



Notitie over de hellingveentjes van de Brandenberg

Opdrachtgever: Natuurmonumenten • Projectnummer: PR 18.156 •
Rapportnummer: RP-18.156.20.3 • Auteurs: Gijs van Dijk, Fons Smolders • Datum: 07-01-2020

Niets uit dit rapport mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Titel rapport:

Notitie over de hellingveentjes van de Brandenburg

Auteurs:

Dr. Gijs van Dijk & Prof. Dr. Fons Smolders

Opdrachtgever:

Natuurmonumenten

Rapportnummer:

RP-18.156.20.3

Foto op voorkant door G. van Dijk.

Contactgegevens:

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

Contactpersoon:

Gijs van Dijk
Tel: 024-2122203
g.vandijk@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2020.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	4
1 Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Onderzoeksvragen.....	5
1.3 Dankwoord	6
2 HELLINGVEEN OP DE BRANDENBERG.....	7
2.1 Ligging en veenvorming	7
2.2 Bodemopbouw en geologie.....	9
2.3 De recente geschiedenis	12
3 ECOHYDROLOGISCH EN BIOGEOCHEMISCH FUNCTIONEREN	14
3.1 Hellingvenen op de Brandenberg in regionale context	14
3.2 Het functioneren van de hellingveentjes op de Brandenberg.....	14
4 AANBEVELINGEN VOOR BEHEER.....	18
5 Literatuur.....	21
BIJLAGE I: Chemische analyses	22
BIJLAGE II: BODEMPROFIELEN	23
BIJLAGE III: TOPOGRAFISCHE KAARTEN	24
BIJLAGE IV: Diepte profielen	29
BIJLAGE V: Gegevens Provinciale peilbuis BRH03.....	30

SAMENVATTING

De Brandenburg is een klein (21 ha.) natuurgebied met enkele hellingveentjes in eigendom van Natuurmonumenten in de noordoosthoek van Zuid-Limburg. De hellingveentjes bevatten waardevolle natuur waaronder habitatype actief hoogveen (H7110) en wordt gekenmerkt door veenmosveen met hoogveenvegetatie en grote aantallen Beenbreek. Natuurmonumenten beschikt echter over weinig kennis over het voorkomen en functioneren van deze hellingveentjes en heeft Onderzoekcentrum B-WARE gevraagd hier een korte studie aan te doen. Het doel was de ligging en het functioneren van de veentjes in kaart te brengen en op basis hiervan met aanbevelingen te komen ter behoud en herstel van deze hellingveentjes.

De Brandenburg bestaat uit een plateau van zand en grind waarin enkele slenken zijn geërodeerd waardoor er flinke hoogte verschillen in het gebied zijn ontstaan. De Brandenburg blijkt een complex van drie hellingveentjes te bevatten, alle drie in slenken van het plateau. De hellingveentjes bevatten een veendikte welke varieert van 20 cm tot ruim 150 cm en hebben hun basis op een dikke leem- en kleilaag. Deze leem- en kleilaag zijn zeer slecht doorlatend voor water en zorgen hierdoor voor een schijngrondwaterspiegel wat op termijn tot veenvorming en het ontstaan van de hellingveentjes heeft geleid. Ter plaatse van de Brandenburg bevindt het regionale grondwater zich dan ook diep beneden maaiveld (en diep beneden de hellingveentjes). Uit de chemische analyses van het bodemporiewater in de hellingveentjes blijkt dat het grondwater erg mineraal arm en zeer zwak gebufferd is. Dit bevestigt dat het ondiepe grondwater uit regenwater bestaat dat op het plateau infiltreert, door de bodem afstroomt, op de leemlaag aan de basis van het plateau stuit en vervolgens stroomafwaarts in de slenken (waar nu veen aanwezig is) weer uittreedt. Onderaan de hellingveentjes stroomt het water door de grond af over de leem- en kleilaag richting het noordelijk (stroomafwaarts) gelegen vergraven gebied, wat momenteel als golfterrein gebruikt wordt. De hellingveentjes bevatten dus (zeer) nutriënt- en mineraalarm, zeer zwak gebufferd water en er is dus geen sprake van een ongewenste (grond-)waterkwaliteit. Uit de grondwaterstanden blijkt wel dat de veentjes te erg uitdroogde tijdens de droge zomer van 2019, dergelijk lage grondwaterstanden zijn slecht voor de instandhouding van de veentjes, leiden tot het afsterven van doelsoorten, stimuleren veenafbraak en interne mobilisatie van nutriënten in het veen. Al deze processen samen versterken de al aanwezige vergrassing en verruiging van de hoogveenvegetaties.

Voor behoud en herstel van deze hellingveentjes is het dus van groot belang verdere verdroging te voorkomen en een constante stabiele aanvoer van schoon lokaal water te realiseren en wegzijging naar de omgeving te minimaliseren. Dit kan in principe op twee manieren worden gerealiseerd namelijk door: (1) de toevoer van schoon lokaal grondwater verhogen en/of (2) het water in de veentjes langer vasthouden. Het verhogen van toevoer van lokaal grondwater kan vergroot worden door boskap waarmee in invang van regenwater wordt vergroot en de verdamping wordt verlaagd. Het lokale (grond-)water langer vasthouden kan gerealiseerd worden door het dichten van greppels in het gebied en het plaatsen van dammetjes of een kwelscherm onderaan de helling. In het laatste hoofdstuk worden enkele van de aanbevelingen in meer detail beschreven. Naast deze lokale hydrologische maatregelen is het van belang andere externe negatieve invloeden, zoals de te hoge atmosferische stikstofdepositie, trachten te verminderen om versnelde verzuring, verruiging en vergassing te voorkomen. De hier voorgestelde maatregelen ter behoud en herstel van de hellingveentjes op de Brandenburg bieden goede vooruitzichten voor het behoud en mogelijk herstel van de hellingveentjes en habitatype actief hoogveen (H7110) op de Brandenburg.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

De Brandenberg is een klein natuurgebied in eigendom van Natuurmonumenten in de noordoosthoek van Zuid-Limburg ten westen van Brunssummerheide. Het gebied de Brandenberg ligt ingesloten tussen de Brunssummerheide, de regionale stortplaats, een golfterrein en de Duitse grens. Het gebied omvat 21 hectare welke grotendeels op een helling liggen die uit droge heide bestaat met in de slenken overgangen naar natte heide en actief hoogveen. De zuidoostelijk helft van het gebied bestaat uit een plateau welke grotendeels uit droge heide bestaat en deels omzoomd is door bos. De noordwestelijke helft van het gebied bestaat uit enkele slenken welke in het plateau geërodeerd zijn, zie figuur 2.1. In deze slenken heeft zich op enkele plekken veen kunnen ontwikkelen. Het hele gebied valt onder de Natura2000 en de in het gebied aanwezige veentjes vallen onder het habitatype Actief hoogveen (H7110). Natuurmonumenten beschikt echter over weinig kennis over het voorkomen en functioneren van deze veentjes. Door het gebrek aan kennis over het functioneren kunnen beheermaatregelen ter behoud en herstel van deze gebieden niet goed geformuleerd worden.

1.2 Onderzoeksvragen

Om meer inzicht te krijgen in het functioneren van de hellingveentjes op de Brandenberg heeft Natuurmonumenten Onderzoekcentrum B-WARE opdracht gegeven dit gebied te bestuderen en de onderstaande onderzoeksvragen te beantwoorden;

- Wat is de ligging van de veengebied?
 - o Hoe is de bodemopbouw in de slenken
 - o Hoe diep is het veen
 - o Waar zit de ondoorlatende laag
- Hoe functioneren de veentjes (eco-)hydrologisch en biogeochemisch
 - o Wat is de chemische samenstelling van het (grond-)water in de veentjes en doen er zich problemen voor met sulfaat en stikstof?
 - o Is er sprake van een ongewenste kwaliteit
 - o Wat kunnen de bronnen zijn van het grondwater?
- Hoe kunnen deze veentjes behouden worden en welk beheer kan het behoud dan wel herstel van de veentjes bevorderen
 - o Wat is het effect van de greppels en welk effect hebben ze op de slenken; voeren sloten en slenken gedurende het jaar water, hoe ver zakt de GWS weg in een droge periode
 - o Zou het aanleggen van dammetjes een maatregel zijn om tot vernatting te komen?
 - o Zou het plaggen in de slenken kunnen leiden toe herstel?

Tijdens de offertefase bleek al dat niet al deze onderzoeksvragen voor het beschikbare budget beantwoord konden worden. Hierom is er besloten om middels een pragmatische aanpak met enkele veldbezoeken, bodemboringen en waterkwaliteitsmetingen een eerste antwoord te krijgen op een groot deel van de bovenstaande vragen. Het huidige document betreft een korte notitie waarin de resultaten zijn samengevat en kort zijn geïnterpreteerd.

1.3 Dankwoord

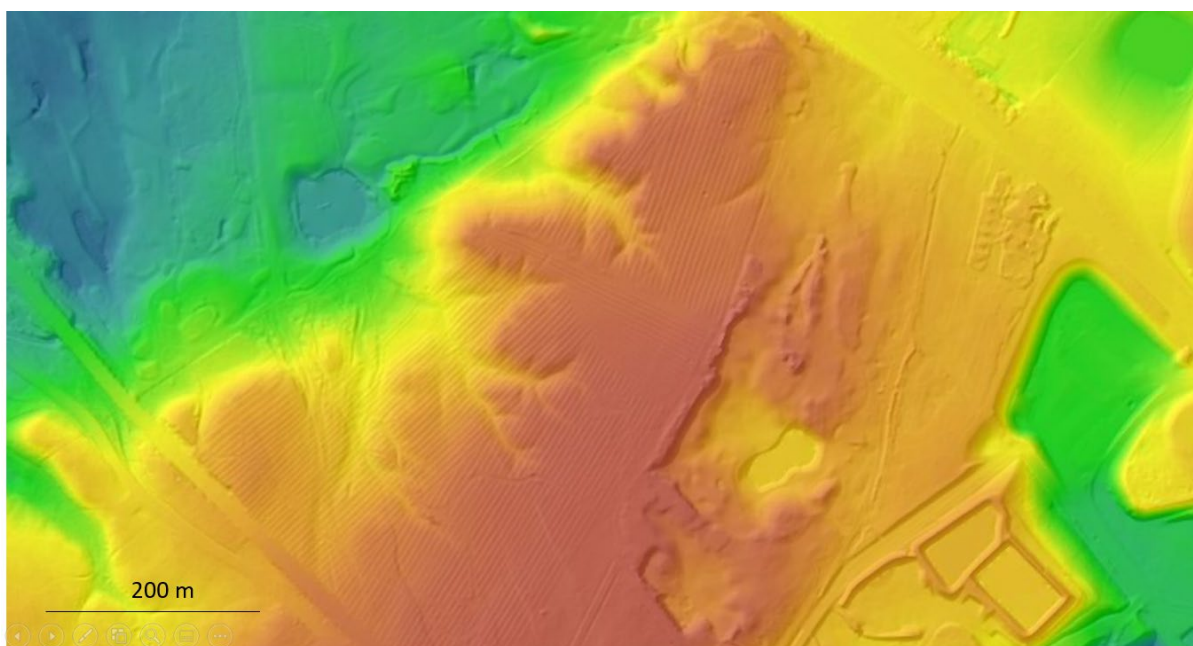
Corine Geujen, Frans Reijnen, Gaby Bollen, André Hassink (allen van Natuurmonumenten) en Ivo Raemakers worden bedankt voor waardevolle gebiedsinformatie en reacties op een conceptversie van deze notitie. Jeroen Graafland, Rick Kuiperij, Ralph Temmink en Renske Vroom worden bedankt voor hulp tijdens het veldwerk.



