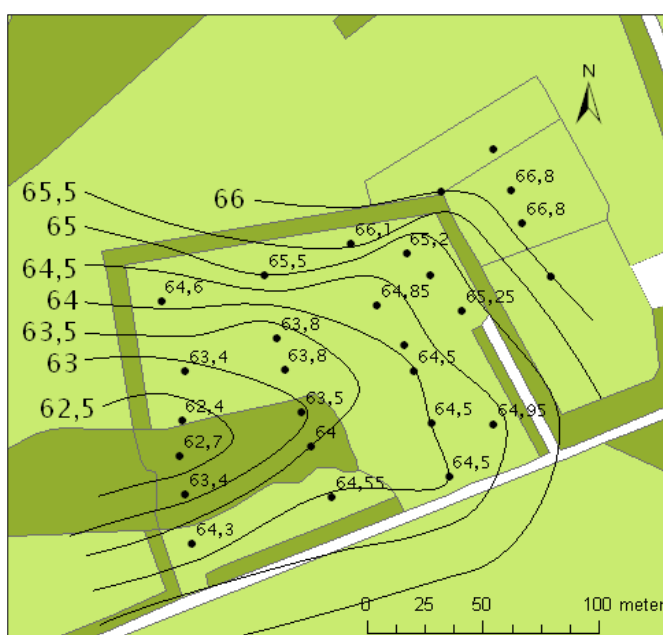
In het onderzochte gebied staat het water op 3 december 2013 niet dieper dan een meter onder maaiveld (figuur 15). Het omcirkelde gebied laat zien op elke plekken het water tot maximaal 0,2 meter onder maaiveld komt. De gemeten waterstanden onder maaiveld zijn door middel van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) omgezet in waterstanden ten opzichte van NAP. Op basis van deze gegevens zijn isohypsen afgeleid, te zien in figuur 16. De isohypsen laten zien dat vanuit het noordoosten het water het langzaamst stroomt, vanwege de relatief zwakke helling. Dit is slechts gebaseerd op verschil in waterstanden, daarnaast is de stromingsrichting ook afhankelijk van het bodemmateriaal.

Op het DINO-loket zijn drie peilbuizen in het brongebied gevonden, elk met een filter op 0,5, 1 en 1,5 meter onder maaiveld. Waterstanden (t.o.v. NAP) van 1995 tot en met 2013 voor het diepste filter zijn voor elke peilbuis weergegeven in figuur 17. De waterstanden voor de ondiepe filters zijn nagenoeg

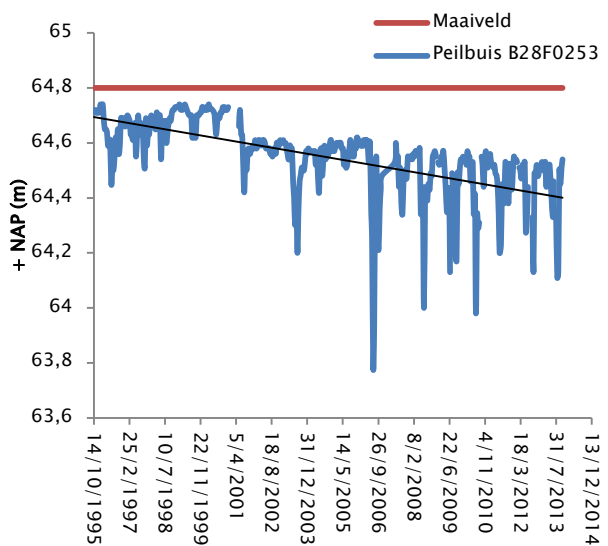
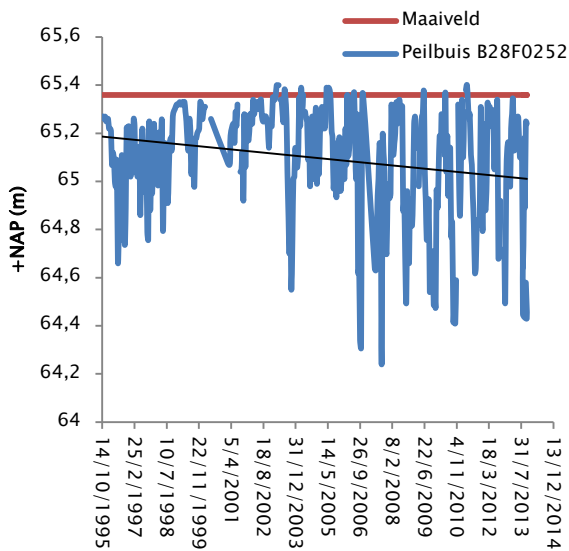
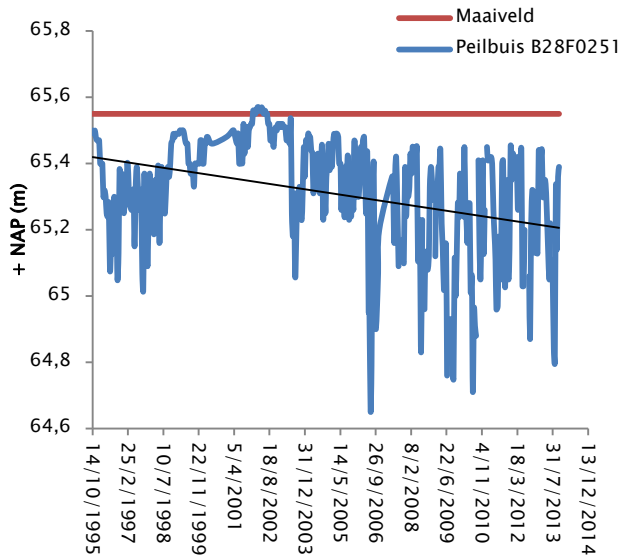
gelijk aan die van de diepe en daarom zijn ze niet weergegeven in dit rapport. De trendlijnen indiceren dat de waterstanden de afgelopen jaren gemiddeld 0,2 meter lager zijn geworden en dat ze meer fluctueren. Het verschil tussen zomer- en winterpeil is opgelopen van gemiddeld 0,2 meter tot ongeveer 2002 naar ongeveer 0,8 meter na 2002. Bij peilbuizen B28F0251 en B28F0252 is na 1996 eerst een stijgende tendens te zien en daarna een dalende. De waterstand in peilbuis B28F0251 komt eenmaal aan maaiveld, namelijk in 2002. De waterstand in peilbuis B28F0252 komt na 1995 (een droog jaar) relatief vaak aan maaiveld.



*Figuur 15: Grondwaterstanden op 3 december 2013 in meter onder maaiveld. Waterstanden tot 0,2 meter onder maaiveld zijn aangegeven met de zwarte lijn.*



*Figuur 16: Grondwaterstanden op 3 december 2013 in meter boven NAP en afgeleide isohypsen.*



Figuur 17: Waterstanden van 1995 tot en met 2013 in peilbuizen B28F0251, B28F0252 en B28F0253, weergegeven in meter boven NAP. Tevens is de hoogte van het maaiveld aangegeven (gebaseerd op DINO-loket). De zwarte lijnen geven de trendlijnen weer.

### 3.6 Chemische analyse

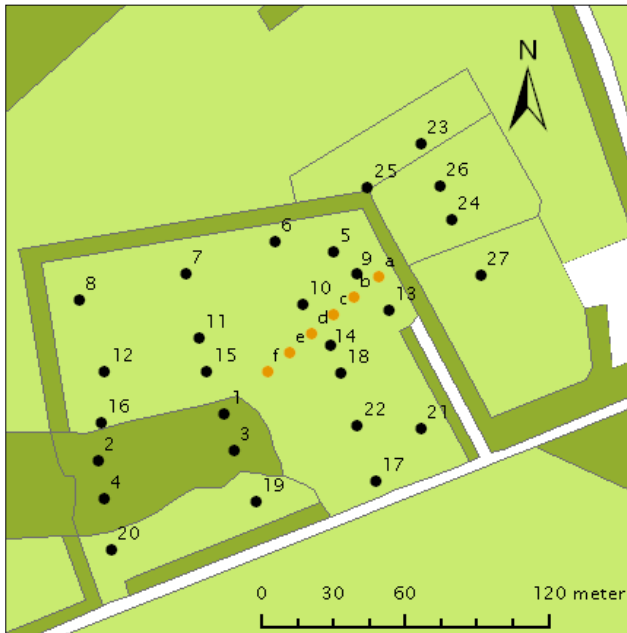
#### 3.6.1 Stiff-diagrammen

Locatie en code van de meetpunten in 2013 zijn weergegeven in figuur 18, voor de heide, het landbouwgebied, veen en broekbos. De Stiff-diagrammen van waterkwaliteitsdata uit oktober 2013 zijn weergegeven in figuur 19 tot en met 22, verdeeld per gebied zoals in figuur 7.

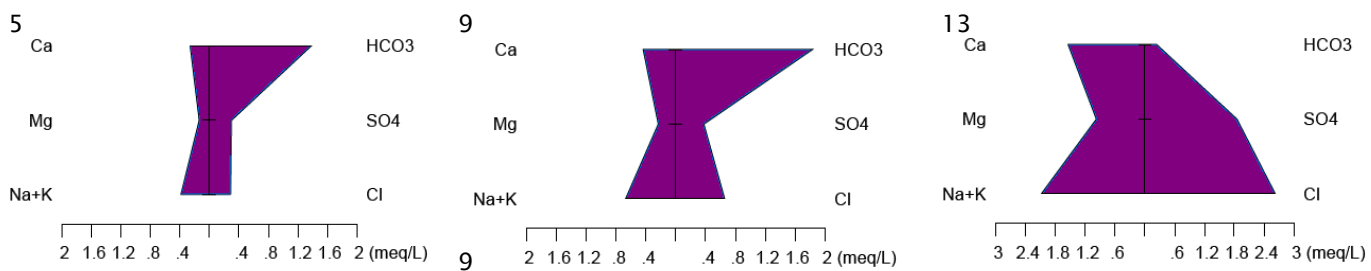
Op de overgang van de heide naar het veen zijn de ionenconcentraties in het grondwater op 120 centimeter diepte relatief laag: de diagrammen hebben een smalle vorm, zoals bij nummer 6, 14 en 18. in het veen en nummer 24 en 25 in het landbouwgebied. Locatie 15 en 16 zijn het meest basenrijk, vanwege de relatief hoge magnesium- en sulfaatgehalten ( $\pm 0,8 \text{ meq L}^{-1}$ ) hebben de diagrammen geen slanke taille. Het water in het broekbos heeft relatief hoge sulfaat- en chlorideconcentraties. In het oosten van het broekbos bevat het water hoge calcium- en bicarbonaatconcentraties vergeleken met

het westen. Opvallend is dat de vorm van de diagrammen van het landbouwgebied relatief smal is. Verder hebben alle monsters een opvallend hoge chlorideconcentratie.

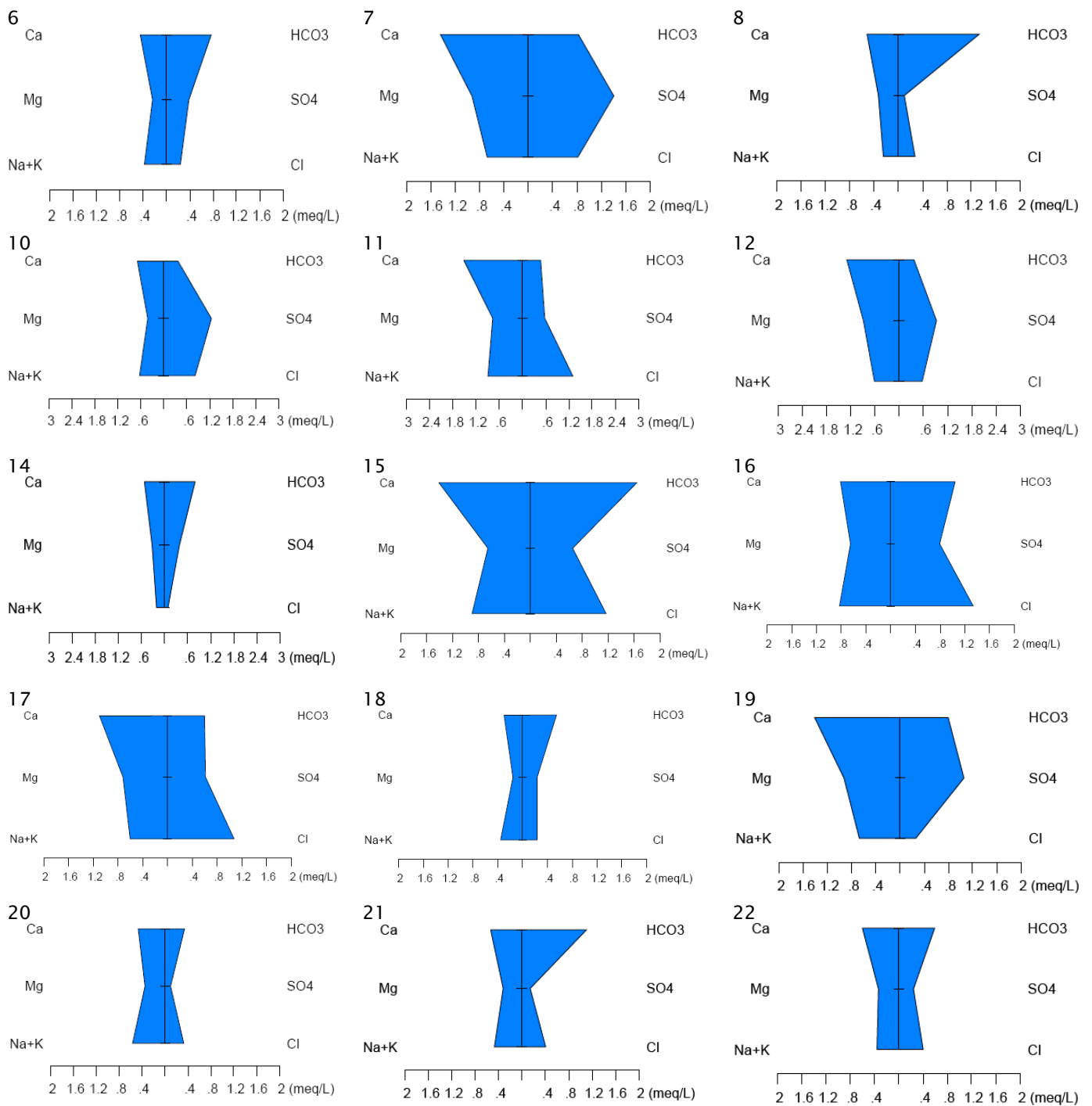
Stiff-diagrammen uit 1988 (Van der Linden, 1988) zijn opgenomen in figuur 23. Grondwatermonsters voor deze diagrammen zijn genomen langs een transect van het heidegedeelte naar de noordoostelijke hoek van het broekbos (figuur 18). Vergelijking met de Stiff-diagrammen van de grondwatermonsters uit 2013 (nummer 9, 10, 13 en 14), laat zien dat de chloride- en magnesiumconcentratie ogenschijnlijk zijn afgenomen.



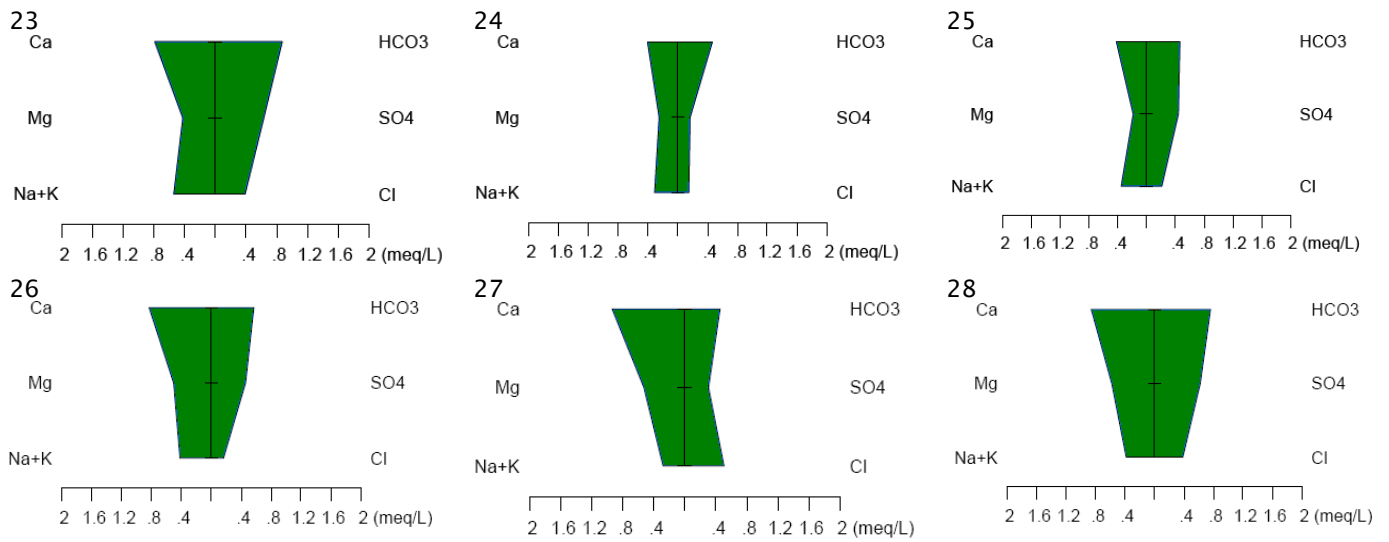
Figuur 18: Locatie van de meetpunten in 1988 (oranje) (Van der Linden, 1988) en 2013 (zwart).