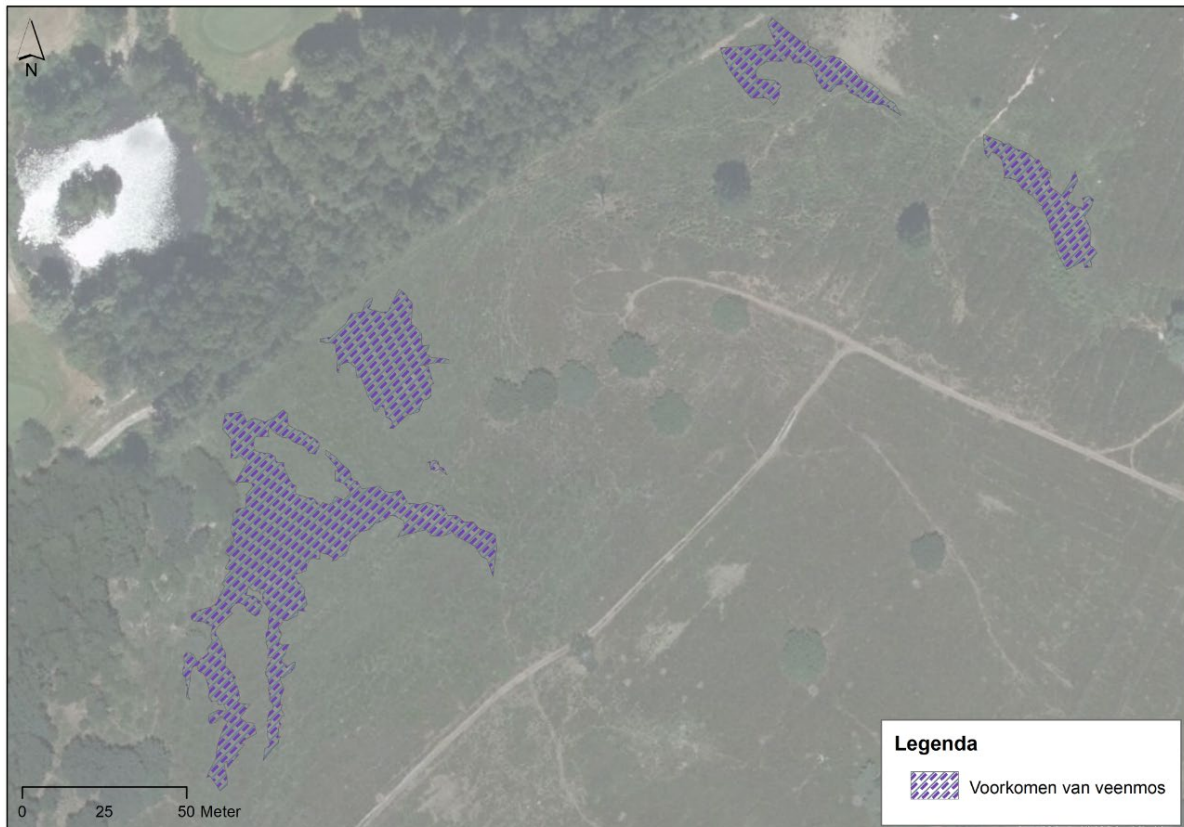
2 HELLINGVEEN OP DE BRANDENBERG

2.1 Ligging en veenvorming

Op de Brandenberg zijn enkele slenken aanwezig waarin zich veen heeft kunnen ontwikkelen. Het gaat om drie slenken langs een, zeker voor Nederlandse begrippen steile helling, met van het plateau tot onderaan de helling ongeveer 25m hoogteverschil (zie ook figuur 2.1 AHN). Over het ontstaan van deze hellingvenen is zonder aanvullend onderzoek weinig te zeggen. Vermoedelijk is de veenontwikkeling aan de voet van de helling begonnen als gevolg van het uittreden van basenarm (lokaal) grondwater (of m.a.w. weer opkomend regenwater dat iets hoger op het plateau is geïnfiltrerd). Onder dergelijke natte (zuurstofarme) en relatief zure (weinig gebufferde) omstandigheden breken de plantenresten slecht af en heeft er veenvorming plaats kunnen vinden. Binnen het huidige project is het areaal aan veen (gedefinieerd als het gebied waar onder de huidige condities veenmossen voorkomen) in kaart gebracht, zie figuur 2.2.



Figuur 2.1. Hoogtekaart (AHN2) van de Brandenberg waarin duidelijk de grote hoogteverschillen in het gebied zichtbaar zijn, (blauw is 92,5 m boven N.A.P., rood op het plateau is 123,5 m boven N.A.P.). Tevens zijn de verschillende slenken waarin veenvorming heeft plaatsgevonden en de greppelstructuren goed op de hoogtekaart zichtbaar (bron AHN.nl).



Figuur 2.2. Een luchtfoto met hierop in paars gearceerd het voorkomen van veenmossen (actief groeiend veen).

In figuur 2.2 is te zien dat er een complex van drie verschillende veentjes aanwezig zijn, welke allen in slenken langs een helling zijn ontstaan en hierom als hellingveentjes getypeerd kunnen worden. Voor het maken van de kaart met het voorkomen van veen in figuur 2.2 is het voorkomen van veenmossen (*Sphagnum sp.*) in kaart gebracht, als maat voor waar actieve veenvorming plaatsvindt. Dit betekent dat er nog andere zones aanwezig zijn waar in het verleden veenvorming heeft plaatsgevonden en waar nu nog (sterk) veraard veen in de bodem aanwezig is. Op deze locaties vindt momenteel echter geen actieve veenvorming meer plaats.

De veentjes worden gedomineerd door Veenmossen (*Sphagnum sp.*) maar bevatten ook (lokaal) veel Beenbreek (*Narthecium ossifragum*), Witte snavelbies (*Rhynchospora alba*) en Gewone Dophei (*Erica tetralix*). Tevens bevatten de hellingveentjes (met name op de drogere stukken) veel Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en domineert Stuikheide (*Calluna vulgaris*). Binnen het huidige project is geen detailbeschrijving van de vegetatie opgenomen. Het voorkomen van veenmossen indiceert wel de actieve groei van (hoog-)veen en het veelvuldig voorkomen van Beenbreek indiceert de oppervlakkige afstroming van water door de wortelzone (figuur 2.3).



Figuur 2.3. Een foto waarop duidelijk te zien is hoe het hellingveen, vol met Beenbreek en Dopheide letterlijk de helling op gegroeid is (foto G. van Dijk).

2.2 Bodemopbouw en geologie

Om het functioneren van de veentjes in kaart te brengen zijn een serie bodemboringen verricht, zie figuur 2.4 en bijlage II. Hierbij zijn op 21 locaties langs drie transecten bodemboringen verricht tot ongeveer 1 á 2 meter diepte (handmatig met een edelman boor) en beschrijvingen gemaakt van de dikte van de veenlaag en de bodemlagen onder de veenlaag. Aanvullend hierop zijn de via DINOlloket beschikbare boringen in het gebied gebruikt, zie figuur 2.5.

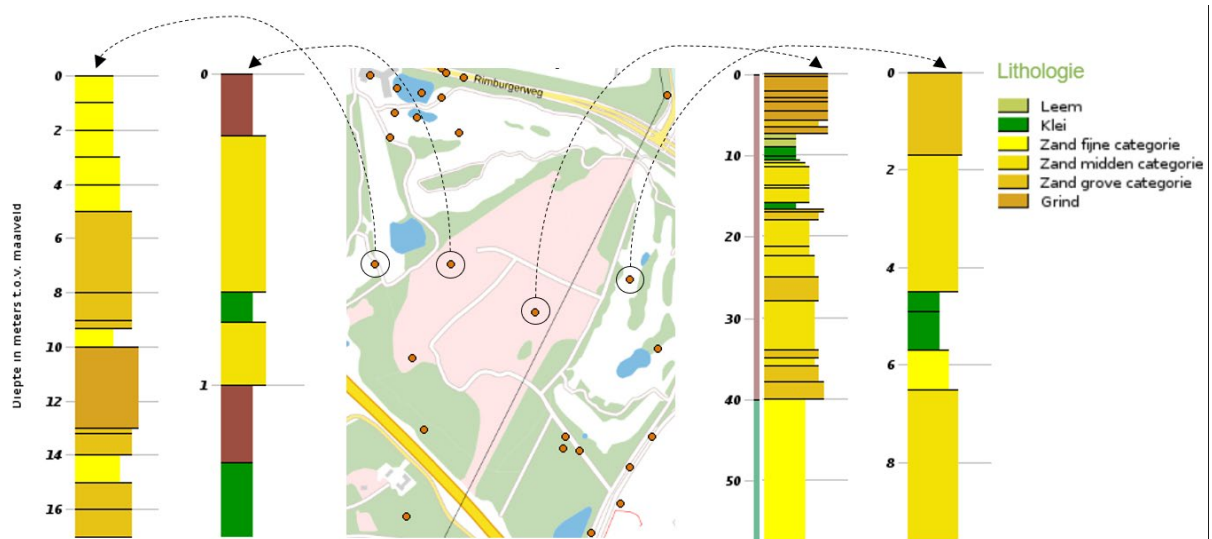


Figuur 2.4. Ligging van locaties waar bodemboringen zijn verricht (zwarte cirkels) en de locaties waar naast een bodemboring ook poriewater verzameld is (blauw omrande zwarte cirkel). Voor details over de poriewaterbemonsteringen zie tabel 3.1.

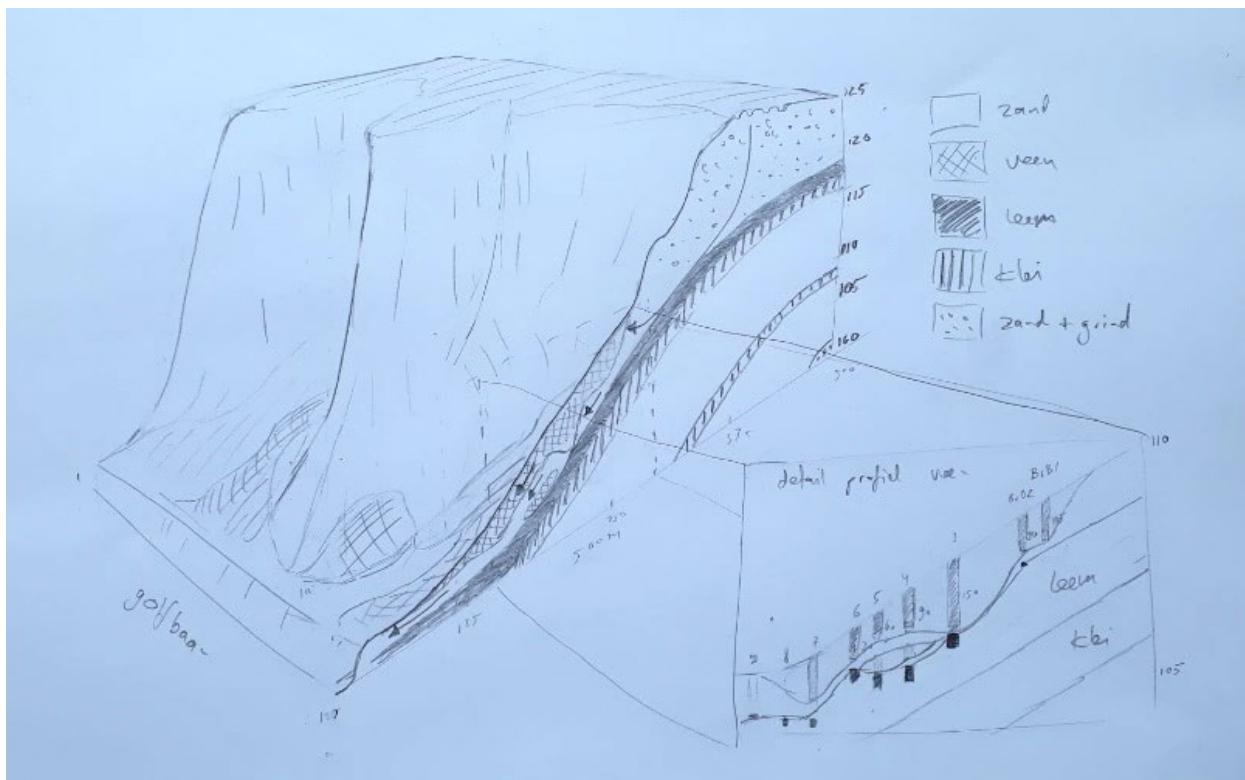
Uit deze boringen blijkt dat de dikte van de veenlaag in de hellingveentjes sterk varieert. In de zuidelijke slenk (met boringen 1 tot 9, figuur 2.4) heeft het veen een dikte van ongeveer 0,5 tot maximaal 1,5 m. Dit veentje ligt (soms onderbroken door een dunnen zandlaag) op een leemlaag welke langzaam overgaat in klei. Dit betreft een erg dikke en voor water nagenoeg ondoordringbare laag (beide lagen zijn ruim 1 m dik). Het veentje bij transect 10 tot 14 heeft een wat dunner veenpakket van 20 cm tot maximaal 80 cm dik. Ook dit veentje ligt op een leemlaag (al dan niet met een dunne zandlaagjes ertussen). Het meest noordelijk gelegen hellingveentje (transect 18 tot 21) is stroomafwaarts erg verdroogd en veraard en heeft nog maar 10-40 cm veen. Het hier aanwezige wandelpad dat als een soort van dam fungeert in de slenk (tussen locatie 16 en 17) lijkt mogelijk aan de verdroging van het stroomafwaarts gelegen deel te hebben bijgedragen (hier worden veendiktes gemeten van 25-40 cm). Door dit wandelpad is een van oorsprong langer hellingveen in tweeën gesplitst. Stroomopwaarts van het wandelpad (locaties 15 en 16) gaat het om een veel vitaler stuk veen met levende veenmossen en een veendikte van ongeveer 60 tot ruim 100 cm en heeft het wandelpad, fungerend als dam, vermoedelijk juist voor nattere condities geleidt. In bijlage II zijn de beschrijvingen van de bodemprofielen opgenomen. In figuur 2.6 zijn deze schematisch weergave van het landschap gemaakt met een doorsnede langs transect (locaties 1 tot 9).

In de huidige studie zijn geen boringen dieper dan 2 m verricht, maar voor een verdere interpretatie zijn de via DINOlaket beschikbare boorprofielen gebruikt, zie afbeelding 2.5. Hieruit blijkt dat de leemlaag en de hieronder aanwezige kleilaag, welke zich onder de hellingveentjes bevinden, zich onder het gehele plateau uitstrekken. Uit een diepe boring (60m diep) centraal op het plateau van de Brandenburg blijkt dat het plateau uit een dunne zandlaag (Formatie van Boxtel) bestaat welke op een sterk grindhoudende zandlaag (Kiezeloöliet Formatie) ligt. Op het plateau bevindt de leemlaag van 1,5 m dikte zich op 7,5 m diepte beneden maaiveld, bovenop een tevens 1,5 m dikke kleilaag. Deze sterk waterdoorlatende leem- en kleilagen liggen dus

onderaan de helling relatief dicht onder maaiveld afgedekt met laag veen terwijl deze hoger op het plateau afgedekt zijn met een dikke laag zand en grind. Er zijn ook mondelingen bronnen dat er in deze regio (bijvoorbeeld in de Schinveldse bossen) in de middeleeuwen klei gewonnen werd, in hoeverre dit ook nabij of aan de voet van de Brandenburg plaatsgevonden heeft is onduidelijk. Het hele hierboven beschreven bodempakket ligt op een ongeveer 60 m dik zandpakket (Formatie van Breda), waarin zich op ongeveer 100 m en 140 m diepte onder maaiveld bruinkoollagen bevinden (Formatie van Ville). De Brandenburg verschilt geologisch van het ernaast gelegen Brunssummerheide en wordt van elkaar gescheiden door de Feldbissbreuk. De Brandenburg is geologische jonger (Plioceen; 2,55 - 5,3 miljoen jaar oud) dan de Brunssummerheide (5,3 - 23 miljoen jaar oud). De Brandenburg bestaat uit een terrestrische afzetting uit het Plioceen, met grindhoudende rivierzanden, kleien en bruinkoollagen, alsmede uit oudere rivierterrasafzettingen die voornamelijk worden gerekend tot de Kiezeloöliet Formatie (geologievannederland.nl).



Figuur 2.5. Een selectie van de via DINOLOket.nl beschikbare boorprofielen op de Brandenburg. Let op dat de schaal langs de y-as sterk verschilt van 1,5 m diepte tot 60 m diepte.



Figuur 2.6. Schematische weergave o.b.v. gegevens uit handboringen, AHN en bodemboringen via DINOloket.

2.3 De recente geschiedenis

Omdat de veentjes een klein oppervlak beslaan is niet op topografische kaarten te zien of deze er vroeger ook al lagen omdat deze, mogelijk enkel al door hun kleine omvang, niet als “veen” ofwel “moeras” op de kaart zijn aangegeven. Meer dan natte laagtes met veenvorming is het vermoedelijk vroeger ook niet geweest, aangezien het intrekgebied relatief klein is (geweest) en er ook geen beek o.i.d. op oude kaarten is aangegeven. Op oude topografische kaarten (1850-1900) staat het gebied als open heide en zand aangegeven. Op de kaart van 1925 is het areaal bos sterk toegenomen, bos ontbreekt in de slenk waar momenteel nog het meeste veen aanwezig is (figuur 2.7, bijlage III). Mogelijk is deze bosaanplant ook aanleiding geweest voor de aanleg van de vele greppels die in het gebied aanwezig zijn. In de jaren '40 van de vorige eeuw is het bos verdwenen en staat er weer heide op de kaart terwijl er in deze periode noordwestelijk van de Brandenburg op de Brunsummerheide juist veel bos aangeplant is. In de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw zijn er ten noordwesten en zuidoosten van het gebied grootschalige groeves aanwezig voor de ontginning van zand. Het ten noordwestelijk van de Brandenburg gelegen gebied is begin jaren '90 van de vorige eeuw omgevormd naar golfterrein en het zuidoostelijk gelegen gebied deels naar golfterrein en deels naar grondstort-/opslag en gedeeltelijk nog steeds als zandwingroeven in gebruik. Op de topografische kaart van de jaren '80 van de vorige eeuw blijkt het oppervlakte bos weer te zijn toegenomen op de Brandenburg en op de kaart van begin jaren '90 van de vorige eeuw is het areaal bos nog verder toegenomen. Rond de eeuwwisseling is het areaal bos weer sterk afgenomen en staat het merendeel van het gebied als heide op de kaart. Deze sterke afname van het areaal bos in de periode '80 tot '90 van de vorige eeuw heeft waarschijnlijk een sterk positief effect gehad op de hydrologie waardoor er minder verdroging heeft plaatsgevonden en hellingveentjes zijn behouden. Het vergraven van de zuidelijk van het plateau gelegen gebieden heeft waarschijnlijk wel het intrekgebied van de hellingveentjes in het verleden gereduceerd en hiermee tot verdroging geleidt. Verder heeft het afgraven van de noordelijk van de Brandenburg gelegen gebieden ongetwijfeld geleidt tot een sterke toename van de drainage van de hellingveentjes.



Figuur 2.7. enkele uitsnede van topografische kaarten van 1850, 1930, 1940, 1960, 1990 en 2018, zie bijlage III voor detail en meerdere kaarten, (bron: www.topotijdreis.nl).

3 ECOHYDROLOGISCH EN BIOGEOCHEMISCH FUNCTIONEREN

3.1 Hellingvenen op de Brandenberg in regionale context

Hellingvenen kunnen enkel ontstaan en in stand blijven door een relatief constante aanvoer van water, vaak door het uittreden van grondwater onderaan de helling. Dit grondwater kan aan het oppervlak komen doordat er grondwater uittreedt als gevolg van de aanwezigheid van een slecht doorlatende bodemlaag, zoals klei, leem of bruinkool, waardoor het grondwater uittreedt en vervolgens oppervlakkig afvloeit (Van Dijk et al. 2019b). De tweede oorzaak voor uittredend grondwater kan een abrupte overgang zijn van een sterk hellend, naar een veel vlakker maaiveld, waardoor de stroomsnelheid van het grondwater sterk vermindert en het grondwater geforceerd uittreedt aan maaiveld. Door een geleidelijke uitbreiding van het veenpakket (welke ook zelf weer water vasthoudt en de weerstand voor grondwater vergroot) verschuift de zone waar grondwater uittreedt (en veenvorming optreedt) langzaam hellingopwaarts.

Het gaat op de Brandenberg om typische “hellingveentjes”. Dit betreffen vaak relatief kleine systemen welke gevoed worden door regenwater en (zeer) zwak gebufferd grondwater van lokale oorsprong. De hellingveentjes op de Brandenberg zijn dan ook vergelijkbaar met andere zwak gebufferde hellingveentje in de regio zoals het Schutterspark (Van der Brug et al. 2011; Van Dijk et al. 2019b) en de Breukberg (Van Dijk et al. 2016). Voor Zuid-Limburg zijn dit uitzonderingen en bestaat het overgrote deel van de Zuid-Limburgse hellingvenen juist uit gebufferde systemen zoals kalkmoeras achtige systemen (De Mars et al. 2017). De hoogveenachtige vegetatie van de hellingveentjes op de Brandenberg wijkt dan ook sterk af van die van andere kalkrijkere hellingveentjes in Zuid-Limburg. Door de relatief oude en mineraal arme zand- en grindondergrond in de regio is het grondwater in de regio van de Brandenberg en de Brunssummerheide zwak gebufferd en is er hoogveen (door veenmossen gedomineerd veen) ontstaan terwijl een groot deel van Zuid-Limburg uit een kalkrijke ondergrond bestaat wat leidt tot basenrijk grondwater (Bus et al., 2015; De Mars et al., 2017).

3.2 Het functioneren van de hellingveentjes op de Brandenberg

Ter plaatse van de Brandenberg bevindt het regionale grondwater zich diep beneden maaiveld. Het is echter vlak onder maaiveld nat en er vindt ook veenvorming plaats. Er is dan ook sprake van een schijn-grondwaterspiegel. Deze schijn-grondwaterspiegel is ontstaan door de aanwezigheid van de leem- en kleilagen in de directe ondergrond. Naast deze leem- en kleilaag, welke de grootste waterkerende werking hebben, kan ook de hierboven aanwezige slecht doorlatende inspoelingshorizont (gliedelaag) stagnatie van (grond-)water en hiermee veenvorming verder bevorderen. Het water in de veentjes heeft een lokale oorsprong namelijk het stroomopwaarts gelegen plateau van de Brandenberg. Op basis van de huidige gegevens is geen exact intrekgebied ofwel waterscheiding te bepalen. Om meer inzicht te krijgen in het functioneren van de hellingveentjes zijn er binnen dit project ceramische cups geplaatst op locaties waar boringen zijn verricht, zie figuur 2.4. Met behulp van deze ceramische cups kon op verschillende diepte het bodemporiewater in het veen ongestoord (anaeroob) worden verzameld en vervolgens worden geanalyseerd. Uit deze analyses blijkt dat het grondwater in de hellingveentjes erg mineraal arm en zeer zwak gebufferd is: pH 4,1-5,2 in de wortelzone met een bicarbonaatconcentratie van $< 50 \mu\text{mol/l}$ (alkaliniteit van $< 0,2$) (zie tabel 3.1). Dit bevestigt dat het ondiepe grondwater bestaat uit regenwater dat op het plateau infiltreert, door de bodem afstroomt, op de leemlaag aan de basis van het plateau stuit en vervolgens stroomafwaarts in de slenken (waar nu veen aanwezig is) weer uittreedt. Onderaan de hellingveentjes stroomt het water door de grond af over de leem- en kleilaag richting het noordelijk (stroomafwaarts) gelegen vergraven gebied met de golfvelden.

Het water in de veentjes is dus zuur, zeer zwak gebufferd en bevat weinig ionen (chloride, calcium, magnesium, kalium) (zie tabel 3.1). Ook in vergelijking met andere systemen in de regio zoals de Breukberg (Van Dijk et al. 2016) en het doorstroomveen op de Brunssummerheide (Van Dijk et al. 2019a) bevatten de hellingveentjes op de Brandenburg lage concentraties aan opgeloste mineralen. Zowel concentraties van bijvoorbeeld calcium (30-200 $\mu\text{mol/l}$) als chloride (30-150 $\mu\text{mol/l}$) zijn erg laag. Ook bevat het water van de hellingveentjes relatief lage nutriëntconcentraties. De nitraat, ammonium en fosfaat in de wortelzone zijn ($< 10 \mu\text{mol/l}$ (NO_3^-), $< 15 \mu\text{mol/l}$ (NH_4^+) en $< 1,5 \mu\text{mol/l}$ (P_{tot}), (zie tabel 3.1 voor details). Grof samengevat zijn de hellingveentjes dus (zeer) nutriënt- en mineraalarm, zeer zwak gebufferd en laten de concentraties weinig variatie zien tussen de veentjes en in de diepteprofielen. Ook enkele diepteprofielen van het elektrisch geleidend vermogen (EGV) langs transecten (als maat voor de som van alle opgeloste ionen) laten een vergelijkbaar beeld zien met over het algemeen door het gehele profiel erg lage EGV waarden en weinig variatie (zie bijlage IV). Voor een beschrijving van de verrichte chemische analyses wordt verwezen naar bijlage I.

Er lijkt dus geen sprake te zijn van een ongewenste (grond-)waterkwaliteit. Hier en daar zijn wel iets verhoogde zwavelconcentraties aangetroffen, waardoor dieper in het veen onder anaerobe condities sulfaatreductie plaatsvindt en sulfide is aangetroffen. Het gaat echter om relatief lage sulfide concentraties in vergelijking met vergelijkbare systemen in de regio. De lichte aanrijking van mineralen en zwavel is vermoedelijk afkomstig van het weinige contact dat het regenwater in de ondergrond heeft met de leemlaag. Daar waar in andere gebieden in de regio bruinkoolresten in de bodem de oorzaak voor verhoogde zwavelconcentraties kunnen zijn, wordt op de Brandenburg enkel bruinkool op grote diepte aangetroffen en zal dit dus niet de bron van zwavel zijn.