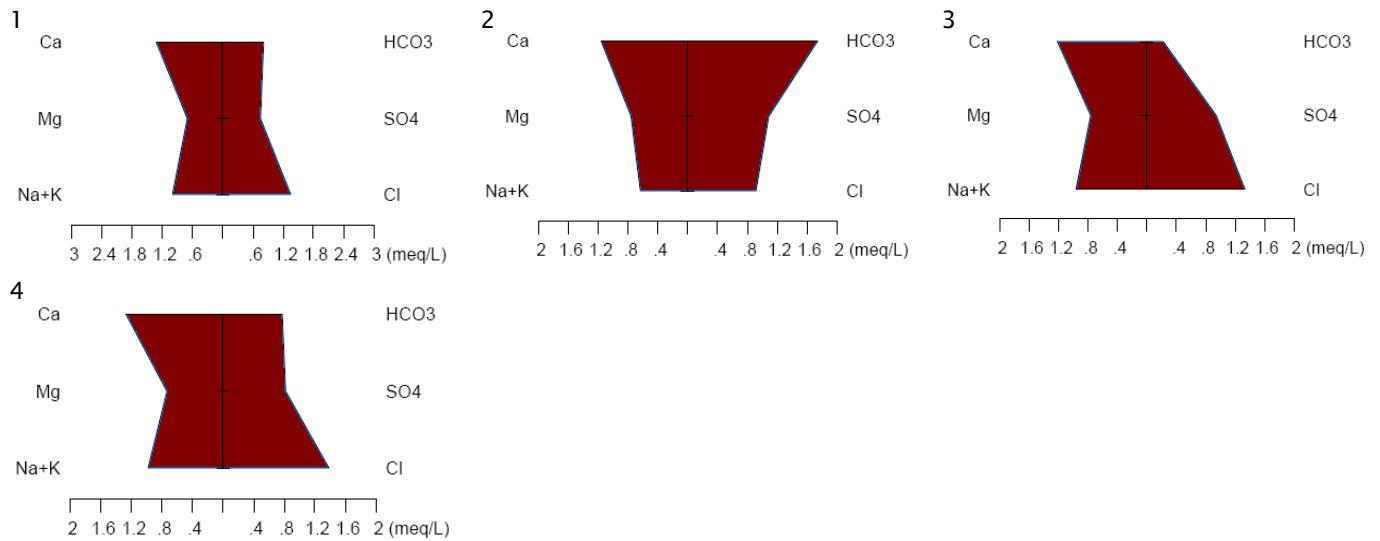
Figuur 19: Stiff-diagrammen van grondwaterkwaliteitsdata van de heide, uit oktober 2013.



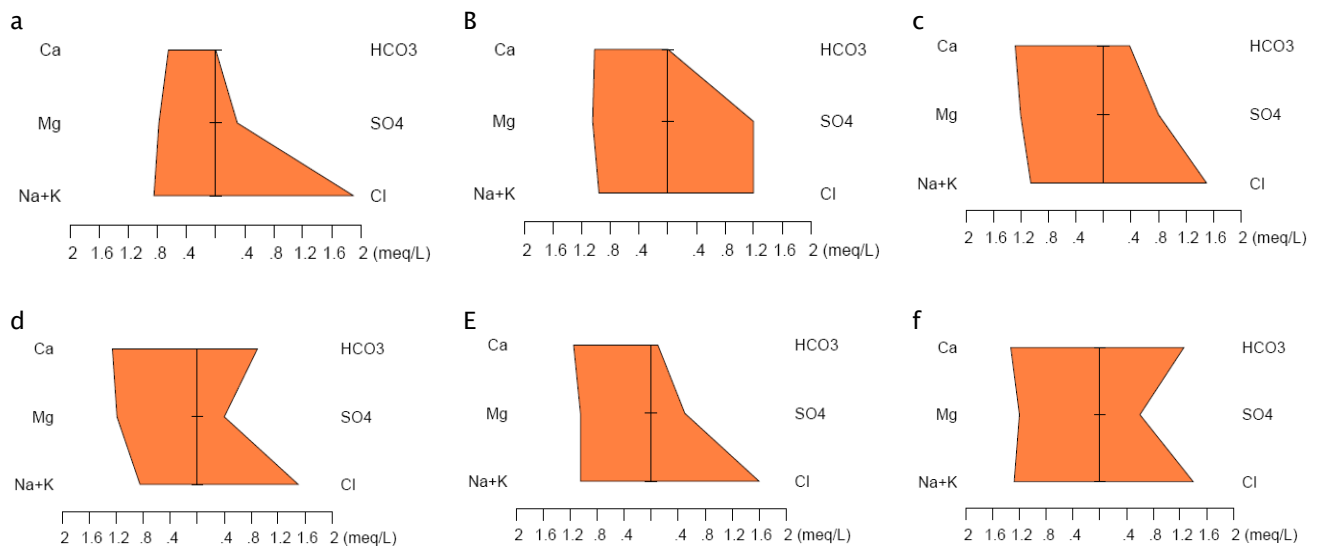
Figuur 20: Stiff-diagrammen van grondwaterkwaliteitsdata van het veen, uit oktober 2013.



Figuur 21: Stiff-diagrammen van grondwaterkwaliteitsdata van het landbouwgebied, uit oktober 2013.



Figuur 22: Stiff-diagrammen van grondwaterkwaliteitsdata van het broekbos, uit oktober 2013.

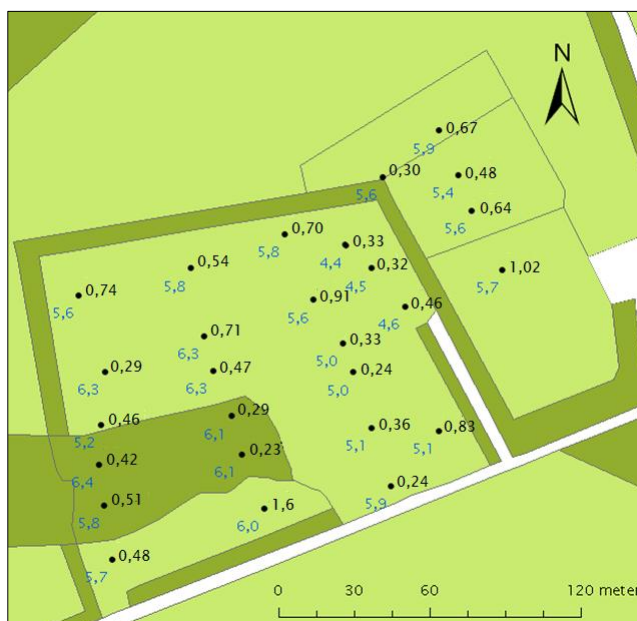


Figuur 23: Stiff-diagrammen van grondwaterkwaliteitsdata uit 1988 (gebaseerd op Van der Linden, 1988).

### 3.6.2 Alkaliniteit en pH-H<sub>2</sub>O

De alkaliniteit als indicator voor de buffercapaciteit is gemeten om een indruk te krijgen van de basenverzadiging van het grondwater. De alkaliniteit van het grondwater verschilt niet duidelijk tussen het bronveen, het broekbos, de bronweide en het landbouwgebied (figuur 24). Op drie punten wordt een alkaliniteit hoger dan 1 meq L<sup>-1</sup> gemeten, namelijk zuidoost van het broekbos en het meest zuidelijke punt in het landbouwgebied, ten oosten van het brongebied.

De pH van het waterextract van de bodem (pH-H<sub>2</sub>O) is over het algemeen lager dan 6. Op aantal plekken waar het water aan maaiveld staat (figuur 15) is de pH relatief hoog, maximaal 6,4. Het betreft de zone in het centrum van het bronveen en de aangrenzende oostelijke helft van het broekbos: daaromheen zijn de waarden lager. Op de heide is de pH relatief laag, gemiddeld 4,5 (figuur 24).



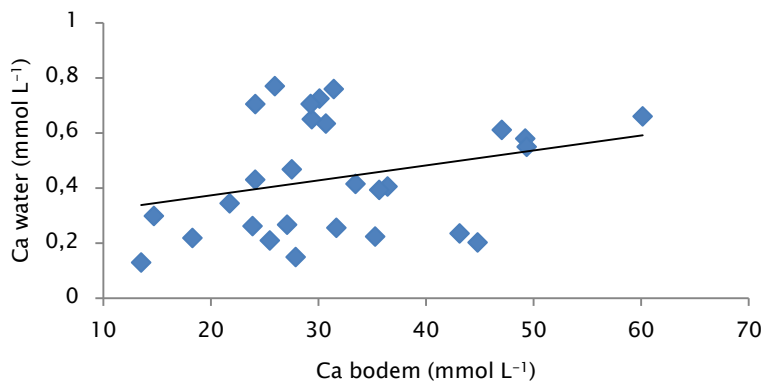
Figuur 24 Alkaliniteit van het grondwater, uitgedrukt in meq L<sup>-1</sup> en pH-H<sub>2</sub>O van de bodem (blauwe waarde, linksonder).

### 3.6.3 Calcium

Om een indruk te krijgen van de buffercapaciteit van de bodem, is de calciumconcentratie van de bodem gemeten (figuur 25). De waarden zijn relatief hoog in het broekbos en relatief laag in de heide. Verder is er geen duidelijk patroon te zien. Tevens is de calciumconcentratie in het grondwater bepaald. Deze lijkt hoger wanneer de calciumconcentratie in de bodem ook hoger is (figuur 26).



Figuur 25: Calcium in de bodem op verschillende meetpunten, uitgedrukt in mmol L<sup>-1</sup> versgewicht<sup>-1</sup>.



Figuur 26: Calcium in het grondwater, uitgedrukt in mmol L<sup>-1</sup>, uitgezet tegen calcium in de bodem, uitgedrukt in mmol L<sup>-1</sup> versgewicht<sup>-1</sup>.

### 3.6.4 Fosfor

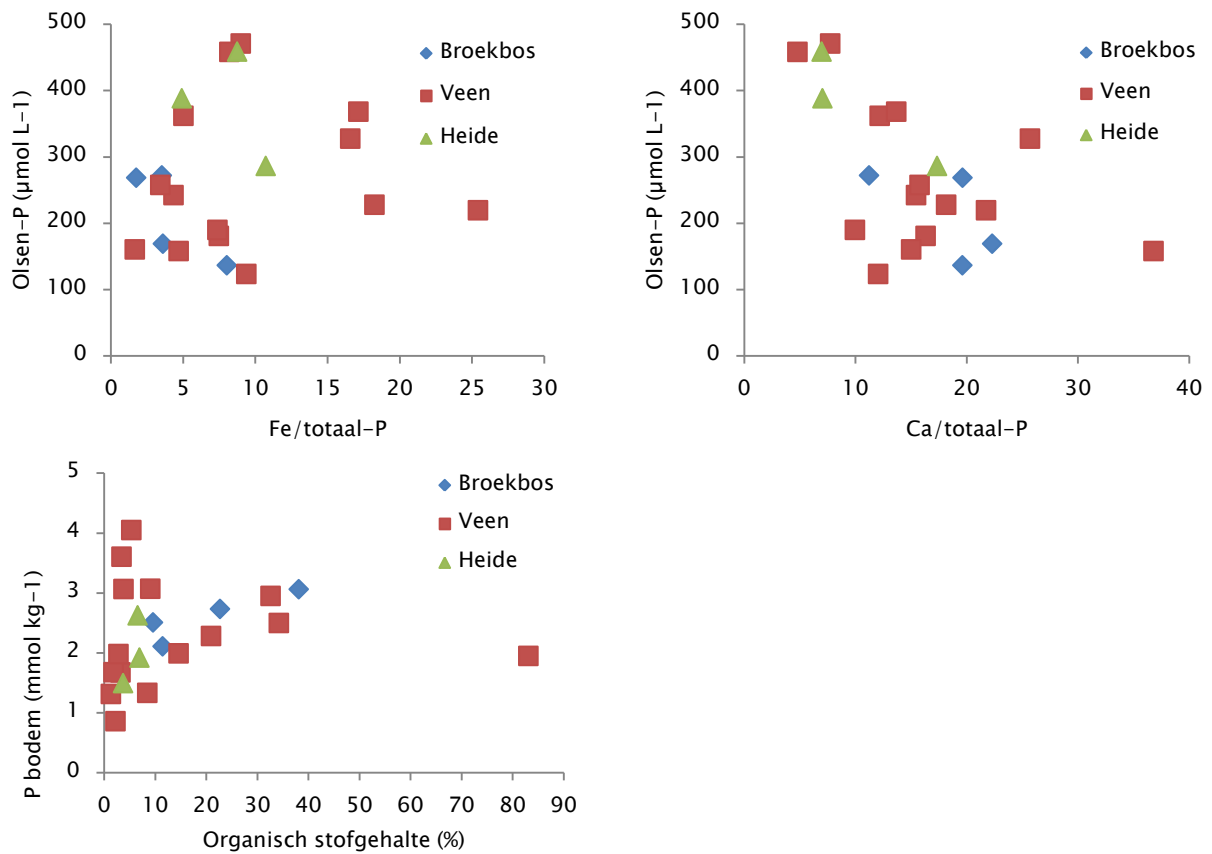
De voor planten beschikbare fosforconcentratie, Olsen-P, is in het landbouwgebied aanzienlijk hoger dan in het brongebied. Waarden aan de oost- en zuidzijde van het brongebied zijn relatief hoog (figuur 27). Buiten het landbouwgebied zijn de waarden overal onder de 504  $\mu\text{mol L}^{-1}$ .





Figuur 27: Olsen-P concentraties in de bodem, uitgedrukt in  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . Met de zwarte lijn is het gebied aangegeven waarin de concentratie lager is dan  $300 \mu\text{mol L}^{-1}$ .

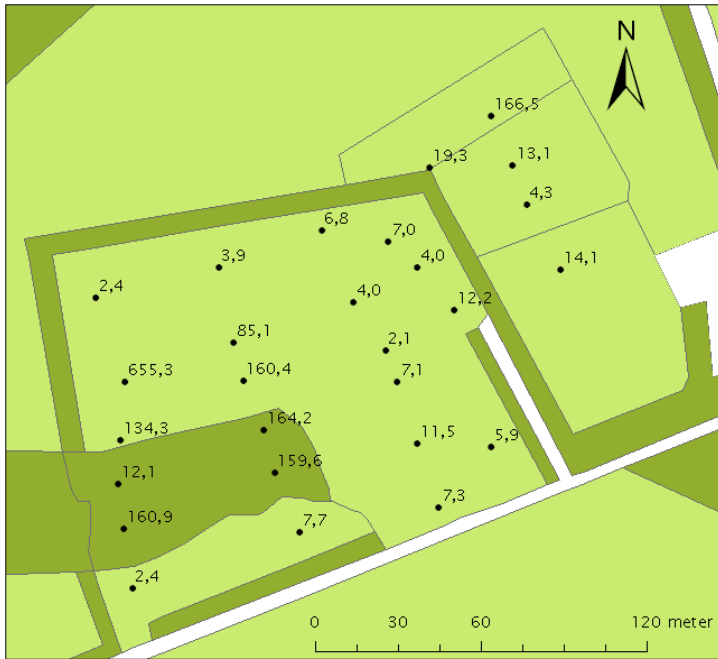
De Olsen-P concentratie lijkt beïnvloed te worden door calcium in de bodem, meer calcium leidt tot een lagere fosforbeschikbaarheid, wanneer gecorrigeerd voor de totaal P concentratie (figuur 28). Een dergelijke relatie lijkt er voor Olsen-P en ijzer ook te bestaan in het broekbos, maar in mindere mate in het veen en de heide. Verder lijkt de fosforconcentratie in de bodem positief te correleren met het organisch stofgehalte (figuur 28). Metingen in het landbouwgebied zijn niet opgenomen in de figuren omdat ze de leesbaarheid verlagen vanwege de relatief zeer hoge waarden. Daarnaast correleren ze niet met calcium, ijzer of organisch stofgehalte.



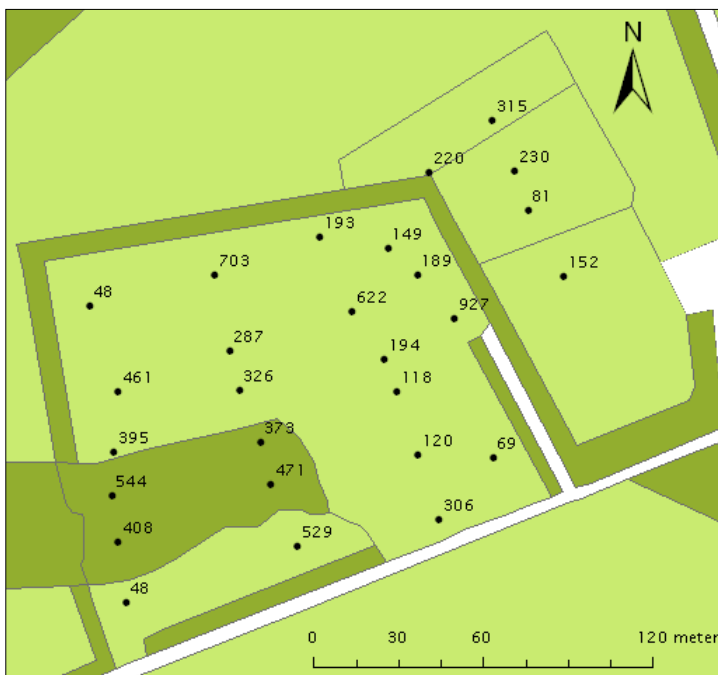
Figuur 28: Relaties tussen (voor planten beschikbare) fosfor en verschillende bodemparameters.

### 3.6.5 Nitraat en sulfaat

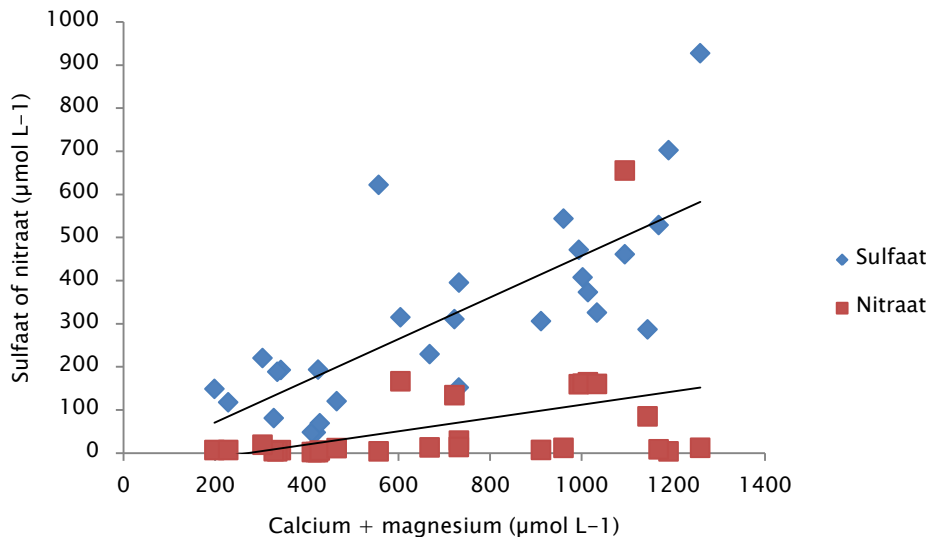
De nitraat- en sulfaatconcentratie zijn weergegeven in figuur 29 en 30. De waarden zijn relatief hoog (respectievelijk  $\pm 150$  en  $\pm 500 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) op plekken waar het water aan maaiveld staat, waar dus geen zuurstof kan toetreden (figuur 15). Zowel sulfaat als in mindere mate nitraat correleren met calcium en magnesium (figuur 31).



Figuur 29: Nitraat in het grondwater, uitgedrukt in  $\mu\text{mol L}^{-1}$ .



Figuur 30: Sulfaat in het grondwater, uitgedrukt in  $\mu\text{mol L}^{-1}$ .



Figuur 31: Sulfaat en nitraat uitgezet tegen calcium+magnesium, uitgedrukt in  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . De zwarte lijnen geven de trendlijnen weer.

### 3.7 Vegetatie en flora

De gekarteerde plantensoorten kunnen worden ingedeeld in het Dophei-verbond, het Verbond van Zwarte zegge en het Knopbies-verbond (SynBioSys Nederland, 2013). De verspreidingsbeelden worden per verbond besproken. De bijbehorende legenda staat in tabel 3.

#### 3.7.1 Dopheiverbond

Het Dophei-verbond (*Ericion tetralicis*), ook wel 'natte heide', komt voor op natte, voedselarme zandgrond met een hoog waterpeil en betrekkelijk weinig fluctuatie. In het brongebied van de Mosbeek zijn twee associaties ontwikkeld, namelijk de Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies (*Lycopodio-Rhynchosporium*), welke in de successie vooraf gaat aan de Associatie van Gewone dophei (*Ericetum tetralicis*) (SynBioSys Nederland, 2013).

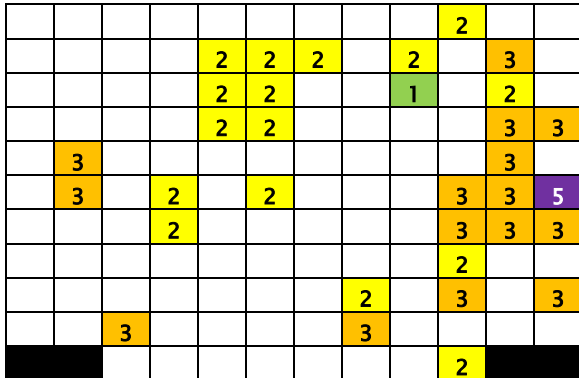
##### Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies

Deze associatie komt voor op geplagde of sterk betreden delen van natte heideterreinen. Gewoonlijk staat de grondwaterstand in de winter aan maaiveld en in de zomer droogt de bodem oppervlakkig uit (Schaminée et al., 2010). De associatie wordt gekenmerkt door soorten van het 'natte' regime (Jalink & Jansen, 1995) van het Dopheiverbond zoals Kleine zonnedauw (*Drosera intermedia*), Ronde zonnedauw (*Drosera rotundifolia*), Witte snavelbies (*Rhynchospora alba*) en Bruine snavelbies (*Rhynchospora fusca*) (Schaminée et al., 2010). De verspreidingsbeelden laten zien dat de soorten zich verplaatsen vanuit het hoger gelegen gebied in het oosten van het bronveen naar het zuiden en westen, waar de bronnen gelokaliseerd zijn (figuur 32 tot en met 34).

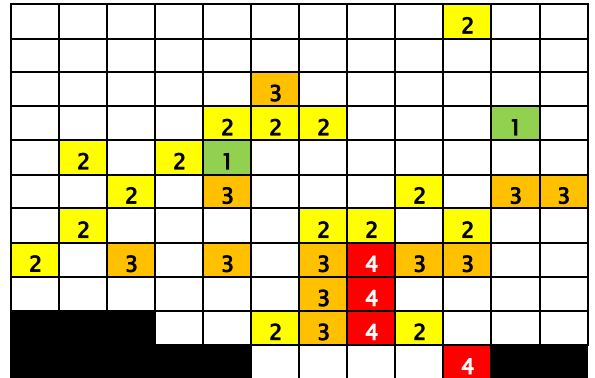
Tabel 3: Legenda behorende bij de verspreidingsbeelden in figuur 32 tot en met 49.

Schaal	Aantal exemplaren
0	0
1	1 tot 5
2	5 tot 50
3	50 tot 500
4	500 tot 5000
5	>5000
	Niet gekarteerd

1999

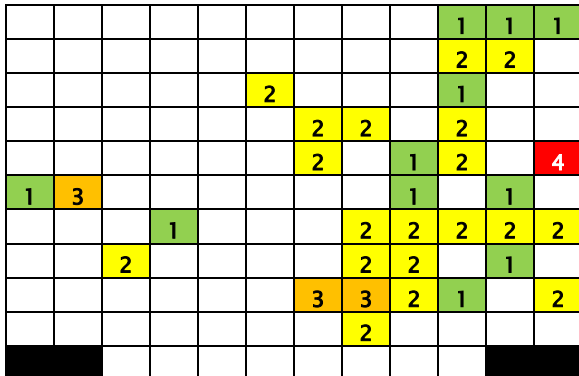


2013

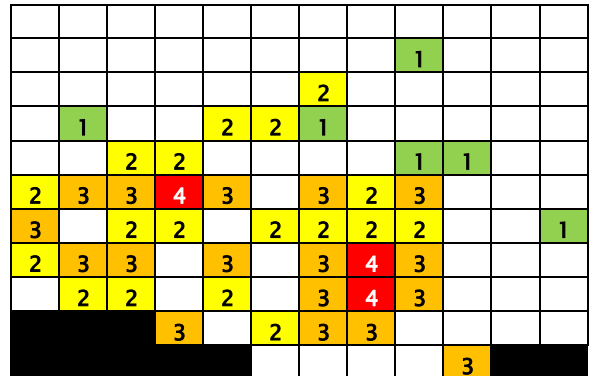


Figuur 32: Verspreiding van Kleine zonnedauw in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

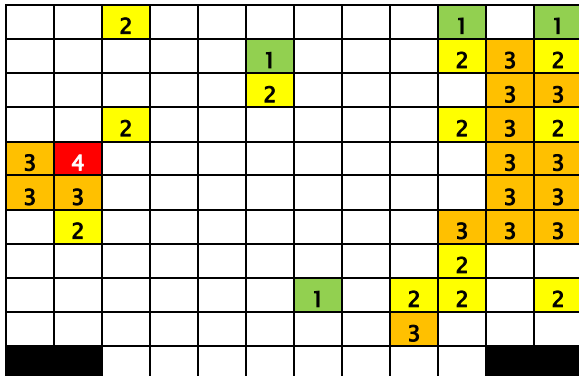


2013

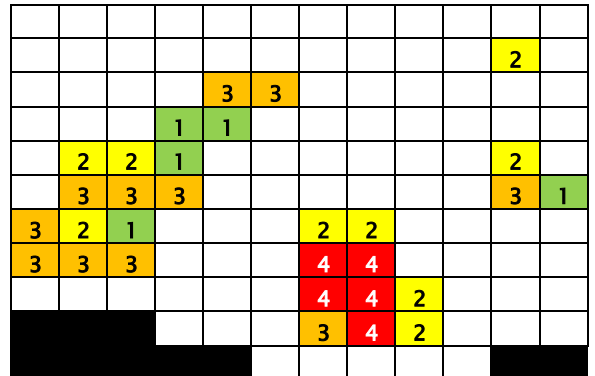


Figuur 33: Verspreiding van Ronde zonnedauw in het bronveen in 1999 en 2013.

1999



2013

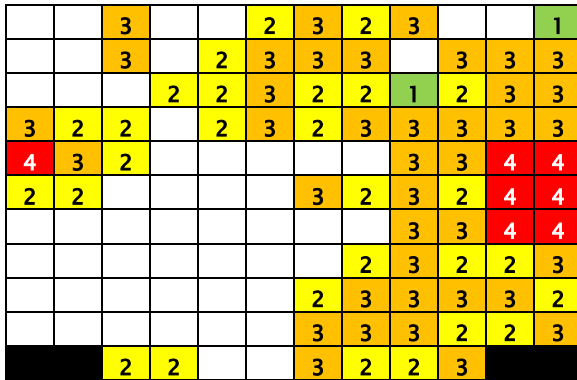


Figuur 34: Verspreiding van Witte snavelbies in het bronveen in 1999 en 2013.

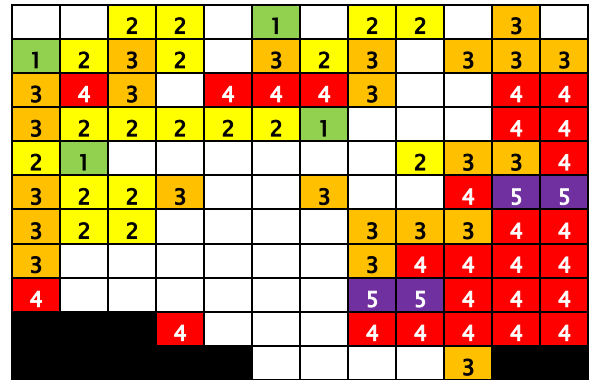
Associatie van Gewone dophei

De Associatie van Gewone dophei (*Ericetum tetralicis*) is bepalend voor de pleistocene heidevelden van Nederland. De associatie wordt gedomineerd door dwergstruiken, meestal Gewone dophei (*Erica tetralix*) en Struikhei (*Calluna vulgaris*). De associatie wordt daarnaast gekenmerkt door 'vochtige soorten' (Jalink & Jansen, 1995) van de natte heide, zoals Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) en Gewone veenbies (*Trichophorum cespitosum*), maar ook Beenbreek (*Narthecium ossifragum*). De Associatie van Moeraswolfsklauw gaat vaak vooraf aan deze associatie (Schaminée et al., 2010). Gewone dophei (*Erica tetralix*) en Struikhei (*Calluna vulgaris*) zijn toegenomen (figuur 35 en 36). Gewone veenbies en met name Klokjesgentiaan nemen toe, met name in het noordwesten (figuur 37 en 38). Beenbreek lijkt in aantal gelijk te blijven (figuur 39).

1999

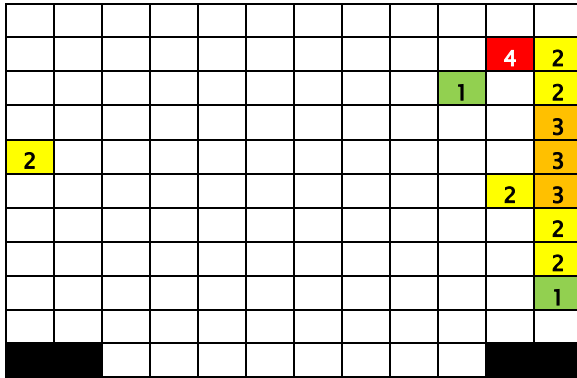


2013

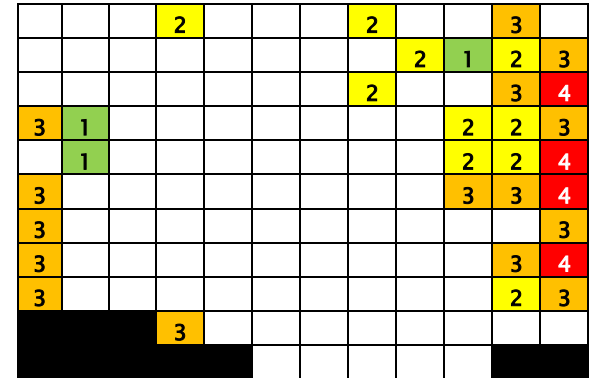


Figuur 35: Verspreiding van Gewone dophei in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

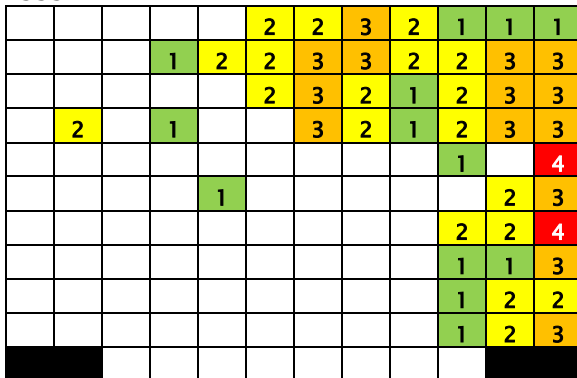


2013

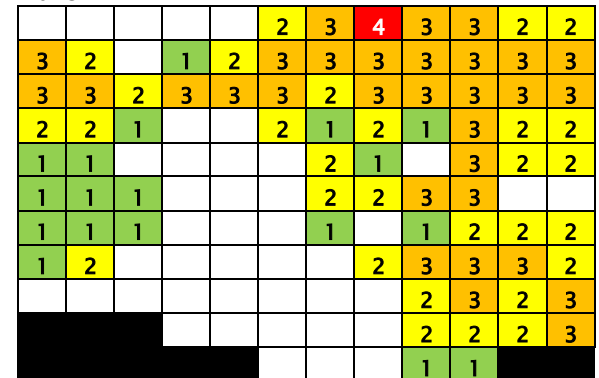


Figuur 36: Verspreiding van Struikhei in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

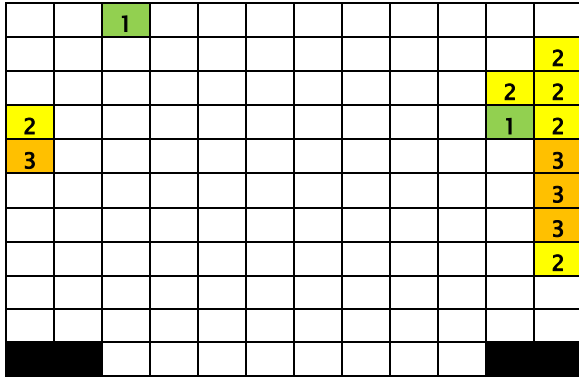


2013

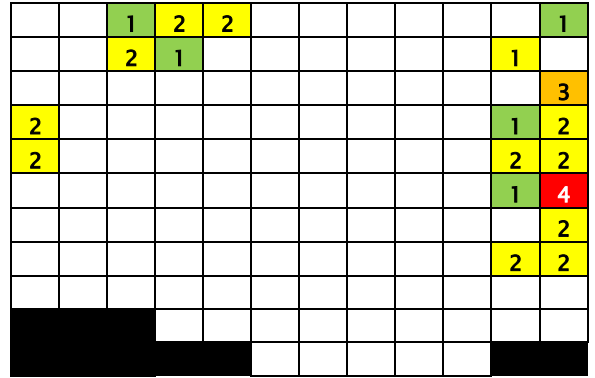


Figuur 37: Verspreiding van Klokjesgentiaan in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

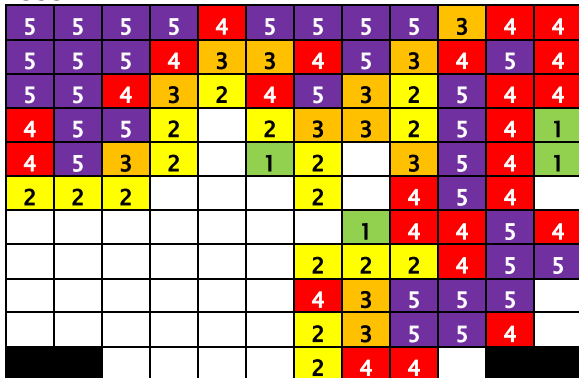


2013

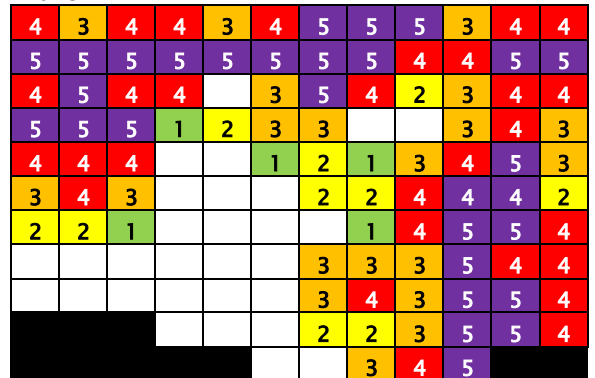


Figuur 38: Verspreiding van Gewone veenbies in het bronveen in 1999 en 2013.