Tabel 3.1. Gemiddelde concentraties ($n=2$, maart en juni 2019) in het oppervlaktewater in poeltje nabij locatie 3 en in het bodemporiewater op 8 van de boorlocaties (locaties 1, 3, 6, 8, 13, 15, 18 en 20, zie figuur 2.4) op verschillende dieptes.

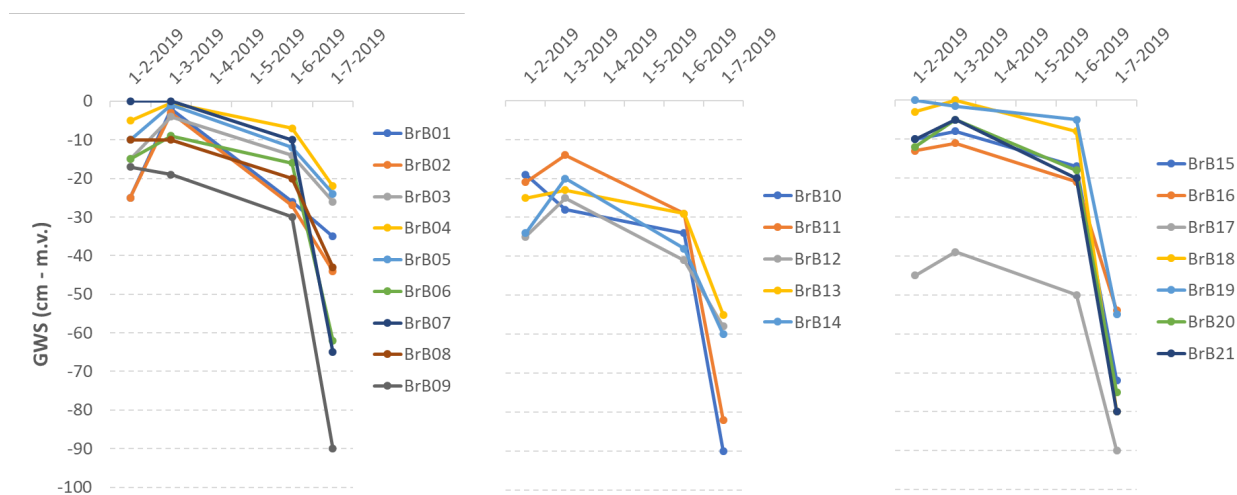
		pH	EGV $\mu\text{S/cm}$	HCO_3^-	CO_2	Al	Ca	Cl	Fe $\mu\text{mol/l}$	Mg	P	NO_3^-	NH_4^+	S	Sulfide
<i>oppervlaktewater</i>															
3		4,4	62	4	367	29	84	103	16	19	0,4	0,6	2,8	108	
<i>bodemporiewater</i>															
<i>locatie</i>	<i>diepte</i>														
1	15cm	4,2	122	25	3498	41	207	33	8	32	3,9	0,5	2,4	343	0,0
3	15cm	5,2	48	51	865	27	103	79	20	19	1,0	0,2	12,8	88	4,9
3	70cm	5,4	30	160	1523	5	48	77	4	14	0,8	0,1	11,8	19	0,4
6	50cm	4,5	73	8	624	52	90	92	50	23	0,4	0,0	18,5	164	2,1
8	50cm	4,6	108	21	1349	40	196	78	62	57	0,8	0,0	8,1	313	0,0
13	15cm	4,3	101	9	1034	70	133	151	13	29	1,2	5,2	5,0	218	0,3
13	50cm	5,1	91	41	715	52	53	128	150	19	1,7	0,5	9,6	68	0,0
15	15cm	4,4	54	8	689	45	40	99	8	9	0,4	7,2	5,2	78	0,0
15	50cm	4,6	47	20	682	46	40	90	45	7	0,5	0,0	14,2	86	0,0
15	100cm	4,8	61	66	753	29	30	71	77	8	0,8	0,2	39,6	169	12,3
18	15cm	4,1	81	4	1081	64	58	101	8	14	0,9	0,3	3,7	140	0,0
20	15cm	4,4	61	7	2578	106	49	101	61	13	0,7	0,1	6,3	92	0,1



Figuur 3.1. Foto van een van de hellingveentjes met hierin twee ceramische cups (grijze PVC buisjes) en een peilbuis van de Provincie Limburg (foto G. van Dijk)

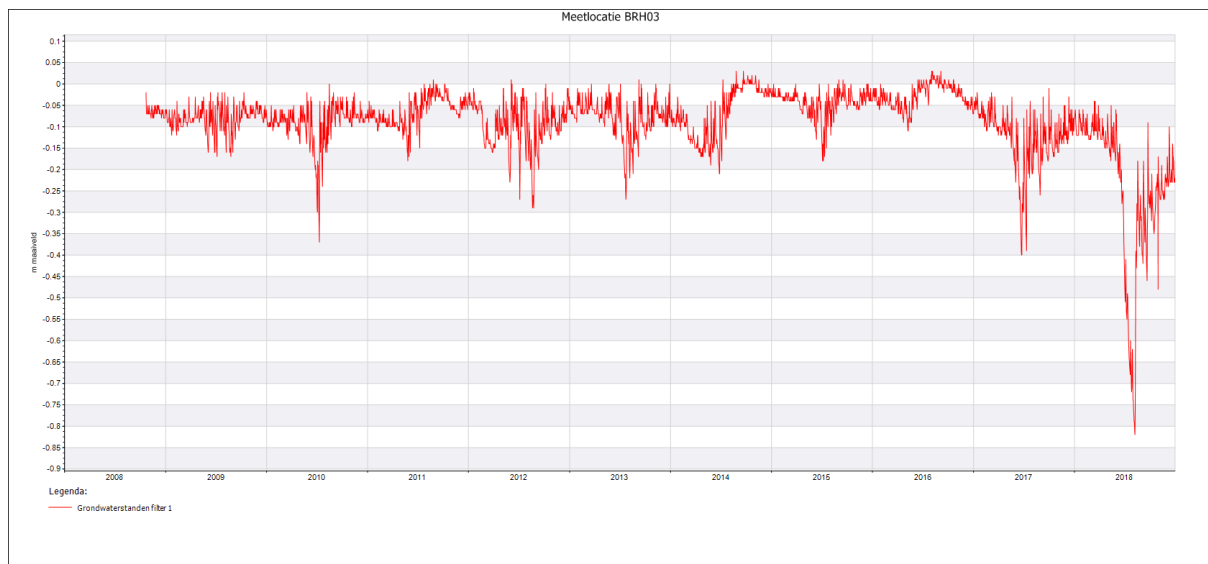
Grondwaterstanden

Binnen het huidige project is de grondwaterstand (GWS) handmatig in de boorgaten bepaald, op vier tijdstippen (5-2-2019, 20-3-2019, 11-6-2019 en 9-7-2019). Hieruit komt naar voren dat bovenin de hellingveentjes (hogerop de helling) de grondwaterstand sneller fluctueert dan stroomafwaarts (onderaan de helling). Zo blijkt de grondwaterstand bij BrB 101 t/m BrB 105 (bovenstrooms) de GWS sneller te fluctueren dan bij BrB106 t/m BrB 109 (benedenstrooms). Benedenstrooms zijn de absolute fluctuaties echter groter, stijgen de waterstanden hoger na een periode met regen (begin maart) en zakken deze ook dieper weg in een periode met droogte (begin juli). Ook bleken de grondwaterstanden in het noordelijke hellingveen t.o.v. maaiveld dieper weg te zakken tijdens de droge periode in juli. Ook de grondwaterstanden duiden erop dat het gebied gevoed wordt vanuit een lokaal systeem en hierdoor relatief snel op veranderingen van neerslagpatronen reageert. Bij lang aanhoudende droogte kan de GWS dus diep beneden maaiveld wegzakken.



Figuur 3.2. De grondwaterstand (GWS) in boorgaten in centimeters beneden maaiveld op vier tijdstippen in de periode februari – juli 2019. De locaties komen overeen met de boorlocaties in figuur 2.4 en deze zijn ook opgedeeld in de drie transecten.

Bovenaan het centrale hellingveentje op de Brandenburg is een peilbuis aanwezig van de Provincie (nabij BrB13) waar in de periode 2008-2018 de grondwaterstandgegevens van beschikbaar zijn, zie figuur 3.3. Deze laat een relatief stabiele grondwaterstand zien welke met name in droge zomers dieper weg zakt. Zo is de droge zomer van 2018 overduidelijk zichtbaar in de GWS, zie figuur 3.3 (en bijlage V). De langjarige GWS gegevens van de peilbuis duiden er dan ook op dat de grondwaterstand in de hellingveentjes normaliter iets onder maaiveld zit en in de zomer 10 á 20 cm weg kan zakken. Bij aanhoudende droogte zoals in 2018 is echter duidelijk te zien dat de aanvoer van lokaal grondwater stopt en het veen sterk uitdroogt tot bijna 1 m onder maaiveld! De gegevens van 2019 zijn ten tijden van het schrijven van deze notitie helaas nog niet beschikbaar.



Figuur 3.3. Grondwaterstand gegevens van de enige peilbuis in het gebied met een oppervlakkig filter (code: B60D3095; BRH03, ligging 198904/327050), in het centraal gelegen hellingveentje in de periode van eind 2008 tot eind 2018 op de x-as en op de y-as de grondwaterstand van 0,1 m boven maaiveld tot 0,9 m beneden maaiveld.

Juist deze twee droge zomers van 2018 én 2019 hebben er zeer waarschijnlijk toe geleidt dat de binnen het huidige project handmatig verzamelde grondwaterstanden lager zijn dan in een “normale” minder droge jaren. Dit neemt niet weg dat de begin juli 2019 waargenomen grondwaterstanden, net als de gegevens uit 2018, in de veentjes schrikbarend laag waren, -20 cm tot -60 cm beneden maaiveld. Ook alle in de veentjes aanwezige poeltjes stonden geheel droog in juli 2019. Dergelijk lage grondwaterstanden zijn zeer slecht voor de instandhouding van de veentjes, leiden tot het afsterven van doelsoorten, stimuleren de afbraak van veen en interne mobilisatie van nutriënten in het veen. Al deze processen samen versterken de al aanwezige vergrassing en verzuuring van de hoogveenvegetaties. Voor behoud en herstel van deze hellingveentjes is het dus van groot belang verdere verdroging te voorkomen en een constante stabiele aanvoer van schoon lokaal water te realiseren en wegzijging naar de omgeving te minimaliseren.

4 AANBEVELINGEN VOOR BEHEER

Voor de instandhouding en mogelijke uitbreiding van de hellingveentjes op de Brandenberg is het van groot belang dat de veentjes nagenoeg jaarrond nat (waterstand vlak onder maaiveld) blijven om hierdoor veenoxidatie, afbraak van veen en verruiging te voorkomen en de landschappelijke diversiteit te behouden (Van Duinen et al. 2009, Jansen & Grootjans (red.) 2019, Van Dijk et al. 2019b). De extreem lage grondwaterstanden in de droge zomers van 2018 en 2019 zijn extra aanleiding om maatregelen uit te voeren om de hellingveentjes jaarrond natter te houden en verdroging te voorkomen. Dit kan in principe op twee manieren worden gerealiseerd namelijk door: (1) de toevoer van schoon lokaal grondwater verhogen en/of (2) het water in de veentjes langer vasthouden.

Toestroom van grondwater verhogen

Het verzekeren van een constante toestroom van schoon grondwater is de basis van het systeem. Door de toestroom constant te houden wordt de kans op verdroging verlaagd wat tevens de kans op mineralisatie en verruiging verlaagd. Het feit dat het plateau van de Brandenberg klein is biedt zowel mogelijkheden (het is grotendeel in eigendom en beheer van Natuurmonumenten) maar biedt ook beperkingen (er is weinig oppervlak voor maatregelen). Een deel van het plateau bevat nog bos, dit is ten dele naaldbos en ten dele loofbos. Met name naaldbos vermindert de aanvoer van grondwater voor de hellingveentjes vanwege de jaarrond verdamping en interceptie van neerslag. De verschillen in evapotranspiratie en grondwateraanvulling verschillen per vegetatietype, de gegevens in de literatuur verschillen hierin, maar grofweg kan wel gesteld worden dat loofbos ca 20% meer grondwateraanvulling heeft t.o.v. naaldbos en heide vervolgens ook weer 15% meer t.o.v. loofbos (o.a. Stuyfzand 1993, De Vries 1993, Runhaar et al. 2000, Van Dijk et al. 2019a). Boskap of omvorming van naaldbos naar loofbos op het plateau zou daarom een goede maatregel zijn om een hogere toevoer van lokaal grondwater te realiseren. In figuur 4.1 zijn potentiële gebieden met bos op kaart aangegeven welke gekapt dan wel omgevormd zouden kunnen worden.