1999



2013



Figuur 39: Verspreiding van Beenbreek in het bronveen in 1999 en 2013.

### 3.7.2 Verbond van Zwarte zegge

Het Verbond van Zwarte zegge (*Caricion nigrae*) bevat plantengemeenschappen van laagvenen op een minerale grond met humeuze tot venige bovengrond (Schaminée et al., 2010). In het bronveen komen planten van de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (*Carici curtae-Agrostietum caninae*) voor (SynBioSys Nederland, 2013).

#### Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge

Deze associatie wordt gekenmerkt door een dominante moslaag, bestaande uit blad- en veenmossen. Daarnaast is de kruidlaag niet hoger dan enkele decimeters. De associatie komt in het brongebied voor op de overgangen naar slenkjes, op de hogere gedeelten bij de bronnen en wordt voortdurend gevoed met matig zuur water (pH 4–5,5). Zwarte zegge (*Carex nigra*) en Moerasviooltje (*Viola palustris*) zijn kenmerkende soorten. (Jalink & Jansen, 1995, Schaminée et al., 2010). Omdat van Zwarte zegge maar een paar exemplaren stonden en de determinatie lastig is, is dit verspreidingsbeeld niet opgenomen in dit rapport. Moerasviooltje neemt in aantal toe, met name in het zuidwesten van het bronveen, bij de bronnen (figuur 40).

1999

					2	1	2	2	2	2	2	2
					2	3	2	3	3	2		
		2	2		2	2	2		2	1		
	2		3		3	3	3	3	2			
2	3		3	3	4	3	2	2	2	2		
3	3		3	2	3	3	2	3	3	1		
3	3	3	3		4		2	3		2		
3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	1	2	
3	4	2	3	3	3	3	2	2	1		2	
3	3	3	4	3	3	3	2			2	2	
				3	3	4	2	3	3			

2013

					2	2		3	4	2	2	
					2	2	2		2	2	2	1
3	2	2	3	3	3	3	3		3	2		
2	2	1	2	2		2	2	2	2			
		2	2	2		3	2	2	2			
	3	3	4	2	3	4	3	4	2	2		
2	1	2	2		2	2	2	2	2			
3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	
	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	
				4	4	4	3	3	4	3	3	
					4	3	2	3	3			

Figuur 40: Verspreiding van Moerasviooltje in het bronveen in 1999 en 2013.

### 3.7.3 Knopbies-verbond

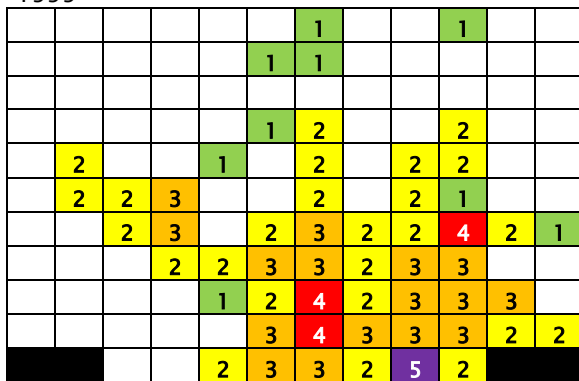
In vergelijking met het Verbond van Zwarte zegge, vertonen gemeenschappen van het Knopbies-verbond (*Caricion davalliana*) een grotere rijkdom aan bloemen, met name orchideeën (SynBioSys Nederland, 2013). Het verbond omvat begroeiingen op basenrijk substraat zoals het hellingveen in het brongebied. De gemeenschappen zijn het best ontwikkeld bij sterk toestromend, lithoclien grondwater. Door het oligotrofe milieu kunnen veel soorten naast elkaar leven (Schaminée et al., 1995). In het bronveen wordt het Knopbies-verbond vertegenwoordigd door de Associatie van Vetblad en Vlozegge (*Campylio-Caricetum dioicae*) (SynBioSys Nederland, 2013).

#### Associatie van Vetblad en Vlozegge

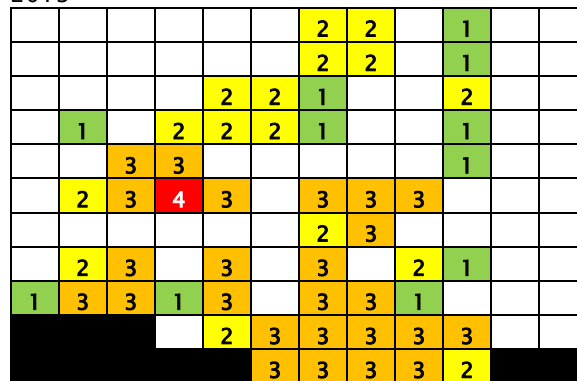
Deze associatie is soortenrijk met een groot aandeel kleine zeggen. De associatie bevindt zich op moerassige plekken zoals het bronveen, op voedselarme en basenrijke standplaatsen. De bodem is kalk- of basenrijk, bedekt met een venige laag. Er is voortdurend toevoer van grondwater en weinig schommeling in de grondwaterstand. De associatie komt vaak voor naast associaties van het Dophei-verbond. Er komen Ronde Zegge en Schorpioenmos voor, zo ook in het brongebied. In Nederland behoort de associatie tot de meest bedreigde gemeenschappen (Schaminée et al., 2010). Kenmerkende soorten zijn Veenmosorchis (*Hammarbya paludosa*), Armbloemige waterbies (*Eleocharis quinqueflora*) en het zeer zeldzame Vetblad (*Pinguicula vulgaris*). Vetblad is een ernstig bedreigde soort en het brongebied van de Mosbeek is met name bekend om het voorkomen hiervan (Van Tweel-Groot & Horsthuis, 2001). Echter neemt de soort in aantal af, vergeleken met 1999 (figuur 41). Veenmosorchis was in kleine aantallen aanwezig en daarom is het lastig iets te zeggen over toe- of afname (figuur 42). De verspreidingsbeelden van Armbloemige waterbies (*Eleocharis quinqueflora*) laten duidelijk zien dat deze soort achteruit is gegaan (figuur 43). Van Vlozegge zijn enkele exemplaren in vier rastervakken gevonden en deze soort is in 1999 niet gekarteerd, dus zijn de verspreidingsbeelden niet weergegeven.



1999

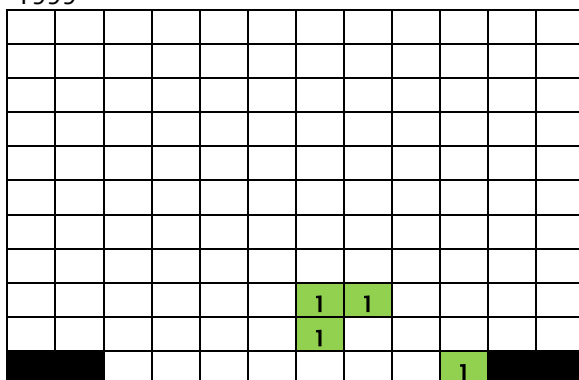


2013

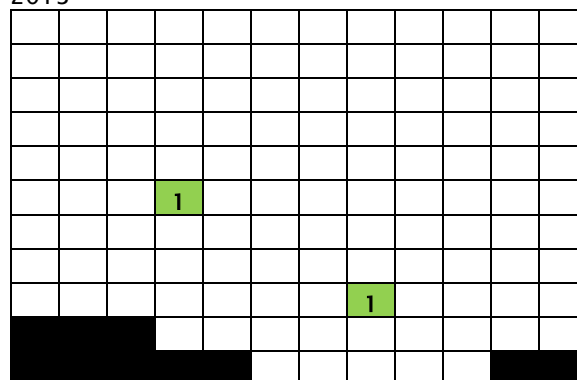


Figuur 41: Verspreiding van Vetblad in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

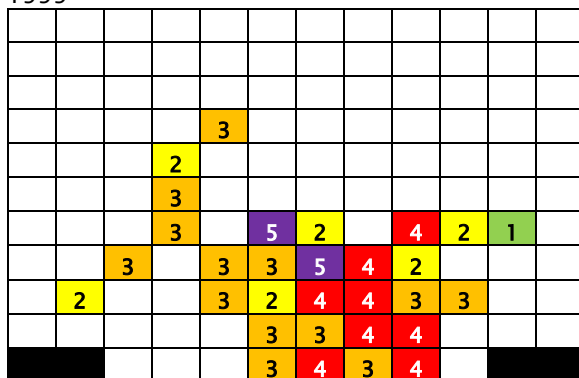


2013

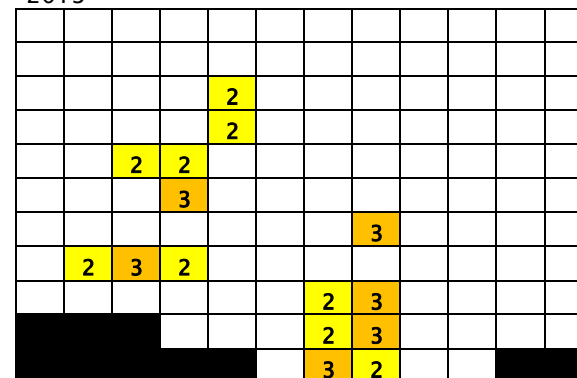


Figuur 42: Verspreiding van Veenmosorchis in het bronveen in 1999 en 2013.

1999



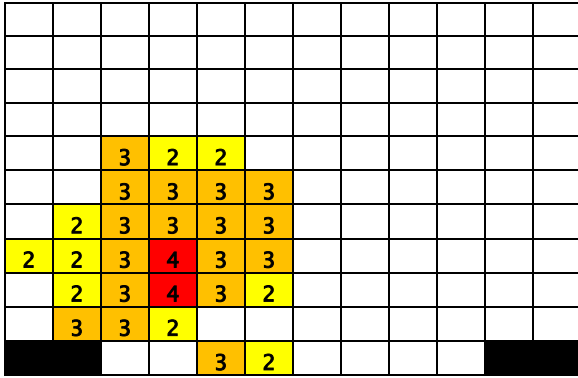
2013



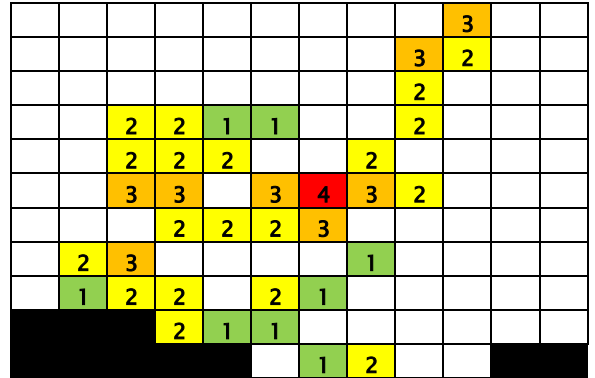
Figuur 43: Verspreiding van Armbloemige waterbies in het bronveen in 1999 en 2013.

Andere kenmerkende soorten van de Associatie van Vetblad en Vlozegge zijn Kleine valeriaan (*Valeriana dioica*), Ruw walstro (*Galium uliginosum*), Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), Moeraszoutgras (*Triglochin palustris*), Parnassia (*Parnassia palustris*) en Veldrus (*Juncus acutiflorus*) (Jalink & Jansen, 1995, Schaminée et al., 2010). Dit zijn tevens soorten die in Blauwgrasland (*Cirsio dissecti-Molinietum*) kunnen voorkomen. Uit de verspreidingskaarten blijkt dat Kleine valeriaan is afgenomen rondom de bronnen en zich verplaatst heeft naar omliggend gebied (figuur 44). Ruw walstro neemt juist toe nabij de bronnen in het zuidwesten (figuur 45). Blauwe knoop, een soort van matig zure standplaatsen (Jalink & Jansen, 1995), is duidelijk toegenomen (figuur 46). Moeraszoutgras en Parnassia, meer alkalische soorten van het Blauwgrasland, zijn daarentegen verminderd in aantal (figuur 47 en 48). Veldrus lijkt zich meer naar de bronnen te hebben verplaatst (figuur 49).

1999

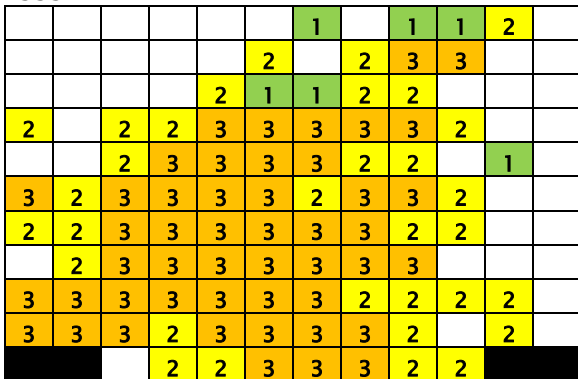


2013

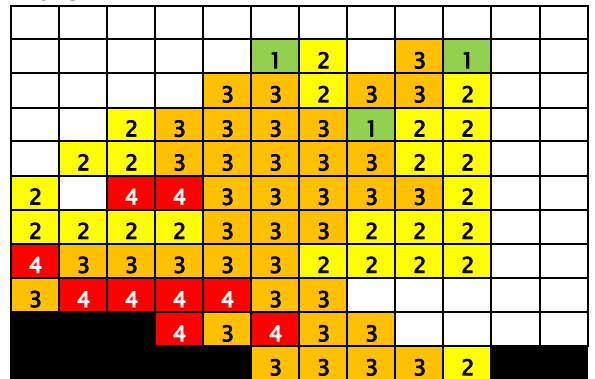


Figuur 44: Verspreiding van Kleine valeriaan in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

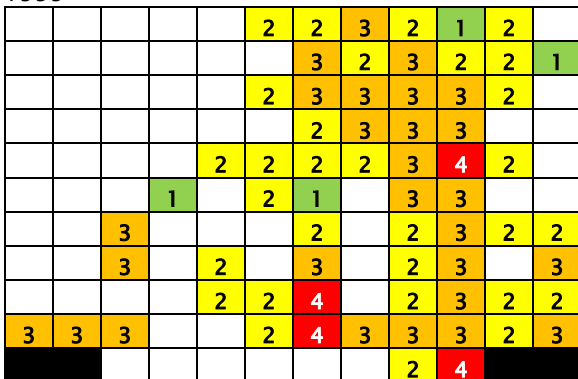


2013

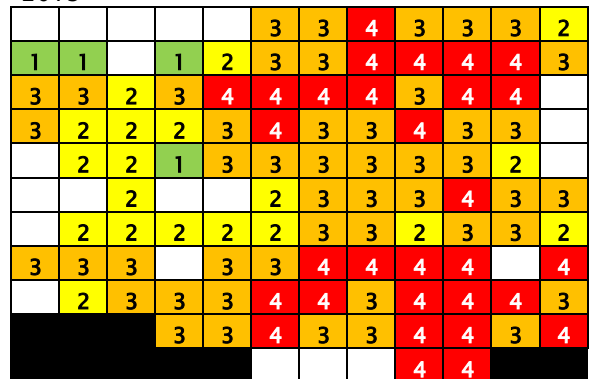


Figuur 45: Verspreiding van Ruw walstro in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

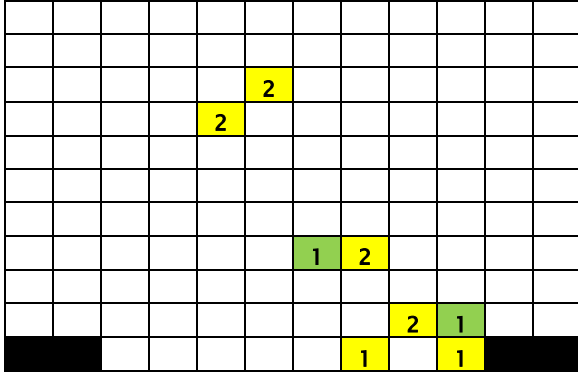


2013

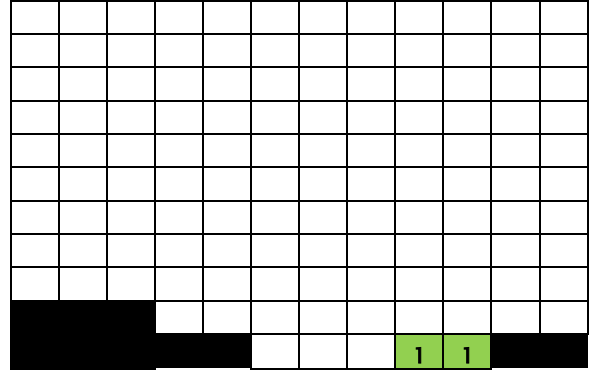


Figuur 46: Verspreiding van Blauwe knoop in het bronveen in 1999 en 2013.

1999

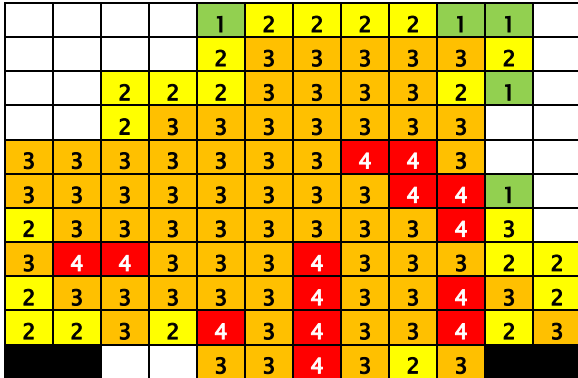


2013



Figuur 47: Verspreiding van Moeraszoutgras in het bronveen in 1999 en 2013.

1999



2013

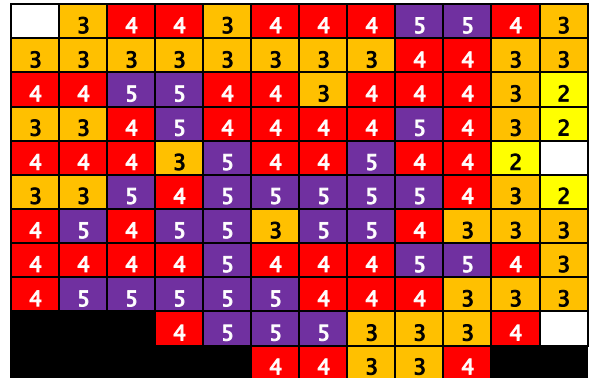


Figuur 48: Verspreiding van Parnassia palustris in het bronveen in 1999 en 2013.

1999



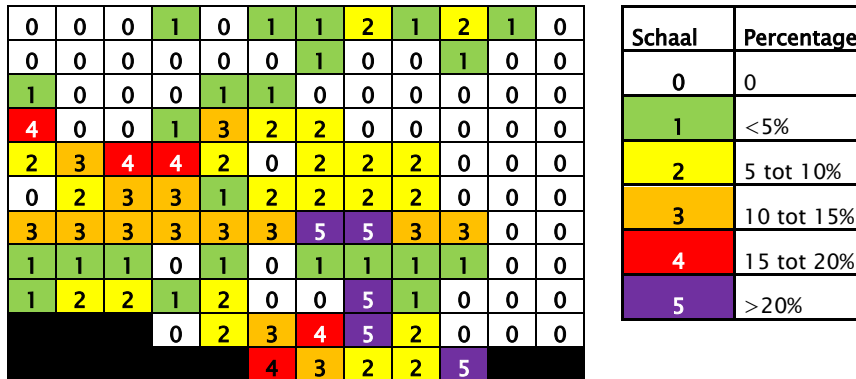
2013



Figuur 49: Verspreiding van Veldrus in het bronveen in 1999 en 2013.

### 3.7.4 Veenmos

Veenmossen komen voor in het hele bronveen, met uitzondering van het oosten en de noordwestelijke hoek. Bij de bronnen in het zuidwesten zijn de dichtheden relatief groot. Het gaat hierbij niet alleen om veenmossen van natte heiden en hoogveenbulten. In het terrein komt bijvoorbeeld plaatselijk, bij de overgang van de slenken naar hoogveenbulten, massaal Glanzend veenmos (*Sphagnum subnitens*) voor, een veenmos dat kenmerkend is voor geleidelijk verzurende kraggen en trilvenen.



Figuur 50: Verspreidingsbeeld van veenmos in het bronveen in 2013 en bijbehorende legenda.

## 4. DISCUSSIE EN CONCLUSIE

### 4.1 Werking van het hydrologische systeem

#### Het intrekgebied

De oorsprong van de Mosbeek wordt gevoed door bovenlokaal en lokaal grondwater. Het lokale grondwater zijgt in in de hoger gelegen delen in het brongebied en de omliggende landbouwgronden. Het bovenlokale grondwater is grotendeels afkomstig van een stuwwal in Duitsland en stroomt parallel aan diep gelegen kleilagen in zuidwestelijke richting naar het brongebied om daar uit te treden (figuur 51). Vanuit Nederland stroomt vanuit zuidwestelijke richting ook bovenlokaal grondwater toe, maar het meeste grondwater dat uittreedt in de oorsprong van de Mosbeek is afkomstig uit Duitsland, zoals blijkt uit de isohypsenkaart ten opzichte van NAP (figuur 16). De oppervlakte van het intrekgebied van de stuwwal en het hoogteverschil van deze stuwwal ten opzichte van de bronnen van de Mosbeek zijn aanzienlijk groter dan die van het Nederlandse intrekgebied. De bijdrage vanuit het oosten is klein vanwege de nabijheid van de waterscheiding tussen het beekstelsel van de Mosbeek en dat van het Springendal en de Brunninkhuizerbeek (figuur 51).

In Nederland zijn bij de meeste geologische boringen maximaal vijf meter diep. Op deze diepte zijn geen kleilagen aangetroffen. Alleen op de Paardenslenkte, het heidegebied ten oosten van het brongebied, is een 20 meter dikke kleilaag aangetroffen. Deze laag is echter niet relevant voor de voeding van het brongebied. De bovenzijde van de laag eindigt namelijk op circa 50 meter boven NAP, terwijl het brongebied op ongeveer 60 meter boven NAP ligt. Bovendien behoort de Paardenslenkte tot het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek en/of de Springendaalse beek. In tegenstelling tot Nederland, zijn de geologische boringen in Duitsland gemiddeld 35 meter diep. Mogelijk zijn er in Nederland wel kleilagen aanwezig op grotere diepte.

Uit dit onderzoek blijkt dat daarom dat de hypothese dat het water in het brongebied stagneert op een ondiepe kleilaag (Van der Linden, 1988) onjuist is. Het voorkomen van basenarm (atmoclien) grondwater in het oosten en van lithoclien grondwater in het westelijke deel wordt bepaald door de lokale geologische opbouw (dekzand versus glauconiethoudende zanden), de hoogte en de stijghoogte van het diepere grondwater. In feite is er sprake van een lokaal grondwatersysteem in hoger gelegen dekzanden dat genest is in een bovenlokaal systeem in glauconietrijke zanden. Dat grondwater treedt uit in de lagere delen, daar waar de stijghoogte van het bovenlokale grondwater gelijk aan of hoger is dan het maaiveld. Om de stijghoogte van het grondwater in het bovenlokale watersysteem te bepalen, zijn peilbuizen nodig met een filter dieper dan vijf meter onder maaiveld, immers tot vijf meter onder maaiveld bevinden zich geen ondoorlaatbare lagen.

#### Chemische samenstelling van het grondwater

Het brongebied van de Mosbeek wordt beschouwd als een alkalisch laagveen. IN Natura-2000-kader wordt zelfs gesproken van een kalkmoeras (Alterra (2008<sup>2</sup>)). Een kenmerk van een alkalisch laagveen is een constante toevoer van baserijk grondwater en een pH-H<sub>2</sub>O (de pH van het waterextract van de bodem) van minimaal 5,5. De pH is op de meeste plekken inderdaad hoger dan 5,5. In en nabij het broekbos is de pH relatief hoog, ongeveer 6. Dit grondwater is betrekkelijk calciumrijk (circa 2 meq/L). De chemische samenstelling van dit zwak zure water wijkt af van dat van andere Nederlandse 'kalkmoerassen' zoals de Lemselermaten, waar de calciumconcentratie en alkaliniteit van het grondwater hoger is (Jansen & Roelofs, 1996).

Er is een vergelijking gemaakt met het hellingveen Kathagerbroek, met hellingmoerassen in Zuid-Limburg en met het alkalisch laagveen Lemselermaten (tabel 4). De alkaliniteit en de calciumconcentratie van het grondwater zijn erg laag voor een alkalisch laagveen. De alkaliniteit van in Kathagerbroek is ongeveer tien keer zo hoog als in het brongebied van de Mosbeek. De calciumconcentratie van het grondwater in het brongebied is vijf tot zeven keer zo laag vergeleken met de andere gebieden. De maximale calciumconcentratie van een hellingmoeras in Zuid-Limburg is zelfs  $5863 \mu\text{mol L}^{-1}$  (De Mars et al., 2012).

Vergelijkbare calciumgehalten zijn gevonden in 1988 en 1996: respectievelijk  $558 \pm 82$  (SD)  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en  $547 \pm 82$  (SD)  $\mu\text{mol L}^{-1}$  (Van der Linden, 1988 en Smolders et al., 1997). De calciumconcentraties zijn dus de afgelopen decennia niet veranderd. Blijkbaar is het toestromende grondwater niet zo baserijk als men verwacht van een alkalisch laagveen, en is de samenstelling niet veranderd.

*Tabel 4: Waarden  $\pm$  standaarddeviatie van de alkaliniteit en de calciumconcentratie van het grondwater in het brongebied van de Mosbeek, Kathagerbroek (ongepubliceerde data behorende bij Bus, 2011), hellingmoerassen in Zuid-Limburg (De Mars et al., 2012) en alkalisch laagveen Lemselermaten (De Haan et al., 1997).*

Parameter	Eenheid	Brongebied Mosbeek	Kathagerbroek	Zuid-Limburgse hellingmoerassen	Lemselermaten
Alkaliniteit	meq L <sup>-1</sup>	$0,57 \pm 0,32$	$5,4 \pm 1,3$	-	-
Calciumconcentratie	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$438 \pm 209$	$2621 \pm 216$	$2245 \pm 1248$	$2357 \pm 490$

Het grondwater in de bronnen van de Mosbeek is niet alleen armer aan calcium en bicarbonaat, het is bovendien rijk aan magnesium, natrium, kalium, sulfaat en chloride. Bij de weergave van de samenstelling van dit zwak zure grondwater in Stiff diagrammen, ontstaan dan ook geen typische aambeeldvormen.

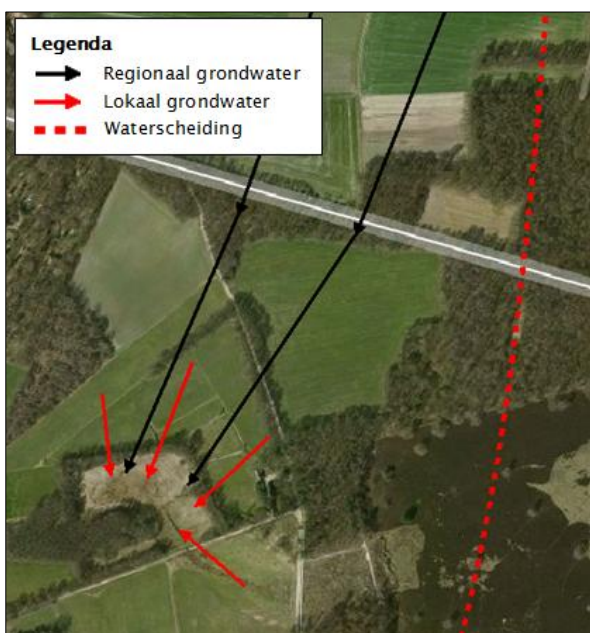
Aan de oostzijde bedraagt de pH ongeveer 4,5. Deze pH-waarde is kenmerkend voor lokaal grondwater dat nog een grote overeenkomst heeft met regenwater. Het water is recentelijk geïnfiltrerd en heeft vermoedelijk vrijwel volledig uitgeloopte dekzanden doorstroomd. De Stiffdiagrammen van de monsters van dit watertype zijn smal (lage concentraties), waarbij vrijwel nergens verhoogde concentraties zijn aangetroffen van de vervuiling indicators sulfaat en chloride. Ook dit geeft aan dat dit water een zeer lokale herkomst heeft, voornamelijk de hogere ruggen binnen het natuurgebied.

Tijdens het bodemonderzoek zijn in het brongebied met zijn nabije omgeving noch in de diepere geologische boringen kalkrijke afzettingen gevonden. De aangetroffen chemische samenstelling van het bovenlokale grondwater dat in zich in het brongebied in de nabijheid van het maaiveld bevindt, wordt vermoedelijk in belangrijke mate bepaald door de glauconietrijke zanden die het doorstroomt. Deze zanden bevinden zich niet alleen op grotere diepten in het freatische watervoerende pakket, ze zijn ook veelvuldig nabij maaiveld aangetroffen tijdens het bodemonderzoek. Glauconiet is een fylosilicaat met de chemische formule  $(\text{K},\text{Na})(\text{Fe}^{3+},\text{Al},\text{Mg})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  dat voornamelijk ontstaat door verwerking van biotiet in ondiep zeewater (Van Alboom et al., 2012). Het verklaart de hoge kalium, natrium en magnesiumconcentraties in vergelijking met andere alkalische laagvenen en kalkmoerassen.

### Grondwaterregime

De peilbuizen met een filter op 1,5 meter onder maaiveld laten zien dat de waterstand door het jaar heen niet tot nauwelijks boven maaiveld uit komt; alleen in de peilbuis in het laagste, zuidelijke deel op de grens van bronveen en bronweide worden standen aan of zeer nabij het maaiveld gemeten. In december 2013 werden in het grootste deel van het bronveen en de bronweide standen aan maaiveld gemeten in de boorgaten; alleen in het oosten bevonden de waterstanden zich onder maaiveld. De peilbuismetingen laten echter ook zien dat het grondwaterstandsverloop voor 2002 behoorlijk stabiel was: zelfs in de extreem droge zomer van 1996 daalden de standen niet verder dan 70 cm onder maaiveld. Het verschil in hoogste en laagste grondwaterstand varieerde in de periode meestal tussen de 30 en 50 cm. Hieruit kan worden afgeleid dat er een betrekkelijk grote aanvoer van grondwater optrad vanuit een bovenlokaal systeem. Na 2002 zijn de fluctuaties aanzienlijk groter, namelijk gemiddeld 0,8 meter in plaats van 0,2 meter voor 2002. Daarnaast zijn de grondwaterstanden gedaald (figuur 17).

In de hoger gelegen flanken zijn de waterstanden ten opzichte van N.A.P. hoger dan in het brongebied zelf. Dit betekent dat delen van het gebied worden gevoed door grondwater dat op de flanken infiltreert en zijdelings naar het brongebied toestroomt (figuur 51). Het betreft heel lokaal grondwater, dat genest is in grondwater uit het bovenlokale systeem met als belangrijkste intrekgebied de stuwwal in Duitsland ten noordoosten van het brongebied. De intensiteit waarmee dat bovenlokale grondwater uittreedt was in ieder geval tot circa 2002 constant hoog, aangezien de bronnen toen het hele jaar watervoerend waren. Tegenwoordig geldt dat voor een veel beperkter deel van het bronveen. Momenteel treedt het grondwater vooral d.w.z. met de hoogste intensiteit en het meest langdurig uit in het broekbos en in het zuidwesten van het bronveen. Dat blijkt uit (1) het dikkere veenpakket wat op die plek aanwezig is; (2) het ter plekke voorkomen van een bacteriefilm van ijzeroxiderende bacteriën op het water in de boorgaten wat de aanwezigheid van gereduceerd ijzer indiceert; (3) De relatief hoge pH-waarden (6–6,5) en hoogste waterstanden en (4) het voorkomen van de meeste soorten van relatief basenrijke omstandigheden in de hoogste aantallen.



Figuur 51: Het brongebied en omgeving met aangegeven de regionale en lokale grondwaterstroming (Bing Maps).

### Nutriënten

Om de soortenrijkdom in het brongebied te kunnen behouden, is het belangrijk dat het gebied hydrologisch goed functioneert en dat de groei van de planten wordt gelimiteerd door stikstof, fosfor en/of kalium. Omdat kalium vaak al genoeg vrijkomt uit vertering van silicaten, is sturing op stikstof- of fosforlimitatie het meest kansrijk (Smolders et al., 2011).

### Fosforbeschikbaarheid

Olsen-P is een goede maat voor de fosforbeschikbaarheid voor planten. De grenswaarde voor fosfordeficiëntie van de bodem is  $300 \mu\text{mol L}^{-1}$  (Smolders et al., 2011). Concentraties in de top laag van landbouwgronden liggen meestal ver boven deze grenswaarde. Uit het onderzoek blijkt dat in het bronveen en het broekbos de concentraties onder de grenswaarde blijven. Echter aan de oostzijde (bij de heide) en zuidzijde (de bronweide) van het brongebied zijn de waarden licht verhoogd, tot ongeveer  $500 \mu\text{mol L}^{-1}$ . In het landbouwgebied liggen de waarden over het algemeen hoger dan  $1000 \mu\text{mol L}^{-1}$ . De verhoogde waarden in de bronweide zijn te verklaren door het feit dat het gebied voor landbouw in gebruik is geweest. De bronweide wordt sinds 30 jaar verschaald via maaien en afvoeren.

Fosfor is in de bodem vaak immobiel omdat het op verschillende manieren kan worden vastgelegd. Het kan worden gebonden aan ijzer en calcium wat voor dit gebied niet lijkt te gelden: er is geen duidelijke correlatie gevonden tussen ijzer, calcium en magnesium. Daarnaast kan fosfor zich binden aan organische stof (Smolders et al., 2011). Het organisch stofgehalte in een veenpakket is relatief hoog in vergelijking met een zandbodem en bindt dus relatief veel fosfor. Deze correlatie is terug te zien in het brongebied. Een aantal meetpunten in het landbouwgebied wijkt af van de correlatie. Door bemesting is hier de fosforbeschikbaarheid hoog, ondanks een relatief laag organisch stofgehalte.