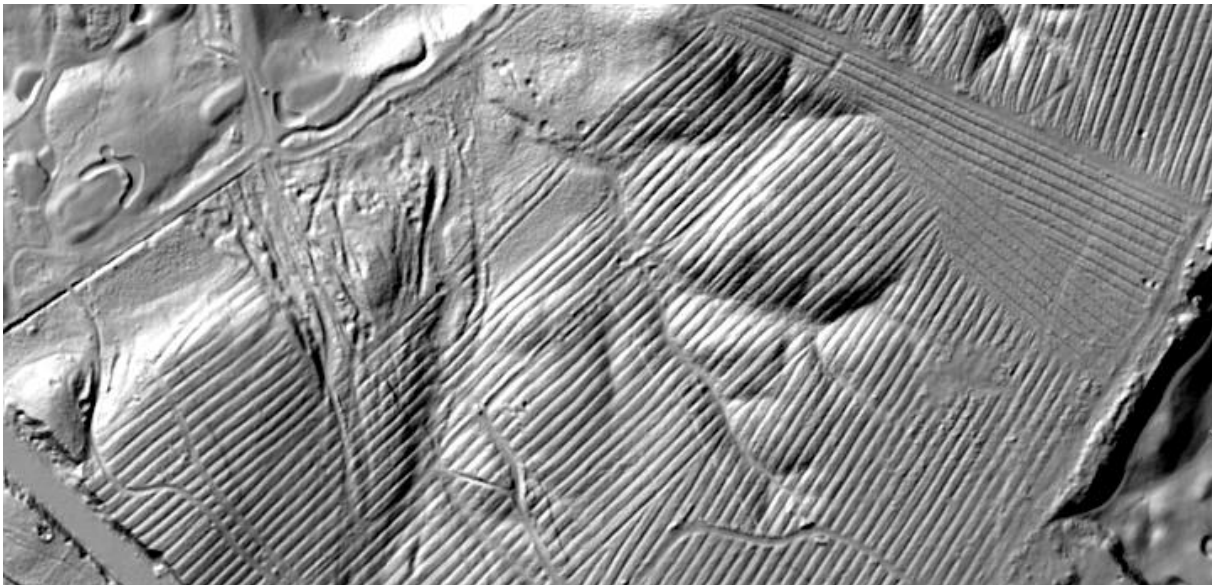
Lokaal water vasthouden/afvoer verminderen

Omdat op de Brandenberg de hellingveentjes op een relatief steile helling liggen leidt het vasthouden van water enkel op kleine schaal tot effecten. Bij maatregelen om water vast te houden kan gedacht worden aan; (1) het dichten van greppels, (2) het plaatsen van (meerdere) kleine dammen in het systeem of (3) het plaatsen van een kwelscherm (tot op de nog aanwezige kleilagen) onderaan de hellingvenen.



De Brandenberg ligt vol met greppels, zie foto hierboven, figuur 2.1 en figuur 4.1, het lijkt wel alsof er een grove kam door het gebied getrokken is. Deze greppels snijden echter niet door de onderliggende kleilaag heen, waardoor ze er niet voor zorgen dat het lokale grondwater uit het systeem verdwijnt naar het diepere regionale grondwater. De greppels zorgen er echter wel voor dat het regenwater versneld wordt afgevoerd en dat het regenwater dus korter in het systeem blijft en tot drogere condities in de hogere koppen tussen de greppels. Het dichten van greppels biedt hierom kansen om, met name onderaan de hellingveentjes in de vlakkere delen en in het intrekgebied van de hellingveentjes, water langer vast te houden en hiermee verdroging en veenoxidatie in droge periode langer te voorkomen en veenontwikkeling te bevorderen. In figuur

4.1 zijn de zones waar greppels gericht zouden kunnen worden op kaart weergegeven, met in donker gele de urgente zones, en in licht geel de minder urgente zones. Het dichtn van greppels biedt mogelijk ook kansen om lokaal op enkele plekken de droge, vergraste oude heide tussen de greppels af te schrapen. Er wordt hierbij wel aangeraden de rijke toplaag (bijvoorbeeld bovenste 10 cm) af te voeren (of ergens anders in het gebied te verwerken) en de bodem eronder kan dan gebruikt worden om de greppels te dichtn. Deze maatregelen dragen hiermee ook bij om verruiging en vergrassing tegen te gaan en zorgen tevens voor de afvoer van de in de bodem opgehoopte nutriënten (zoals stikstof vanwege de jarenlange te hoge atmosferische stikstof depositie). Deze maatregelen zouden dus ook onder de PAS maatregelen uitgevoerd kunnen worden. De hierdoor ontstane geplagde stukken bieden tevens kansen voor de ontwikkeling van nieuwe droge en natte heide en overgangen naar de hellingveentjes met actief hoogveen. In enkele greppels nabij de hellingveentjes is ook al te zien dat de greppels deels dicht gegroeid zijn met veenmossen.



Figuur 4.1. Een hoogtekkaart van het maaiveld (AHN3 Hillshade) waarop duidelijk de vele greppels in het gebied zichtbaar zijn (bron AHN.nl).

Het aanleggen van dammetjes zelf leidt wel tot nattere omstandigheden stroomopwaarts maar tegelijkertijd voor drogere condities stroomafwaarts en wordt hierom alleen aangeraden onderaan de helling. Dammetjes hoog op de helling zijn in principe ongewenst. Het meest noordelijke veentje is hier een voorbeeld van, het stroomopwaarts gelegen deel is nog goed in takt maar het stroomafwaarts gelegen deel is sterk verdroogt en het veen is hier nagenoeg verdwenen. Tevens moet voorkomen worden dat dammen leiden tot stilstaand water, hellingvenen worden gekenmerkt door doorstromend water. Gezien de steile hellingen in het gebied is het echter erg onwaarschijnlijk dat aanleg van dammen of een kwelscherm leidt tot stagnatie hogerop in het systeem.

Het aanleggen van een kwelscherm onderaan de helling zou mogelijk wel tot wat vernatting in het gebied kunnen leiden, zie figuur 4.1 voor een potentiële locatie hiervan. Het feit dat de helling vrij stijl is leidt er echter wel toe dat dit vermoedelijk met name onderaan de helling tot een effect leidt en dat het effect bovenaan verwaarloosbaar is. Maar het zijn ook de lagere delen waar de grondwaterstanden het sterkste onderuitgaan in droge zomers. Hoewel dit een vrij ingrijpende en dure maatregel is het toch de moeite waard deze mogelijkheid te verkennen. Door de zandwinning in het recente verleden is er aan de noordkant een plotseling overgang ontstaan naar een veel lager gelegen gebied, nu de golfbaan. Vermoedelijk is bij de zandwinning ook een eventueel nog aanwezige kleilaag verdwenen. Hierdoor loopt het water aan de noordrand nu als het ware weg in een afvoerputje. Een kwelscherm of dam onderaan de helling zou als het ware de hoogte van het

afvoerputje kunnen verhogen en tot vernatting onderaan het systeem kunnen leiden, wat mogelijk ook kan leiden tot een lichte opstuwing stroomopwaarts.



Figuur 4.1. Potentiële beheer- en herstelmaatregelen op kaart gezet.

5 LITERATUUR

- Bus, S., G. van Dijk, A. Smolders & N. Straathof (2015) De Kathager Beemden geohydrologisch onder de loep, *Natuurhistorisch Maandblad* 104(2): 33-38.
- De Mars, H., B. Possen, B. van Delft, E. Weeda, J. Schaminée & M. Wallis de Vries (2017) Ecohydrologie van de Zuid-Limburgse hellingmoerassen, het kalkmoeras in het bijzonder. Rapport OBN2017/OBN-HE. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen.
- Jansen, A.J.M., A.P. Grootjans (red.) (2019) Hoogvenen, landschapsecologie, behoud, beheer & herstel, Uitgeverij Noordboek, Gorredijk, Nederland
- Van der Burg, R.F., D.P.E.M. Frissen, D. Jaspers & A. Brouns (2011) Eco-hydrologisch onderzoek Schutterspark te Brunssum. Rapport. Coöperatieve Bosgroep Zuid-Nederland.
- Van Dijk, G., E.J. Weeda, C.M.S. Burger, N.G.J. Straathof & A.J.P. Smolders (2016) De Breukberg, een kleine, kwetsbare parel. *Natuurhistorisch Maandblad* 105(1): 15-22.
- Van Dijk, G., J.W. Wolters, C. Fritz, H. de Mars, G.J. van Duinen, K.F. Ettwig, N. Straathof, A.P. Grootjans, A.J.P. Smolders (2019a) Effects of Groundwater Nitrate and Sulphate Enrichment on Groundwater-Fed Mires: a Case Study, *Water, Air, & Soil Pollution* 230 (6), 122 (doi.org/10.1007/s11270-019-4156-3)
- Van Dijk, G., A.J.P. Smolders, H. de Mars, N. Straathof, C. Fritz, R. van der Burg & A. Jansen (2019b) Helling- en doorstroomvenen bij Brunssum, pag. 322-333 in: Jansen, A., A.P. Grootjans (Red.) (2019) Hoogvenen, landschapsecologie, behoud, beheer & herstel, Uitgeverij Noordboek, Gorredijk, Nederland
- Van Duinen, G.A., E. Brouwer, A.J.M. Jansen, J.M.G. Roelofs & M.G.C. Schouten (2009) Van hoogveen- en venherstel naar herstel van een 'compleet' nat zandlandschap. *De Levende Natuur* 110(3): 118-123.

Websites (geraadpleegd, augustus 2019);