### Nitraat

De nitraatconcentraties in het grondwater in het onderzoeksgebied zijn over het algemeen laag, tussen de 2 en  $20 \mu\text{mol L}^{-1}$ . In het broekbos en in het zuidwesten van het bronveen, kortom het permanent natte gebied met een veenpakket, zijn echtere hogere nitraatconcentraties gevonden. Deze variëren van 85 tot  $655 \mu\text{mol L}^{-1}$ . Deze waarden zijn te verklaren door uittreding van bovenlokaal grondwater dat in het infiltratiegebied, waarschijnlijk voornamelijk landbouwgrond, is verrijkt met nitraat. In de diepe ondergrond kan nitraat onder anaerobe omstandigheden verdwijnen door denitrificatie. Hierbij wordt nitraat omgevormd tot stikstofgas (Smolders et al., 2009). Aangezien het uittredende water nog steeds nitraat bevat, is het waarschijnlijk geen gereduceerd, anoxisch grondwater. Daaruit kan worden afgeleid dat het grondwater relatief jong is en afkomstig is van een betrekkelijk dun freatisch pakket.

Ondanks de enkele hoge waarden die zijn gevonden in het brongebied, lijkt het erop dat de nitraatconcentratie lager is geworden de afgelopen jaren. Smolders et al. (1997) toonden aan dat chlorose van Veldrus werd veroorzaakt door hoge nitraatconcentraties. Gemiddeld was de nitraatconcentratie op plekken met chlorose  $902 \pm 149 \mu\text{mol L}^{-1}$  en op plekken zonder chlorose  $6,5 \pm 3,4 \mu\text{mol L}^{-1}$ . Tijdens het veldwerk voor dit onderzoek zijn geen duidelijke chloroseplekken gezien. Dit kan mogelijk worden toegeschreven aan de verandering van het bemestingsregime. In 1993 is het 'Mestakkoord' gesloten door bedrijven en de overheid. Hierdoor werden de gebruiksnormen van mest in 1998 verder naar beneden gebracht. Daarnaast is er een overstap gemaakt van besproeien naar



injecteren (Hees et al., 2012). Bij besproeien komt er ammoniak in de lucht, wat oxideert tot nitraat en neerslaat op de bodem (Smolders et al., 2011). Dit wordt voorkomen wanneer de mest wordt geïnjecteerd. Omdat uit het onderzoek blijkt dat de nitraatconcentraties sterk zijn afgenomen sinds 1997, betekent dit dat het grondwater relatief jong is, namelijk maximaal 20 jaar. Het effect van het 'Mestakkoord' uit 1993 is namelijk nu al te zien.

De inzigggebieden, waarschijnlijk voornamelijk landbouwgrond, lijken dus verantwoordelijk voor de relatief hoge nitraatconcentraties in het grondwater. Echter, de bron zou ook in het brongebied zelf kunnen liggen. Bossen vangen ammonium in, dat in de bosbodem door nitrificeerders wordt geoxideerd tot nitraat. Hierbij komt zuur vrij, wat met calcium en magnesium reageert in de bodem. Calcium en magnesium komen vrij en het zuur verdwijnt. In dit onderzoek is inderdaad een duidelijke correlatie gevonden tussen toenemende nitraatconcentratie en toenemende calcium- en magnesiumconcentratie. Deze verklaring kan aan de orde zijn voor het elzenbroekbos, maar onwaarschijnlijk voor het grotendeels bovenstrooms gelegen bronveen. Veel waarschijnlijker is het dat een deel van de verhoogde nitraatconcentraties in en rond het broekbos samenhangt met de mineralisatie van veen, waarbij nitraat vrijkomt.

#### Sturen op limitatie

Op de permanent natte plekken in het bronveen en broekbos is de P-beschikbaarheid dus nog relatief laag, maar de nitraatconcentratie in het grondwater relatief hoog. Aangezien er aan de randen van het brongebied al invloed op de P-beschikbaarheid is te zien van het landbouwgebied, is het mogelijk dat die invloed groter wordt. Om te kunnen blijven sturen op P- of N-limitatie, is het belangrijk dat de nitraatconcentratie blijft afnemen zoals afgelopen jaren en dat de P-beschikbaarheid niet toeneemt. Dit wordt gerealiseerd door de mate van bemesting van bovenstroomse gebieden nog verder terug te dringen. Daarnaast is het belangrijk dat de voedingsstoffen in het brongebied elkaar jaar worden afgevoerd door middel van maaien en afvoeren.

## 4.2 Oorzaken van verandering in flora

Opvallend is dat er voor een alkalisch laagveen relatief weinig basenminnende soorten zijn aangetroffen. Naast Parnassia, Moeraszoutgras, Vlozegge en Armbloemige waterbies betreft het Ruw walstro en Kleine valeriaan. Diverse andere soorten, zoals Veldrus, Blauwe knoop en Vetblad indiceren slechts matig gebufferd water (Jansen en Jalink, 1995). Dit is in overeenstemming met de chemische samenstelling van het grondwater, dat als (slechts) matig gebufferd kan worden getypeerd en in vergelijking met andere alkalische laagvenen calciumarm is en met een lage alkaliniteit (tabel 4). Het voorkomen van de basenminnende, kenmerkende soorten van alkalische laagvenen zou verklaard kunnen worden doordat het gebied het hele jaar watervoerend is. Hierdoor is er toch voldoende aanvoer van basen. Wanneer de vegetatie veel van deze basen opneemt, resulteert dit in lage absolute basenconcentraties.

In het bronveen is een patroon te zien waarin relatief zuurminnende soorten van vochtige standplaatsen voorkomen in het oosten (op de heide), in het noorden en noordwesten. Meer basenminnende soorten van natte standplaatsen komen voor bij de bronnen die gelokaliseerd zijn in het zuiden en zuidwesten.

Afname van soorten van de Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies op de heide in het oosten van het bronveen is toe te schrijven vegetatiesuccessie: kort voor de rasterkartering van 1999 was de heide is geplagd. De eerste jaren na het plaggen domineren soorten van deze associatie, waarna in een later successiestadium soorten van Associatie van Gewone dophei het overnemen (Schaminée et al., 2010).

De verspreidingsbeelden laten zien dat, in vergelijking met 1999, zure soorten zoals Ronde zonnedauw, Gewone dophei en Klokjesgentiaan zich meer clusteren in het zuidwesten van het bronveen, waar de bronnen liggen. Daarentegen is de basenminnende Armbloemige waterbies duidelijk in aantal afgenomen en ook het areaal van Parnassia en Moeraszoutgras is enigszins verkleind.

Deze veranderingen duiden op verzuring, die hier waarschijnlijk het gevolg is van verdroging. De grondwaterstand lijkt te zijn afgenomen met gemiddeld ongeveer 0,2 meter en dit kan al invloed hebben op een gebied in permanent natte condities (Jalink & Jansen, 1995). Verdroging van het gebied leidt tot onder andere oxidatie van organische stof en ijzersulfiden in de toplaag van de bodem. Dit leidt tot vorming van geoxideerd ijzer, sulfaat en zuur, waardoor calcium wat gebonden is aan het absorptiecomplex van de bodem wordt uitgewisseld tegen zuur en via het grondwater wordt afgevoerd (Smolders et al., 2009). Bij bodems met een betrekkelijk lage buffercapaciteit, zoals in het geval van het brongebied, treedt er relatief snel verzuring op. In de resultaten is inderdaad te zien dat sulfaat correleert met calcium in het grondwater, hoewel de correlatie niet heel duidelijk is. Verder werd een witte aanslag op de vegetatie waargenomen in december 2013 (figuur 52). Vermoedelijk is dit een zwavelneerslag, wat ontstaat doordat sulfiden onder invloed van licht, onder anaerobe condities in het veen worden omgezet tot metallische zwavel (Bus, 2011).



*Figuur 52: Witte aanslag, vermoedelijk zwavelneerslag, op vegetatie in het brongebied in december 2013.*

#### Aanbevelingen

De oorzaken van de sinds circa 2002 gedaalde grondwaterstanden zijn niet bekend. Een mogelijke oorzaak zijn de sloten in bovenstroomse gebied, die water afvoeren ten behoeve van de landbouw. Door erosie kunnen deze sloten de afgelopen jaren dieper zijn geworden en daardoor meer water zijn gaan afvoeren. Mogelijk speelt het terugbrengen van de slenk aan de zuidoostzijde van het brongebied

een rol. Ook zou onderzocht moeten worden of de verplaatsing (en uitbreiding) van de waterwinning in Duitsland van invloed is. Ten slotte vragen de “kleine” grondwateronttrekkingen voor de veedrenking om aandacht. Verder wordt het sterk aanbevolen om waterstanden, flora en waterkwaliteit te blijven monitoren in de toekomst. Vanwege gebrek aan data uit het verleden, kan er momenteel geen goede indruk verkregen worden van de eventuele veranderingen. Fosfor en nitraat lijken bedreigend, het is van belang om te achterhalen of verhoogde nitraatconcentraties in het broekbos worden veroorzaakt door uitspoeling uit het landbouwgebied, door mineralisatie van het veen of door oxidatie van ammonium, gevangen door het broekbos. In het eerste geval is reductie van bemesting van het landbouwgebied van belang om verzuring en eutrofiëring te voorkomen. In het tweede geval is het van belang dat de grondwaterstanden het hele jaar door hoog genoeg blijven om een te hoge mineralisatiesnelheid te voorkomen. Wanneer het broekbos verantwoordelijk is voor de hoge nitraatconcentraties, kan overwogen worden om het bos te verwijderen, waardoor oxidatie van ammonium tot nitraat afneemt.



## REFERENTIES

Van Alboom, G., Dupont, H., Maertens, J., Haelterma, K. (2012). Glauconiethoudende zanden. *Geotechniek*: 32–37.

Alterra (2008<sup>1</sup>). Noord-Atlantische vochtige heide met *Erica tetralix* (H4010), profieldocument. Geraadpleegd op 7 november 2013 via [http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel\\_habitatype\\_4010.pdf](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_4010.pdf).

Alterra (2008<sup>2</sup>). Alkalisch laagveen (H7230), profieldocument. Geraadpleegd op 7 november 2013 via [http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel\\_habitatype\\_7230.pdf](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_7230.pdf).

Alterra (2008<sup>3</sup>). Bossen op alluviale grond met *Alnus glutinosa* en *Fraxinus excelsior* (Alnopadion, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) (H91E0). Geraadpleegd op 14 november 2013 via [http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel\\_habitatype\\_91E0.pdf](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_91E0.pdf)

Bobbink, R., Bouwman, J. H., Brouwer, E., Everts, F. H., Horsthuis, M. A. P., Van Kleef, H. H. en Klimkowska, A. (2013). Preadvies kleine ecotopen in de hydrologische gradiënt. OBN rapport nr. 2013/OBN173–NZBE.

Bus, S. A. R. (2011). Hydrogeologische systeemanalyse hellingveen Kathagerbroek in Zuid Limburg. Afstudeeronderzoek Vakgroep Hydrologie en Kwantitatief Waterbeheer, Wageningen Universiteit.

Geodan (2012). Algemeen Hoogtebestand Nederland. Geraadpleegd op 10 september 2013 op [ahn.geodan.nl/ahn](http://ahn.geodan.nl/ahn).

De Haan, M. W. A., Jansen, A. J. M. en Molenaar, W. J. (1997) Monitoring Overlevingsplan Bos en Natuur. Eindrapport fase 2: Lemselermaten, Stroothuizen, Punthuizen, Middelduinen, Kil en Reggers-Sandervlak. Kiwa NV, Nieuwegein.

DINO-loket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond. Geraadpleegd op 17 september 2013 op [www.dino-loket.nl](http://www.dino-loket.nl).

Hees, E. M., Rougoor, C. W., Van der Schans, F. C. (2012). Van mestbeleid naar bemestingsbeleid: relaas van een ontdekkingsreis. CLM Onderzoek en Advies BV. CLM 795–2012.

Horsthuis, M. A. P. en Van Tweel-Groot, L. (2002) Een rasterkartering in het brongebied van de Mosbeek. *Stratiotes* 24: 13–26.

Jalink, M. H. en Jansen, A. J. M. (1995). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen. Kiwa NV, Nieuwegein.

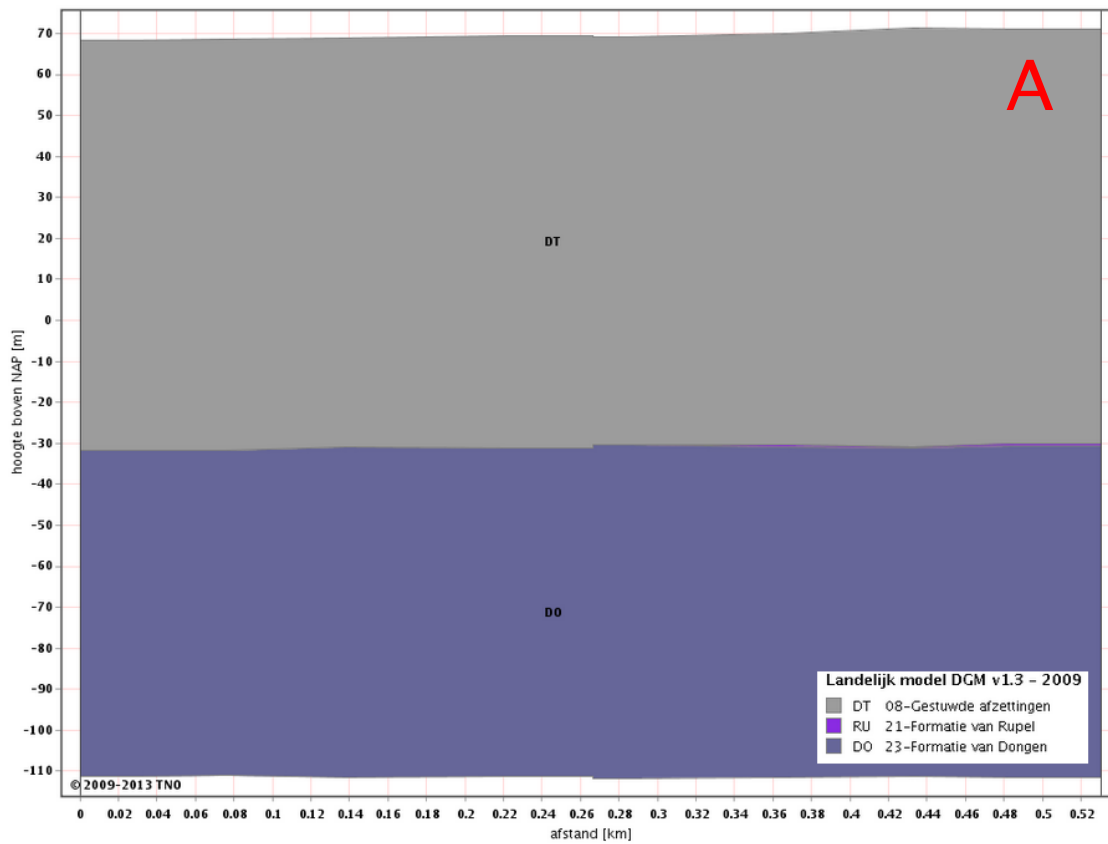
Jansen, A. J. M. (1991) Het spuurwerkproject ecologische aspecten van grondwaterwinning; een tussenstand. KIWA-mededeling Waterwinning en verdroging; 68–101. Kiwa, Nieuwegein.

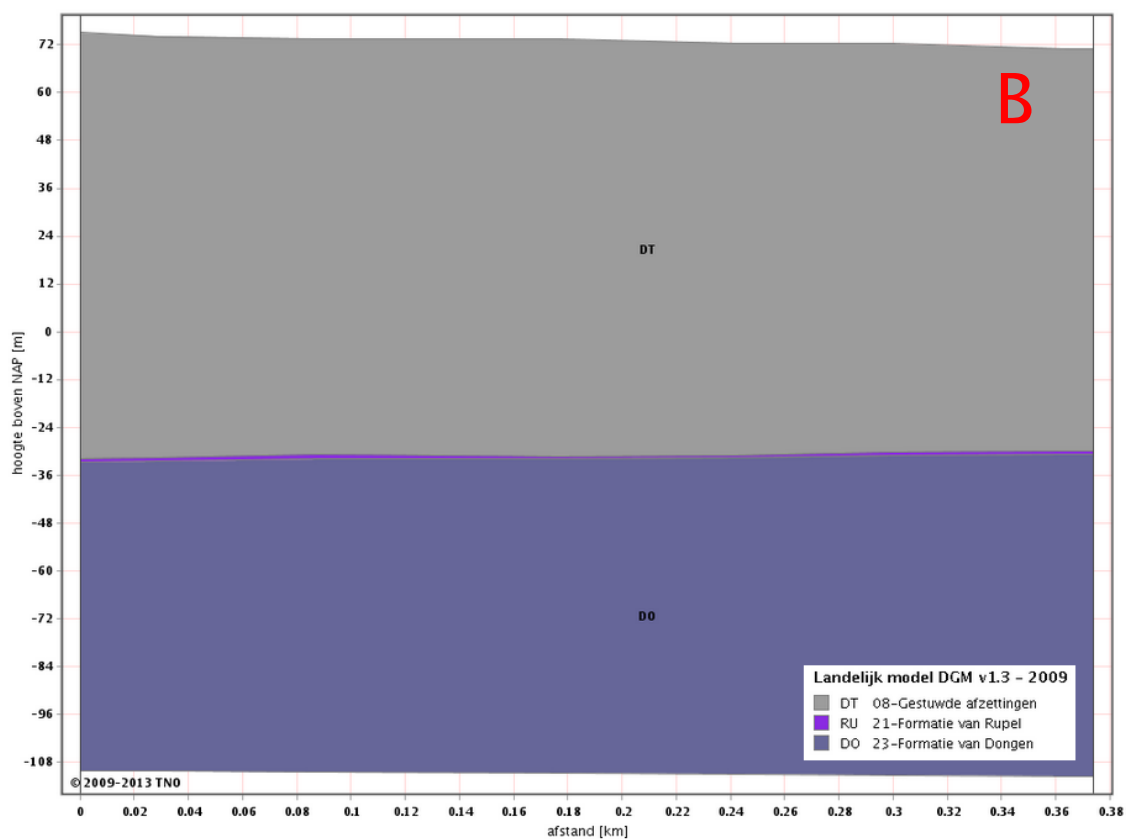
Jansen, A. J. M., & Roelofs, J. G. M. (1996). Restoration of *Cirsio-Molinietum* wet meadows by sod cutting. *Ecological Engineering*, 7(4), 279–298.

- Jansen, A. J. M. (2010) Systeemanalyse Boetelerveld. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Janssen, J. A. en Schaminée, J. (2003). Europese natuur in Nederland – Habitattypen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Landschap Overijssel (2007). Dal van de Mosbeek, evaluatie en beheervisie 2007.
- Van der Linden, M. (1988) De bronnen van de Mosbeek – een vegetatiekundig en ecologisch onderzoek. Amsterdam.
- De Mars, H., Schunselaar, J. en Schaminée, J. (2012). Ecohydrologie van de Zuid-Limburgse hellingmoerassen: inventarisatieatlas van vegetatie, bodem en grondwaterkwaliteit. OBN rapport nr. 2012/OBN159-HEBE.
- Van der Molen, P. C., Baaijens, G. J., Grootjans, A. en Jansen, A. J. M. (2010) Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA). Online rapport Regiebureau Natura 2000.
- Natuurkennis OBN (2011). Kalkmoeras. Geraadpleegd op 7 november 2013 via <http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=2&niveau=3&subgroep=109&subsubgroep=1025&subsubsubgroep=320#condities>
- Schaminée, J. H. J., Weeda, E. J., en Westhoff, V. (1995). De Vegetatie van Nederland; deel 2: Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala, Leiden.
- Schaminée, J. H. J., Sykora, K. V., Smits, N. A. C. en Horsthuis, M. A. P. (2010). Plantengemeenschappen van Nederland. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Smolders, A. J. P., Hendriks, R. J. J., Campschreur, H. M. en Roelofs, J. G. M. (1997). Nitrate induced iron deficiency chlorosis in *Juncus acutiflorus*. *Plant and Soil*, 196(1), 37–45.
- Smolders, A. J. P., Lucassen, E. C. H. E. T., Poelen, M. en Brouwer, E. (2009) Bodem- en hydrochemisch onderzoek De Bruuk. Rapport nr. 2009.23. B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Smolders, A. J. P., Roelofs, J. G. M. en Lucassen, E. C. H. E. T. (2011). Goede grond voor natuur. *Bodem* 2: 11–13.
- SynBioSys Nederland (2013). Softwareprogramma versie 2.5.7. Alterra.
- Van Tweel-Groot, L. en Horsthuis, M.A.P (2001) Meer dan vijftig jaar vegetatieonderzoek in het brongebied van de Mosbeek. Overzicht van de bijzondere plantensoorten en het gevoerde beheer. *Stratiotes* 23: 40–56.

# BIJLAGEN

## Bijlage 1. Geologische formaties





## Bijlage 2. Boorprofielen geologische boringen Duitsland en Nederland

### Nederland

Boring	Jaar	Hoogte maaiveld (m)	Diepte (m)	Kalk-gehalte	Hoofd-grondsoort	Mediaan-klasse	Grind	Bijmenging
B28F0249	1995	69,17	5	ND	Zand	Matig fijn	4,5-5,0: matig grindig	
B28F0111	1981	68,70	21	Kalkloos	Zand, 15-17: klei	Matig grof, 19-21 matig fijn	0-19: zwak grindig tot grindig	2-17: zwak tot uiterst siltig
B28F0177	1994	67,90	40	ND	Zand, 6-7 klei 18-40 klei	Zeer tot matig fijn zand	0.3-6, 10-11, 15-16: zwak grindig	0.3-17: zwak tot sterk siltig
B28F0250	1995	66,68	5	ND	0.5-5 leem	ND	ND	Zwak zandig
B28F0251	1995	65,44	1,5	ND	0-0,2 veen 0,2-1,5 zand	Matig fijn	1-1,5 sterk grindig	
B28F0252	1995	65,33	1,5	ND	0-0,25 veen	Matig fijn	Sterk grindig	



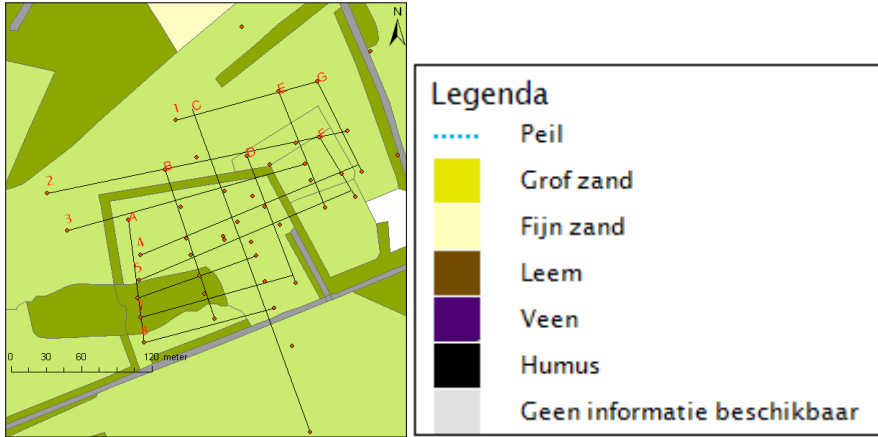
					0,25-1,5 zand			
B28F0253	1995	64,59	1,5	ND	0-0,3 veen 0,3-1,5 zand	Matig fijn	Sterk grindig	
B28F1229	1977	62,00	4	Kalkloos	Zand	Matig grof	0,5-4 grindig	0,5-4 zwak tot sterk siltig
B28F1240	1977	69,50	2,8	Kalkloos	Zand	ND	0,2-2,8 grindig	0,7-2,8 uiterst siltig
B28F1241	1977	70,00	2,9	Kalkloos	Zand	Matig fijn		1,1-2,9 uiterst siltig

## Duitsland

Boring	Jaar	Hoogte maaiveld (m)	Diepte (m)	Boorprofiel
1	1949	79,90	30	0-19 m: zand 19-23 m: hardpan 23-24 m: matig grof zand 24-26 m: zandig, siltig leem 26-30 m: klei
2	1949	80,10	36	0-15 m: zand 15-16 m: zand met grind 16-20 m: matig grof grind 20-27 m: zandig, siltig leem 27-36 m: zeer siltig zand
3	1949	81,06	27	0-0,5 m: grind 0,5-15 m: zand 15-16 m: zand met grind 16-22 m: matig grof grind 22-27 m: klei
4	1949	81,53	36	0-1 m: zand 1-5 m: matig grof grind 5-8 m: lemig, siltig zand 8-19 m: zandig, siltig leem 19-36 m: sterk zandige klei
5	1949	82,57	36	0-12 m: zand 12-22 m: grind 22-29 m: zandig, siltig, grindig leem 29-36 m: zeer siltig zand
6	1949	83,07	30	0-12 m: zand 12-22 m: grind 22-25 m: siltig, lemig zand 25-30 m: siltig, zandig leem
7	1935	80,58	90,5	(Hydrogeologische boring) 0-5,6 m: zand, gemengd met kleidelen 5,6-16,5 m: leem, glauconiethoudend 16,5-43,5 m: zand, glauconiethoudend, gemengd fijn, matig fijn en grof 43,5-54,4 m: fijnzandige klei, zwak kalkhoudend 54,4-90,5 m: fijn siltig zand,

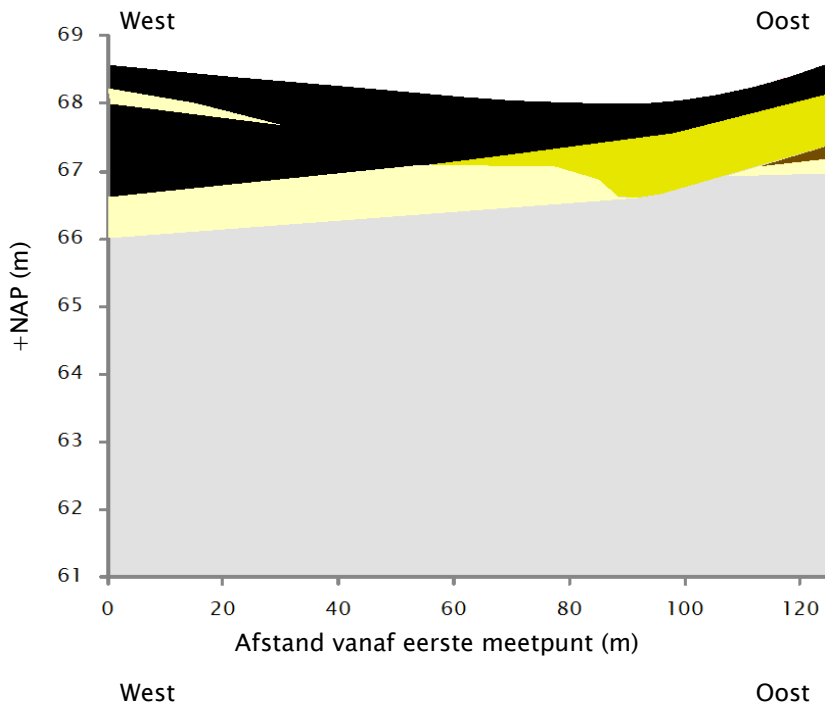
				glauconiethoudend
--	--	--	--	-------------------

### Bijlage 3. Doorsneden bodemprofielen booronderzoek



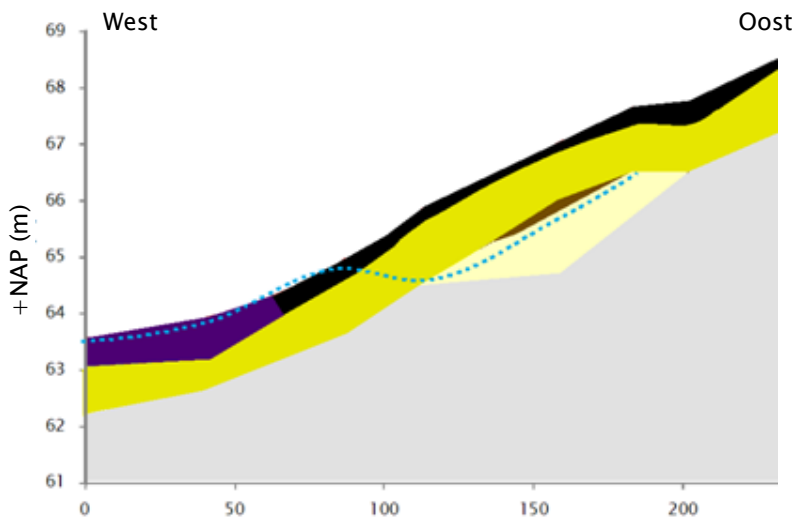
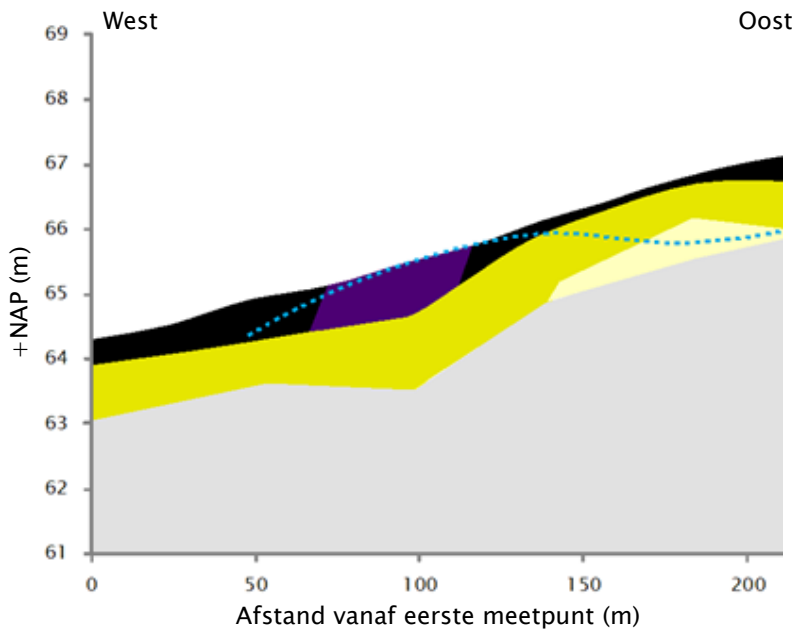
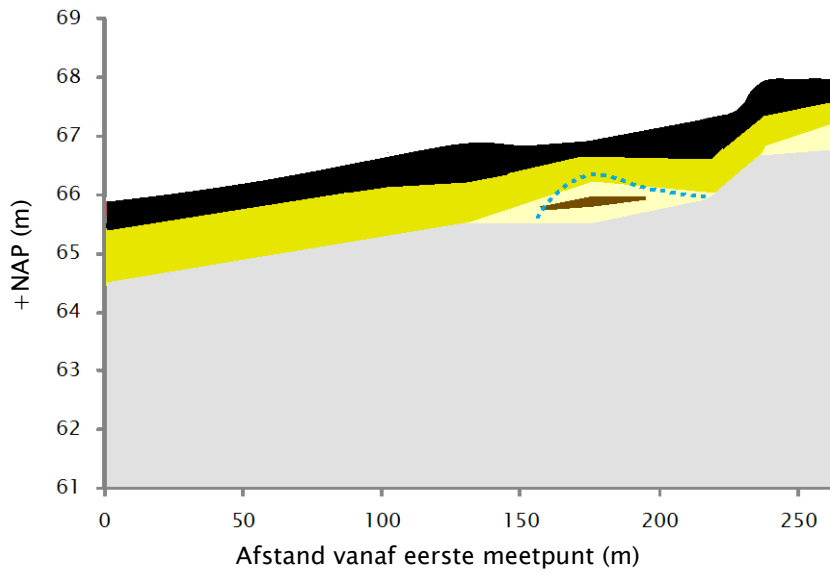
*Links: overzicht van grondboringen en doorsneden van noord naar zuid (A t/m G) en van west naar oost (1 t/m 8).*