www.dinoloket.nl

www.ahn.nl

www.topotijdreis.nl

www.geologievannederland.nl

BIJLAGE I: CHEMISCHE ANALYSES

Analyses

Oppervlaktewater en poriewater

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

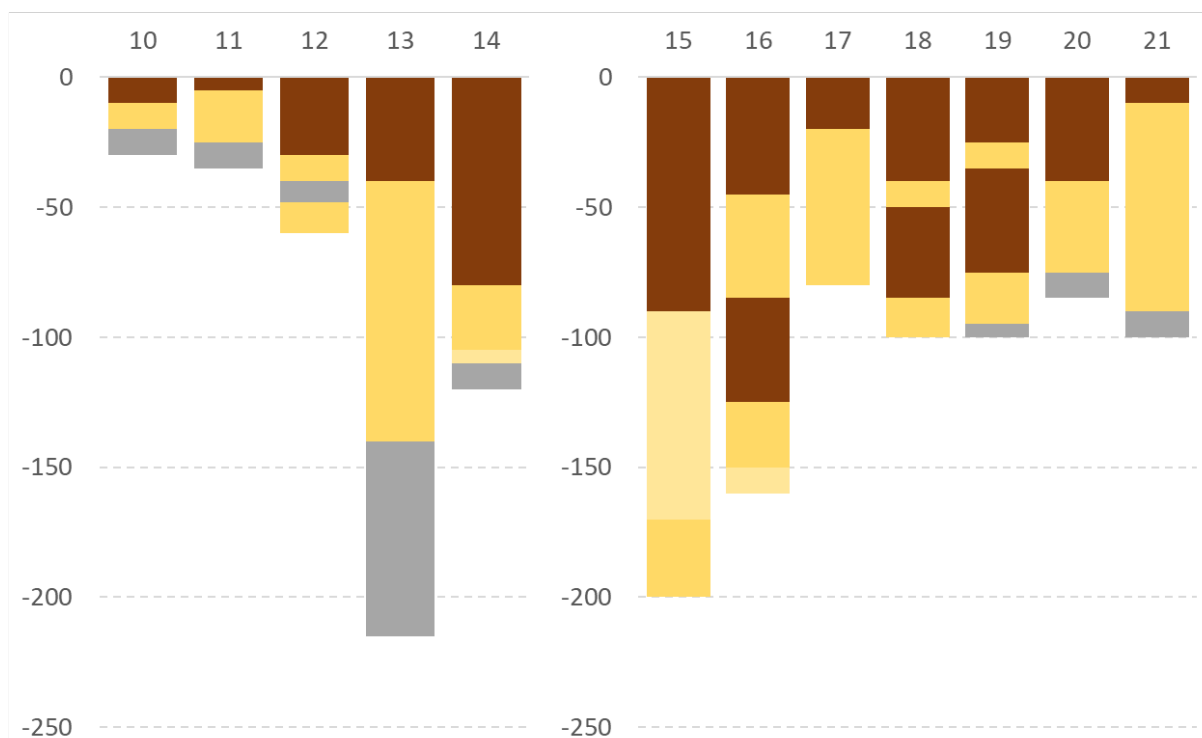
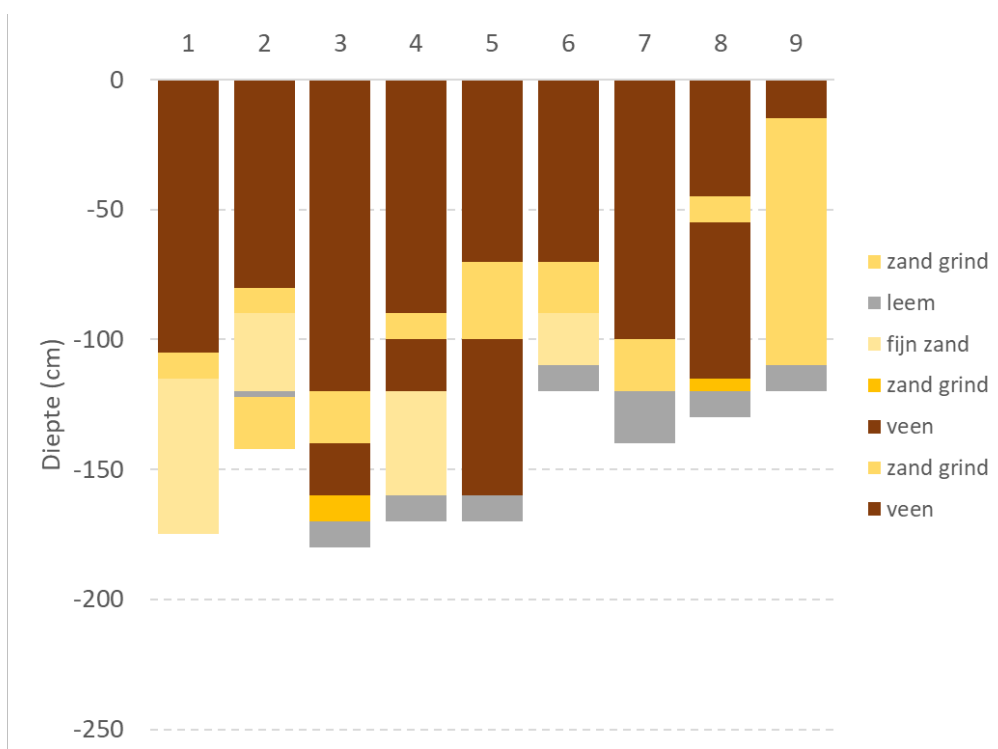
Sulfide-analyse

Het poriewater werd, direct nadat het onttrokken is uit het waterbodemmonster, gefixeerd met een 4% HCl-oplossing. De sulfide-concentratie werd gemeten met een specifieke gaschromatograaf. De uiteindelijke concentratie sulfide werd teruggerekend naar het oorspronkelijke volume van het bodemvocht.

Element- en ionanalyses (ICP en auto-analysers)

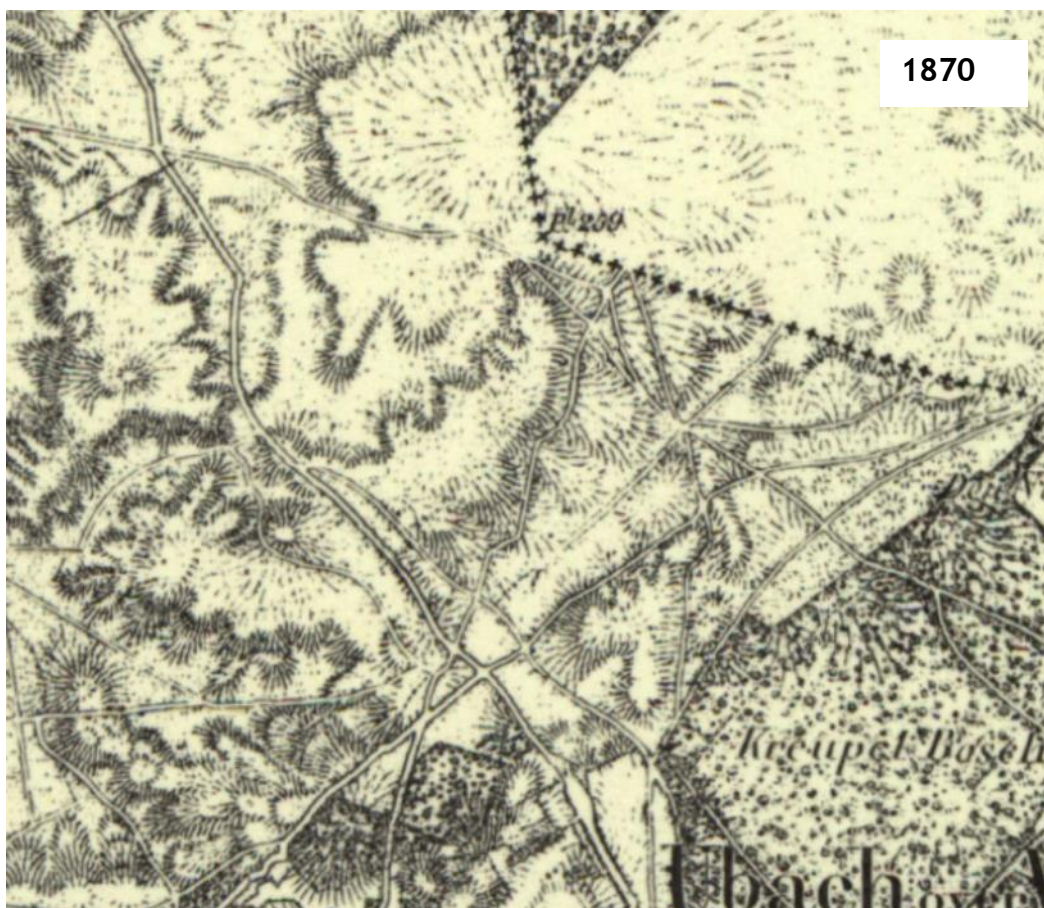
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl⁻) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

BIJLAGE II: BODEMPROFIELEN



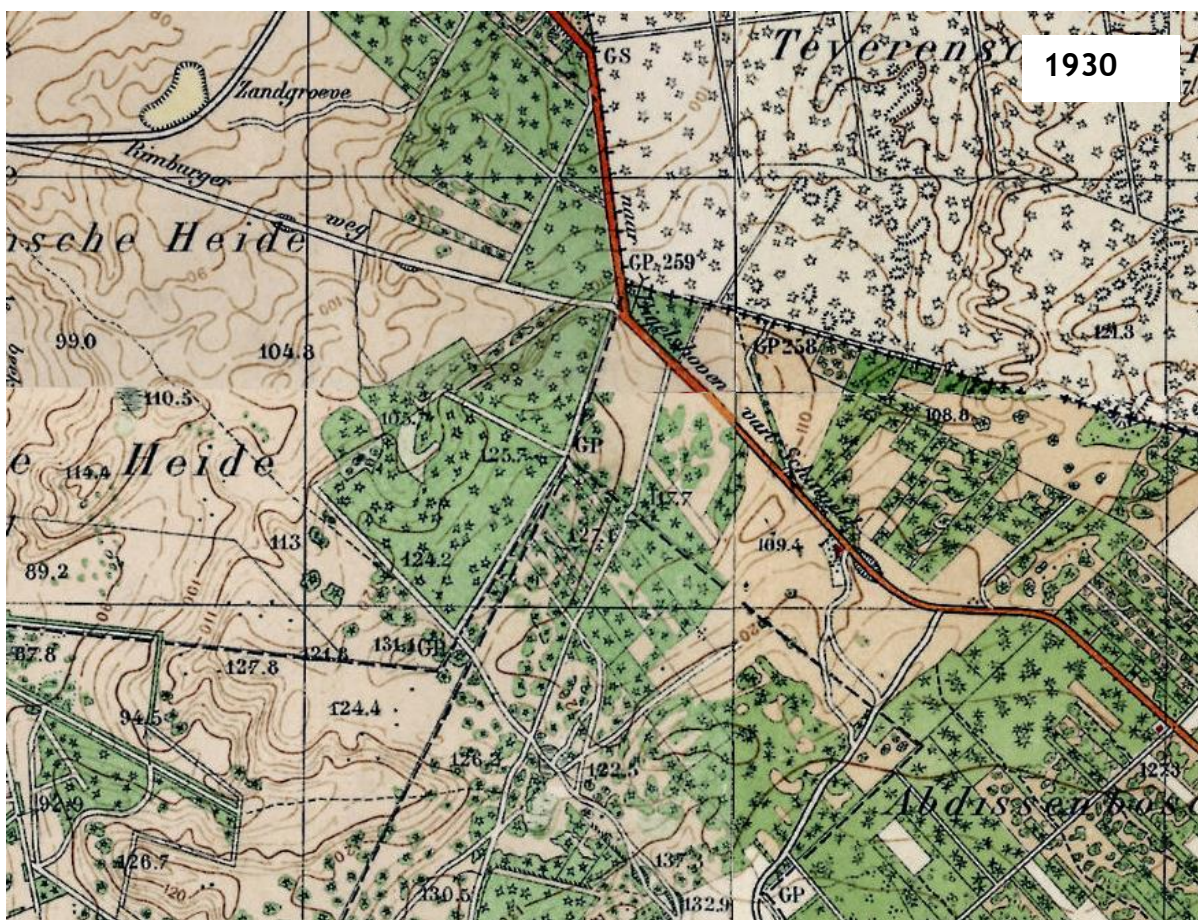
BIJLAGE III: TOPOGRAFISCHE KAARTEN

Topografische kaarten van verschillen jaren (bron www.topoteidreis.nl)

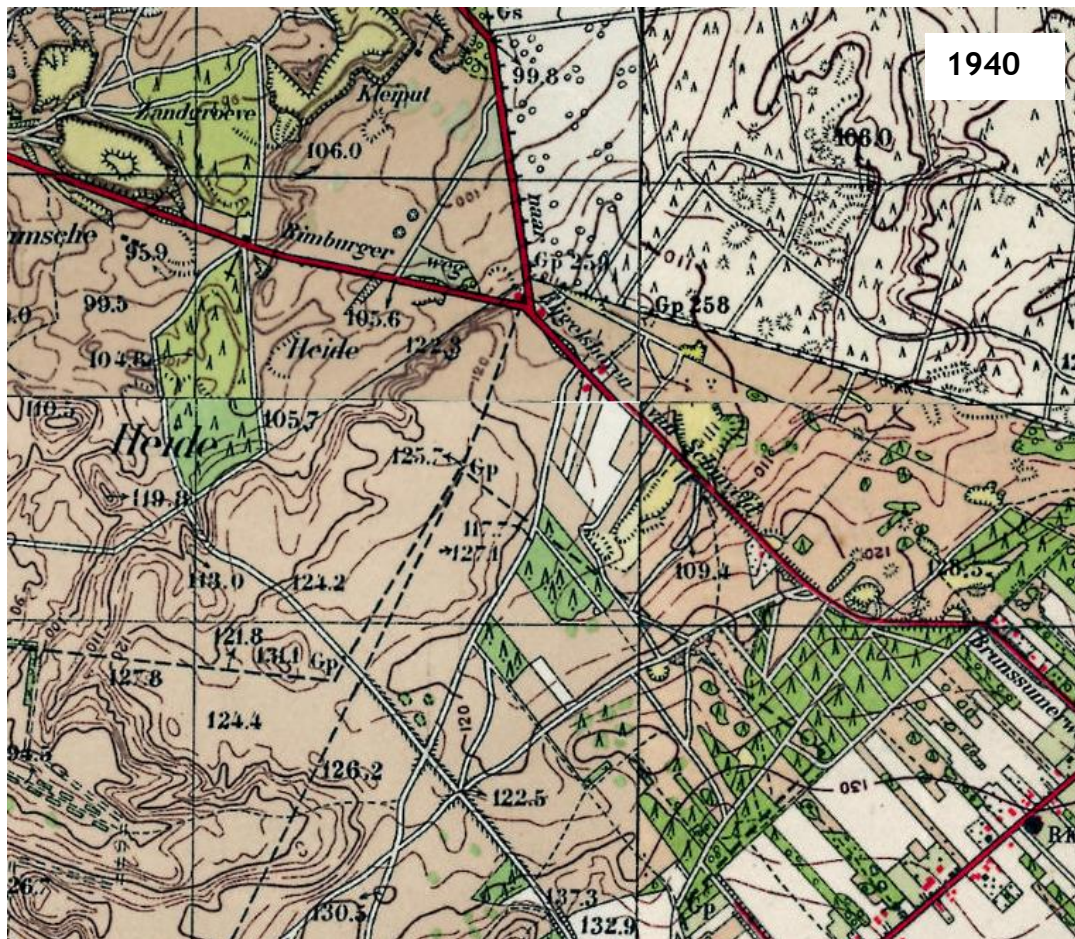




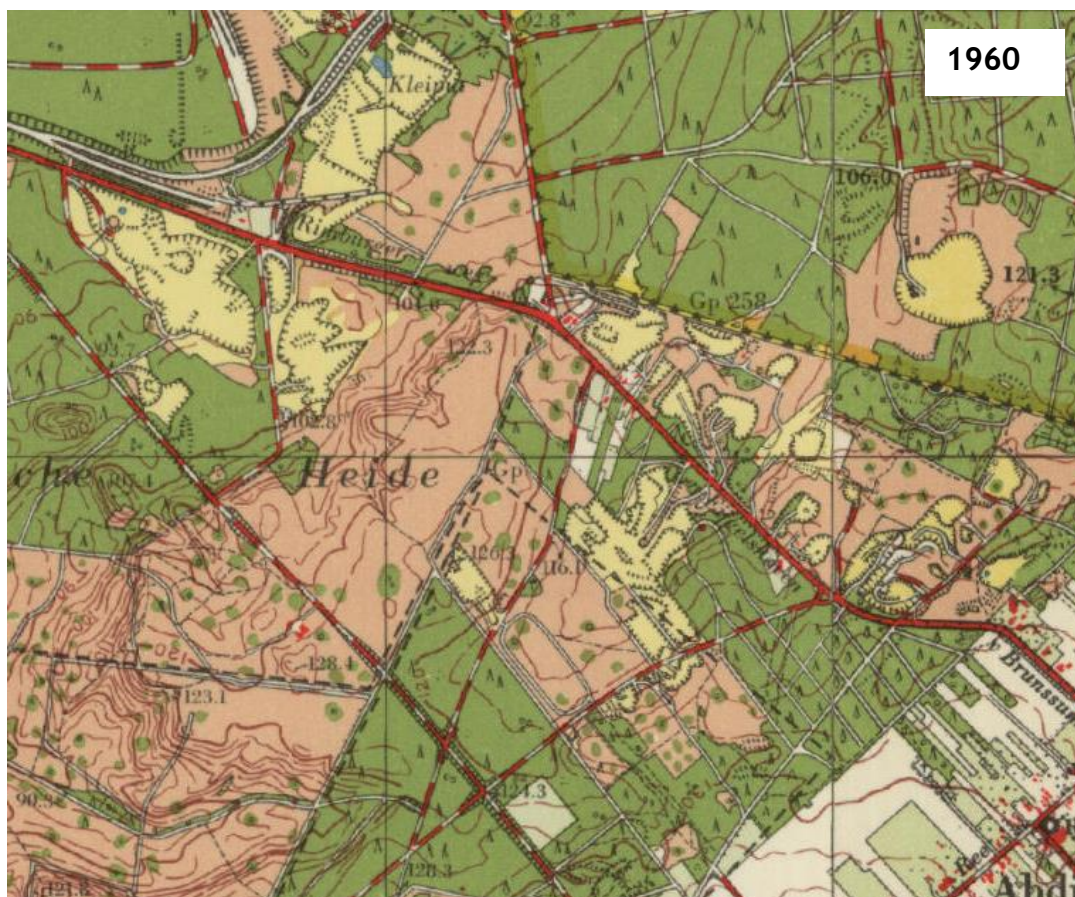
1910



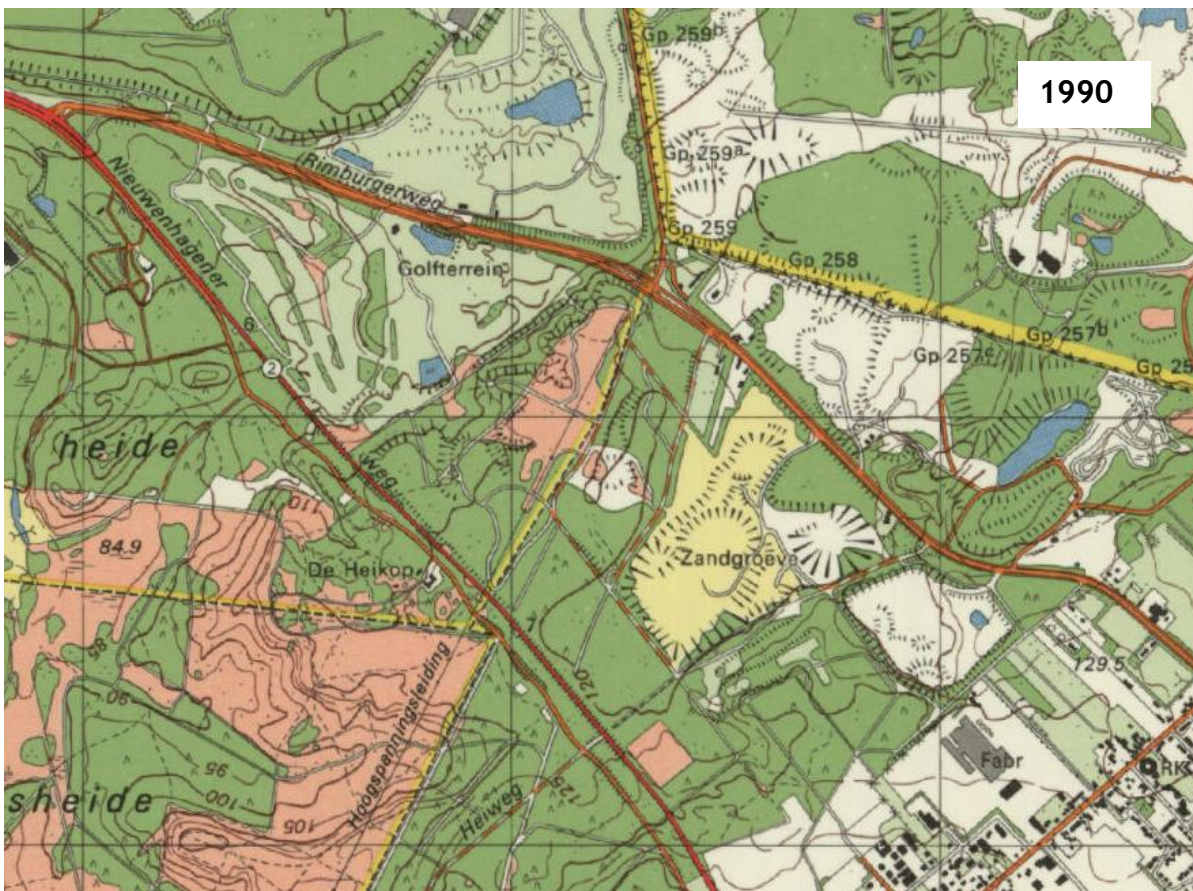
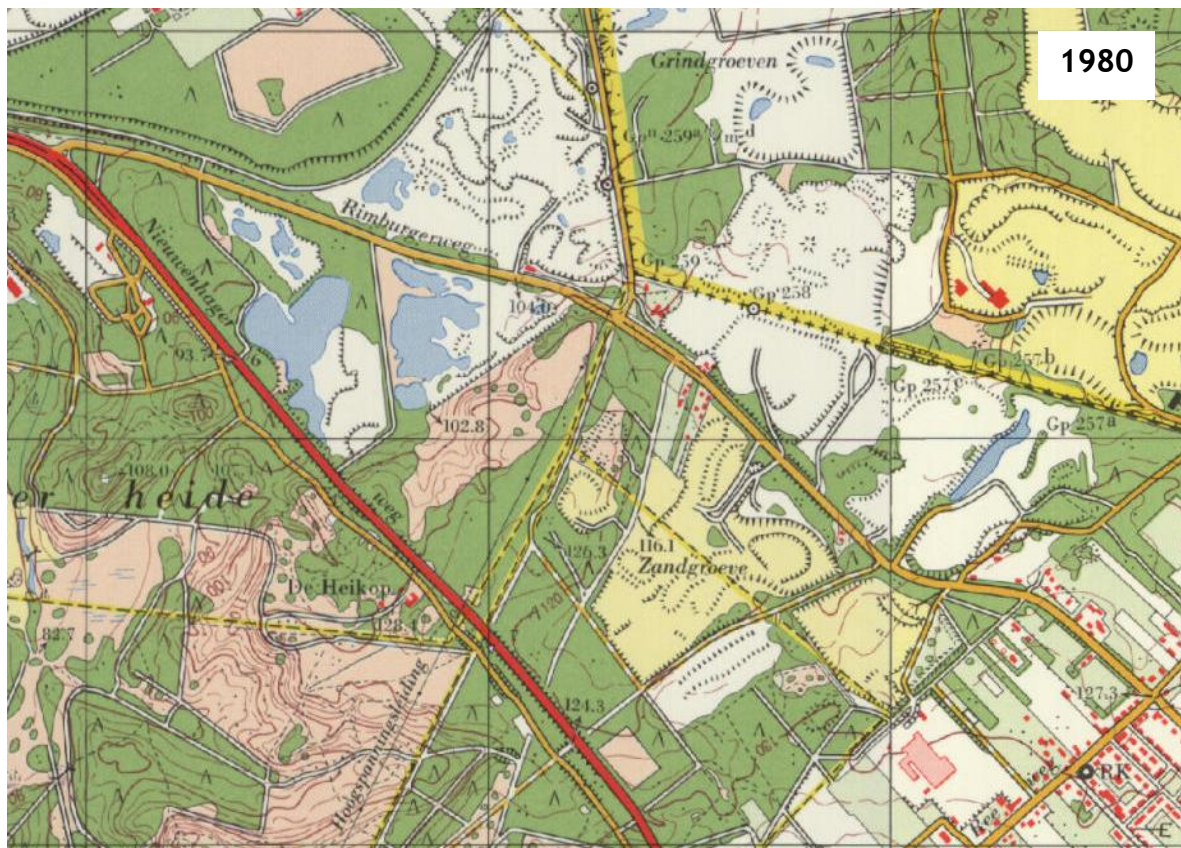
1930



1940



1960

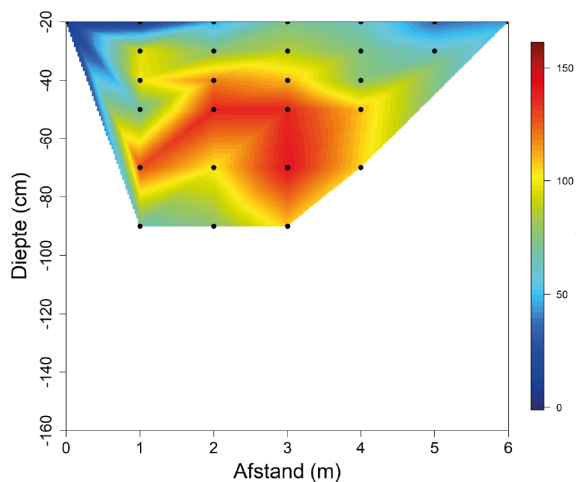




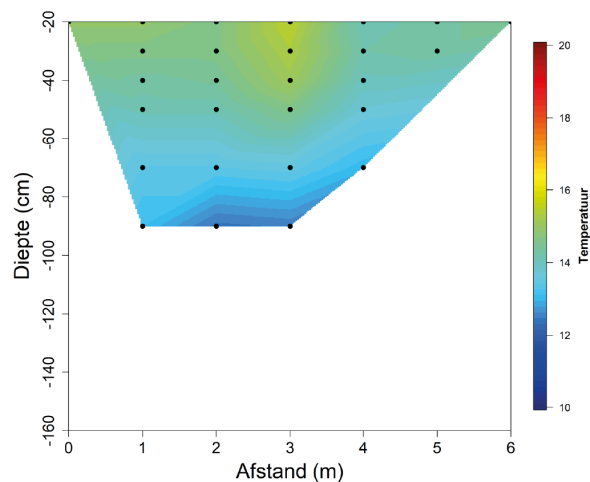
BIJLAGE IV: DIEPTE PROFIELEN

Diepte profielen langs transecten van het Elektrisch geleidend vermogen en temperatuur