*Rechts: legenda behorende bij de doorsneden.*

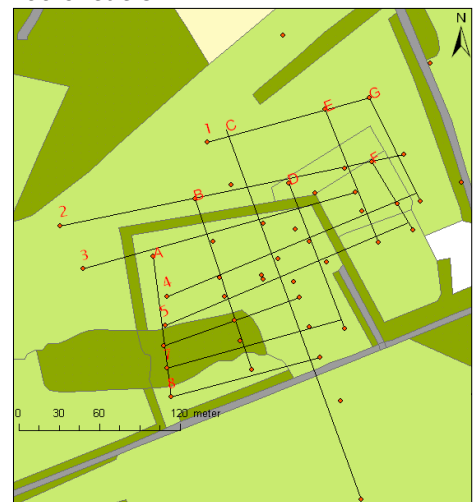


*Doorsnede 1*

*Doorsnede 2*

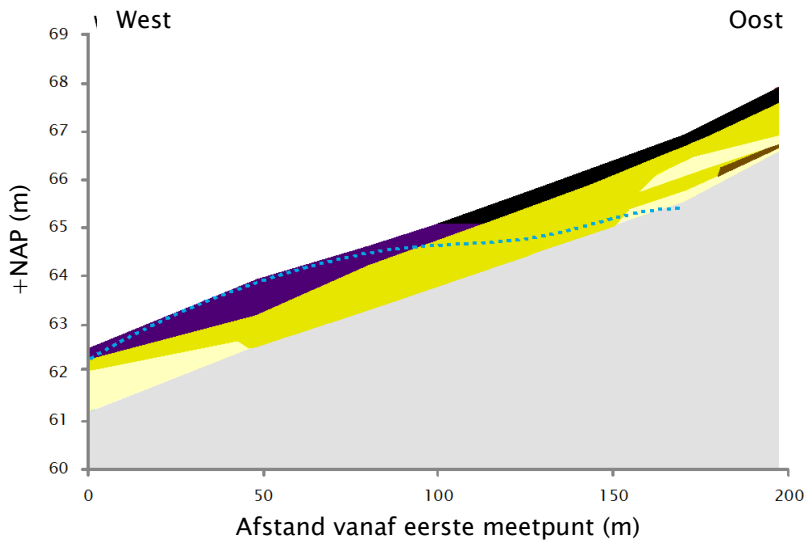


Doorsnede 3

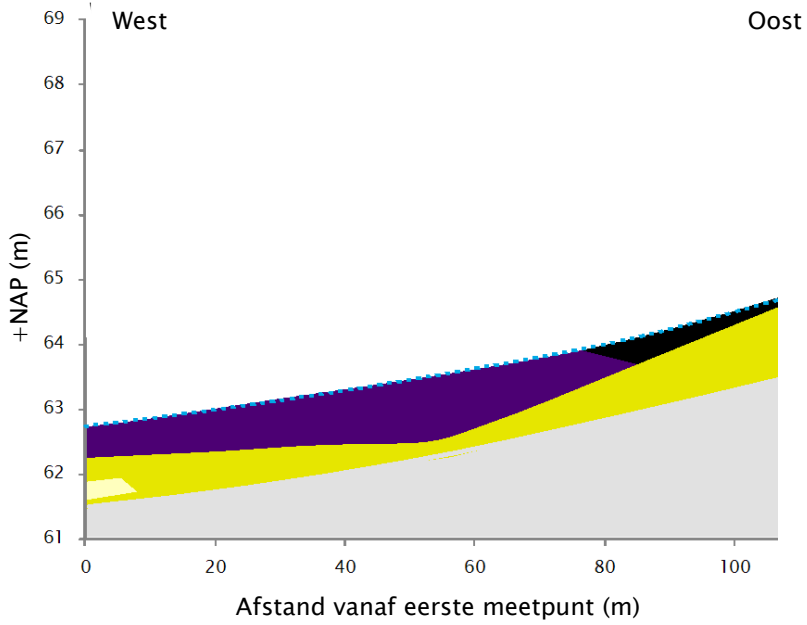


Doorsnede 4

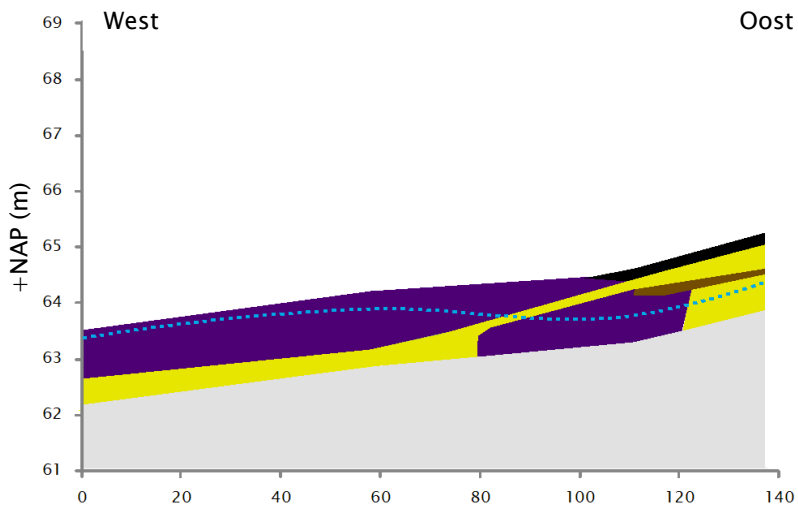
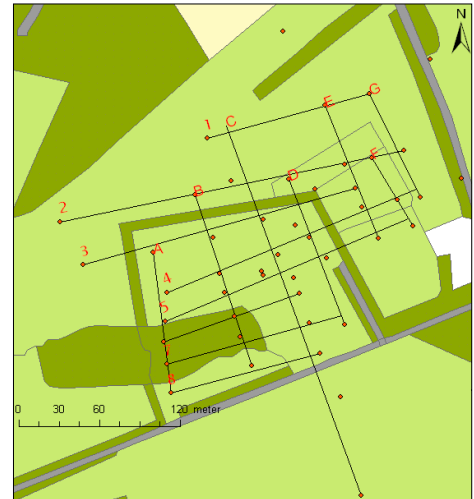
Afstand vanaf eerste meetpunt (m)



Doorsnede 5

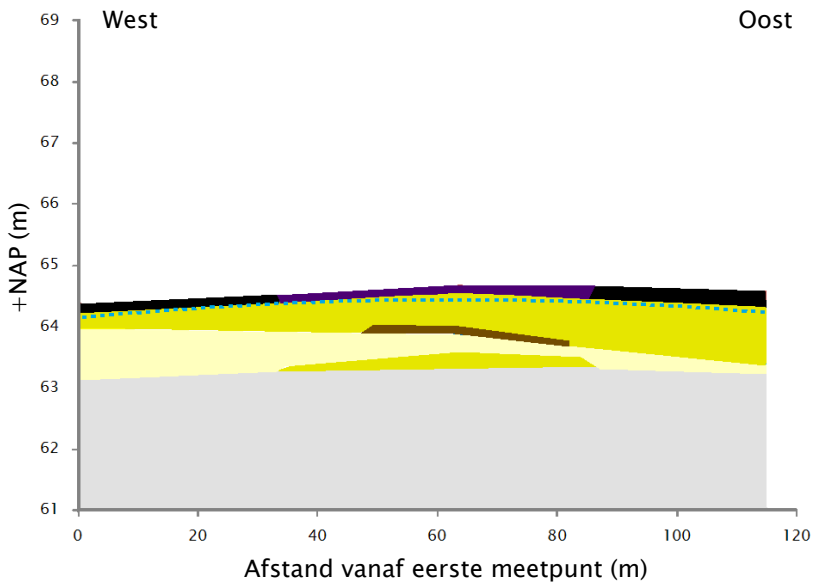


Doorsnede 6

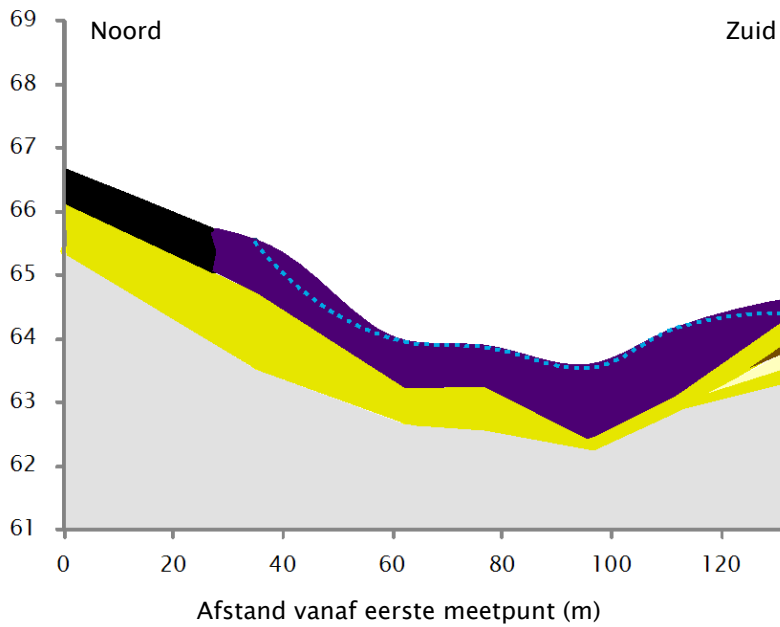


Doorsnede 7

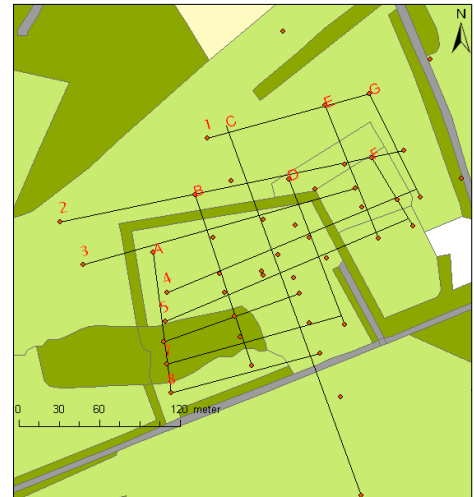
Afstand vanaf eerste meetpunt (m)



Doorsnede 8



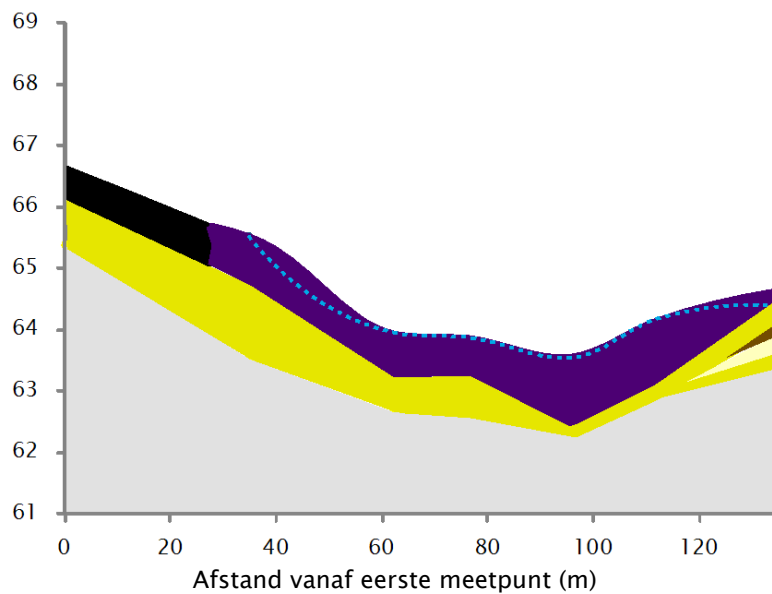
Doorsnede A



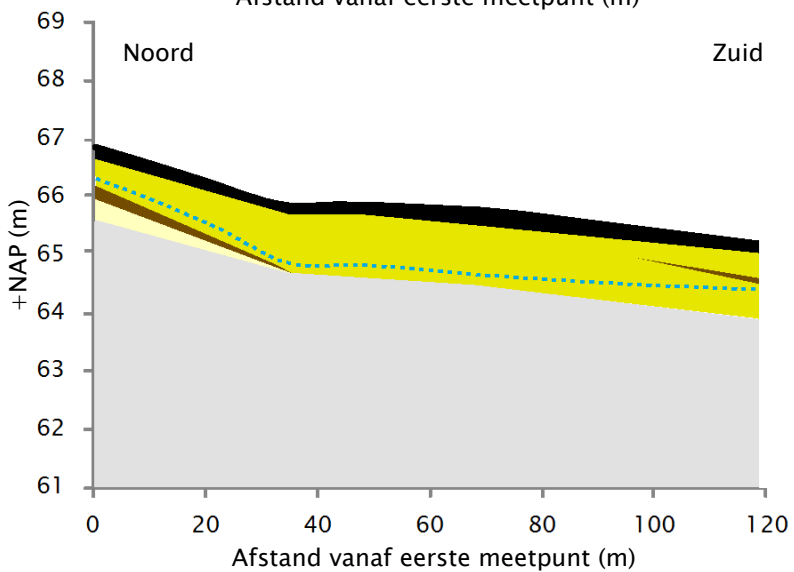
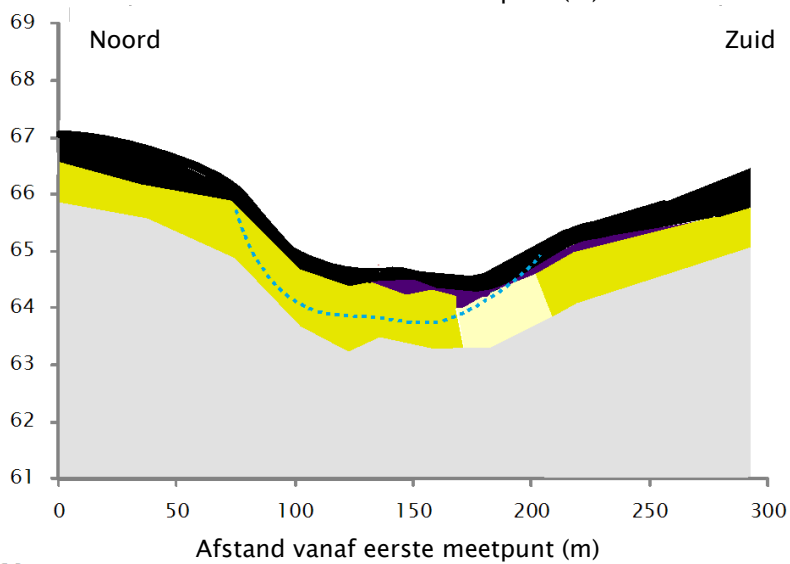
Noord

Zuid

Doorsnede B

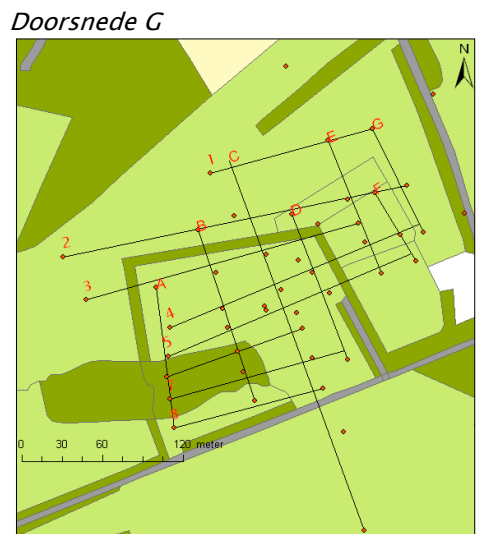
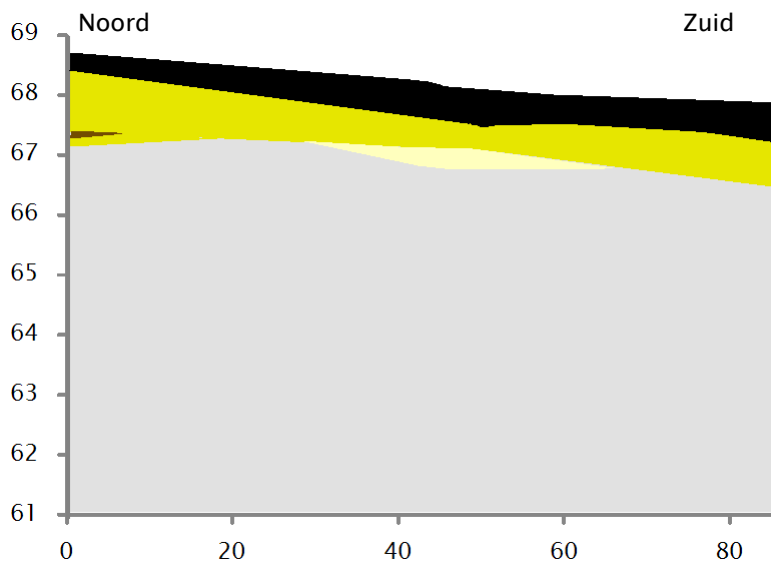
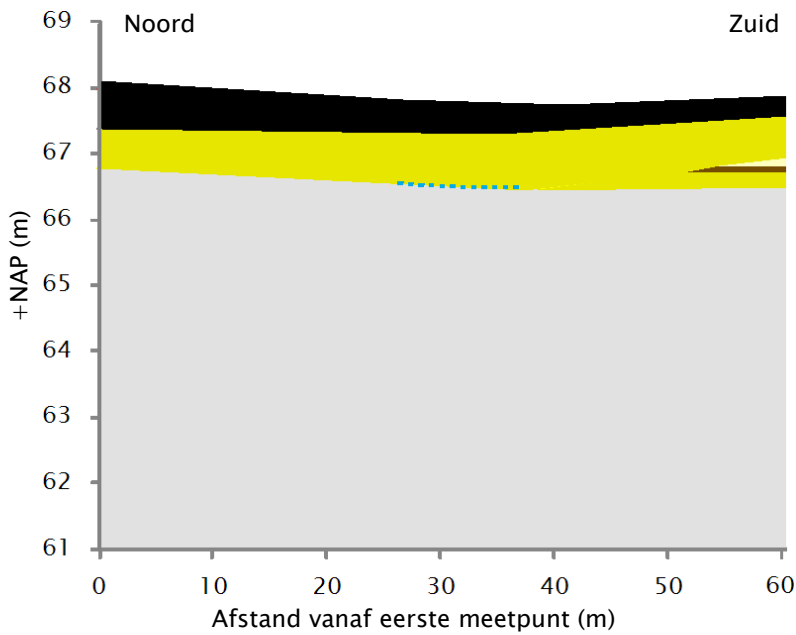
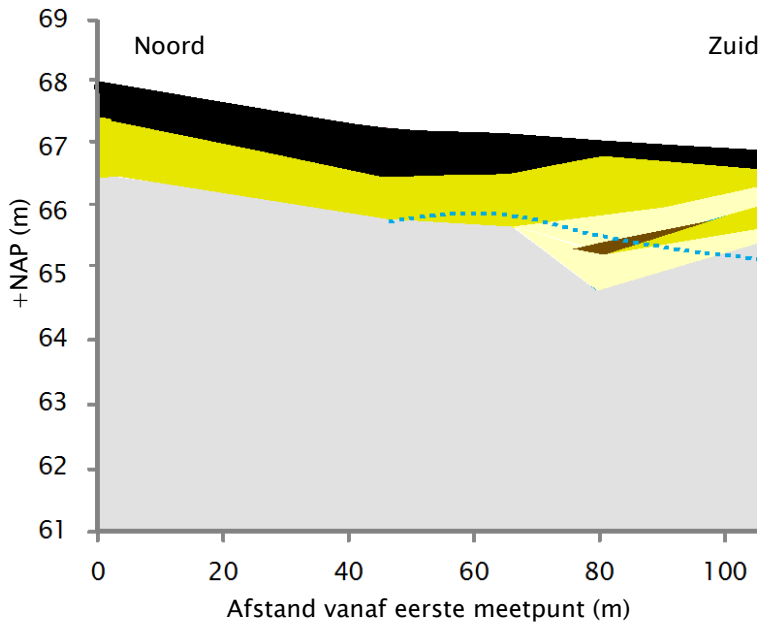


*Doorsnede C*



*Doorsnede D*





Afstand vanaf eerste meetpunt (m)