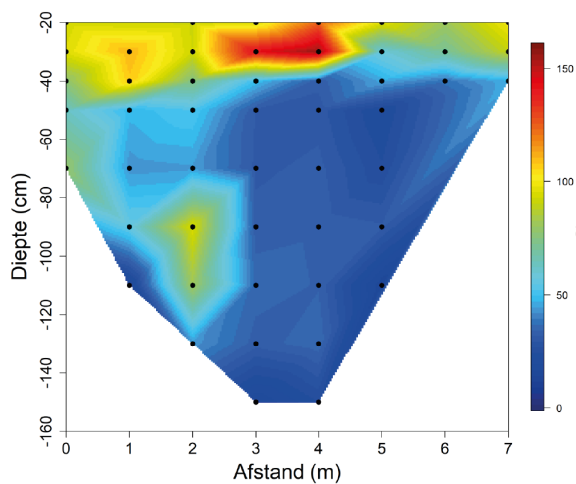
BrB 1 EGV



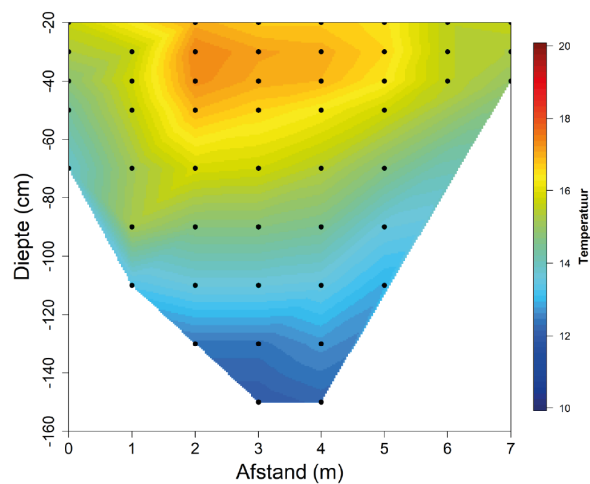
BrB 1 Temperatuur



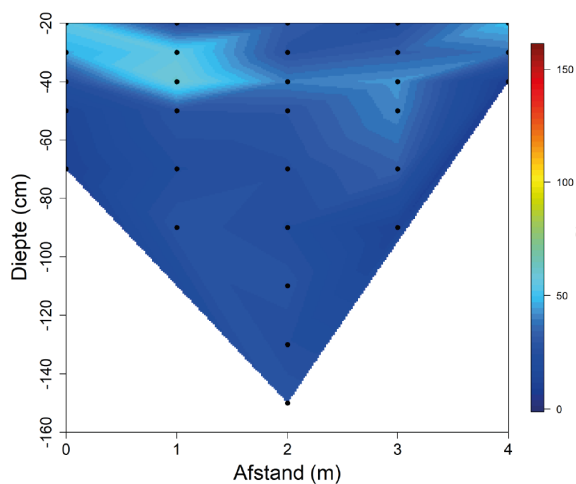
BrB 3 EGV



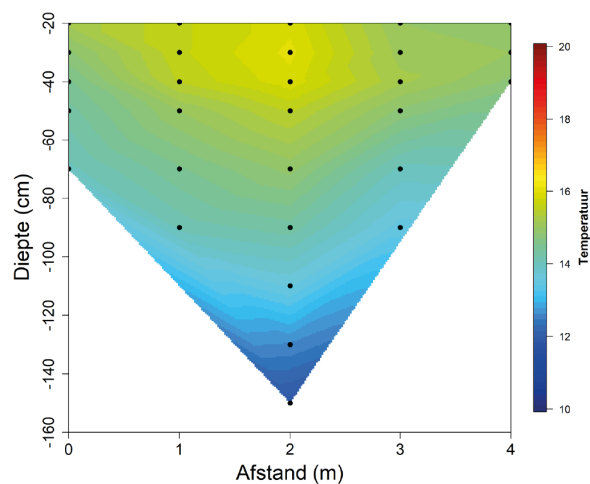
BrB 3 Temperatuur



BrB 15 EGV



BrB 15 Temperatuur

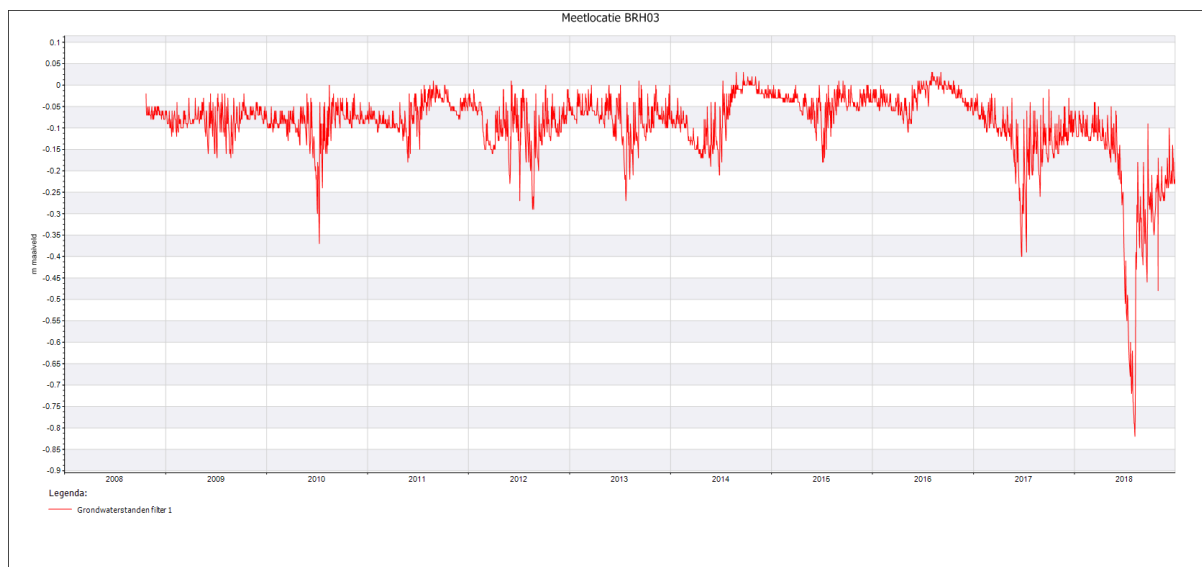


BIJLAGE V: GEGEVENS PROVINCIALE PEILBUIS BRH03

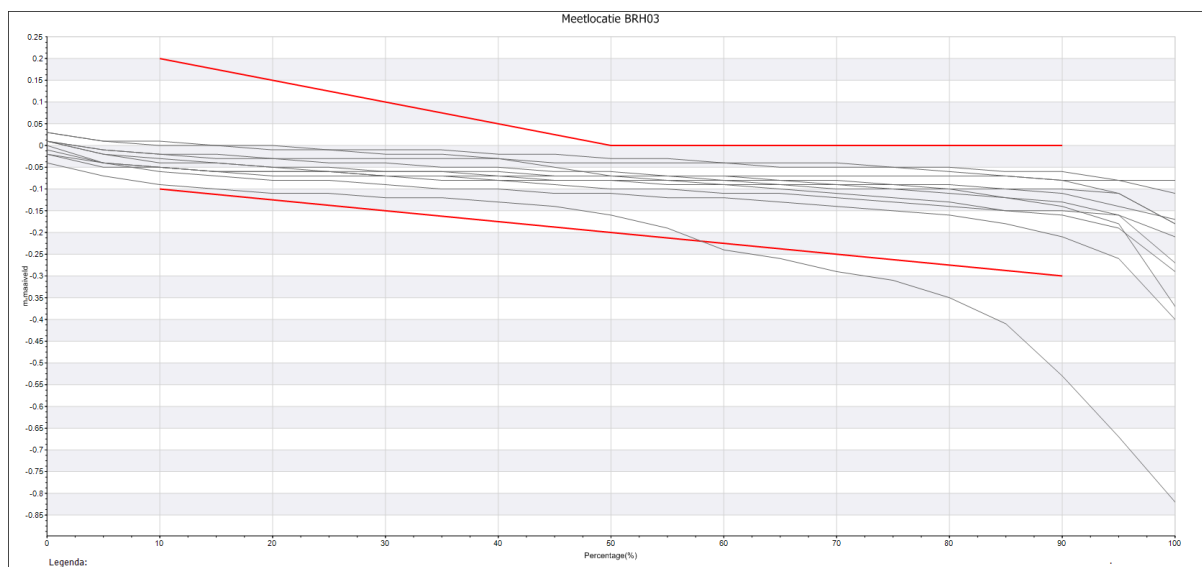
OGOR-meetpunt BRH03 (Veenmosrijke dopheide - met Beenbreek)

Grondwaterstanden

Stijghoogtelijn



Duurlijn



Waardering

Jaar	Waardering	% metingen
2008	[P] Goed (OGOR voldoet)	19
2009	Goed (OGOR voldoet)	100
2010	Goed (OGOR voldoet)	100
2011	Goed (OGOR voldoet)	100
2012	Goed (OGOR voldoet)	100
2013	Goed (OGOR voldoet)	100
2014	Goed (OGOR voldoet)	100
2015	Goed (OGOR voldoet)	100
2016	Goed (OGOR voldoet)	100
2017	Goed (OGOR voldoet)	100
2018	Matig	83

Grondwaterkwaliteit

BRH03											
Parameter	pH (veld)	HCO3	NO3	SO4	Cl	PO4-	NH4	Ca	OXV	Antrop.	Cfrm.
Dimensie		mg/l	mg NO3/l	mg/l	mg/l	mg PO4/l	mg NH4/l	mg/l	mmol/l	belasting	eis?
Belang											
Stpl.eis	4,00 - 6,05	<40	<1,0	<40	<18	<0,04		<15		N-Lb	
	4,00 - 6,05	<40	<1,0	<40	<18	<0,04		<15			
	3,75 - 6,50	40 - 61	1,0 - 2,0	40 - 45	18 - 35	0,04 -		15 - 40			
	<3,75 ,>6,50	>61	>2,0	>45	>35	>0,08		>40			
26-11-2008	5,62	< 0,50	< 0,50	22	7,1	< 0,10	< 0,02	6,7	1,6	Z	Ja
02-06-2009	4,71	< 0,50	< 0,50	20	8,3	< 0,10	0,08	5,7	1,5	Z	Ja
12-11-2009	4,60	< 0,50	< 0,50	20	11	< 0,10	< 0,02	6,0	1,5	Z	Ja
19-05-2010	4,38	0,50	0,20	25	11	0,05	0,06	5,8	1,8	Z	Ja
12-11-2010	5,21	4,4	0,10	27	9,9	0,08	0,04	7,1	2,0	Z	Ja
29-04-2011	4,28	< 5,0	< 0,89	27	11	< 0,04	< 0,10	4,0	2,0	Z	Ja
08-11-2011	5,14	< 0,50	< 0,90	21	12	< 0,04	< 0,06	6,0	1,6	Z	Ja
13-06-2012	5,12	< 0,50	< 0,22	28	13	0,03	0,06	6,2	2,1	Z	Ja
13-11-2012	4,20	< 3,0	0,35	30	11	< 0,03	0,03	5,5	2,2	Z	Ja
21-05-2013	4,65	< 3,0	< 0,22	33	11	< 0,03	0,02	6,3	2,4	Z	Ja
06-11-2013	4,13	< 3,0	0,35	30	10	< 0,03	0,09	6,0	2,2	Z	Ja
21-05-2014	5,58	< 3,0	< 0,22	34	11	< 0,03	0,08	7,9	2,5	Z	Ja
06-11-2014	4,17	< 3,0	< 0,22	28	9,5	< 0,03	0,05	7,6	2,1	Z	Ja
04-06-2015	4,61	< 3,0	< 0,22	23	11	0,06	0,12	6,6	1,7	Z	Ja
08-12-2015	4,30	< 3,0	< 0,22	26	9,4	< 0,03	0,04	6,8	1,9	Z	Ja
11-04-2016	5,11	< 3,0	< 0,22	18	11	< 0,03	0,13	4,8	1,3	Z	Ja
08-11-2016	4,06	< 3,0	< 0,22	16	11	< 0,03	0,05	3,5	1,2	Z	Ja
08-05-2017	4,18	< 3,0	< 0,22	16	15	0,03	0,13	4,1	1,2	Z	Ja
20-11-2017	4,92	< 3,0	0,42	23	11	0,03	0,05	3,9	1,7	Z	Ja
14-05-2018	4,91	< 3,0	< 0,05	20	9,8	< 0,03	0,18	3,7	1,5	Z	Ja
30-10-2018	4,65	< 3,0	0,18	34	9,8	0,03	0,15	5,1	2,5	Z	Ja
17-04-2019	4,59	< 3,0	0,09	48	9,5	0,03	0,14	9,6	3,5	M	Nee

B
ware

www.b-ware.eu