

RAPPORT

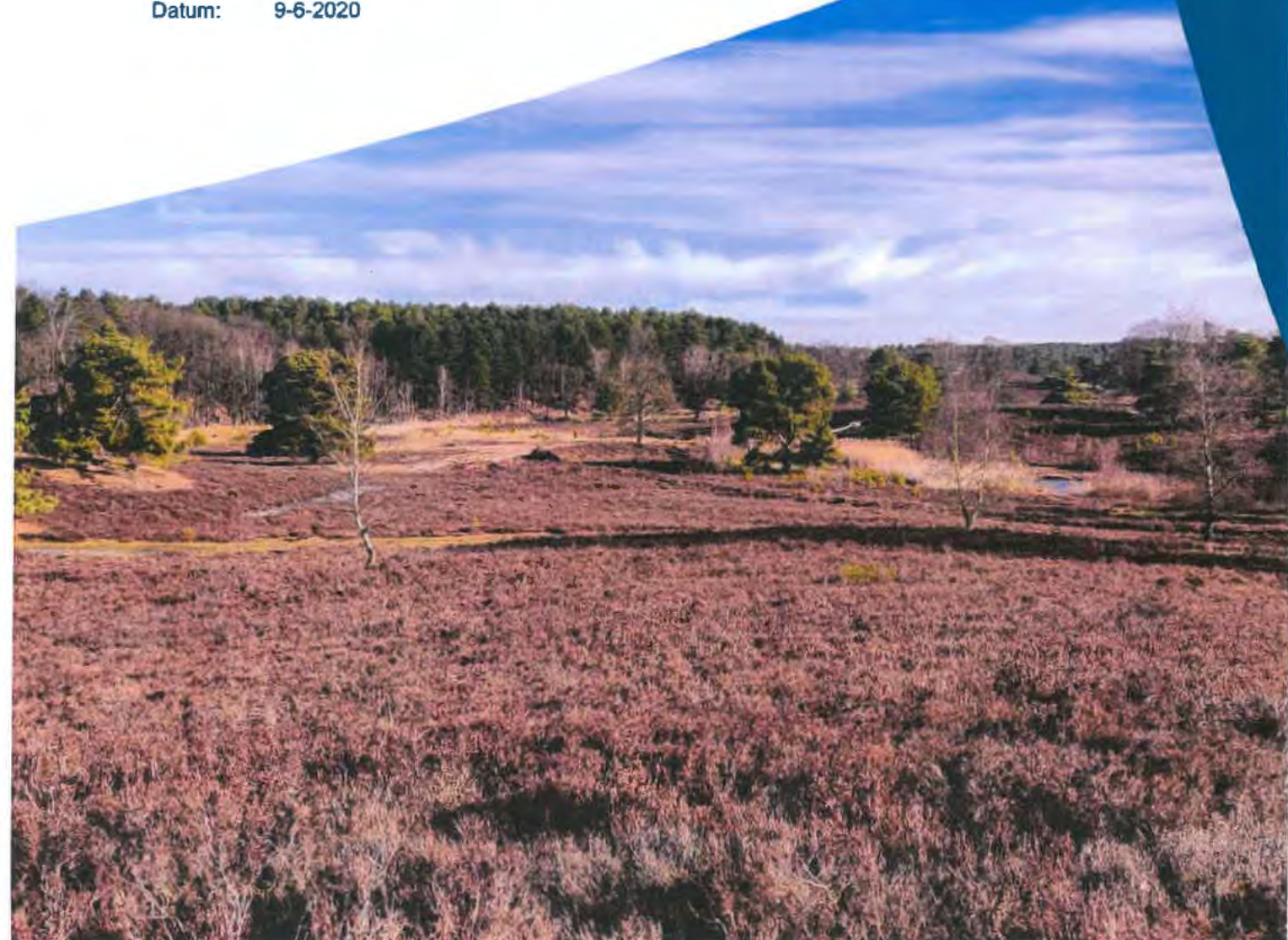
Ecohydrologisch onderzoek Schrieversheidevennen

Klant: Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in
Nederland

Referentie: BG2350WATRP2006091556

Status: Definitief/P01.01

Datum: 9-6-2020



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Amerikalaan 110
6199 AE MAASTRICHT AIRPORT
Water
Trade register number: 56515154

+31 88 348 78 48 T
info@rhdhv.com E
royalhaskoningdhv.com W

Titel document: Ecohydrologisch onderzoek Schrieversheidevennen

Ondertitel: Onderzoek Schrieversheidevennen
Referentie: BG2350WATRP2006091556
Status: P01.01/Definitief
Datum: 9-6-2020
Projectnaam: Ecohydrologisch onderzoek Schrieversheidevennen
Projectnummer: BG2350-101-100
Auteur(s):

Opgesteld door:

Gecontroleerd door:

Datum/paraaf: 7 maart 2020,

Goedgekeurd door:

Datum/paraaf: 9 juni 2020,



Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.

Vertrouwelijk



Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doel	1
1.2	Onderzoeksvragen	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Eerste kennismaking met het plangebied	3
2.1.1	Schrieversheide	3
2.1.2	De vennen	3
2.1.3	Aanwezige habitattypen	6
2.2	Beknopte systeemwerking volgens herstelplan 2001	6
2.2.1	Inleiding	6
2.2.2	Beknopte uitwerking	6
3	Nader onderzoek ecohydrologische systeemwerking (2019)	7
3.1	Opzet ecohydrologisch meetnet	7
3.2	Bodemopbouw	9
3.3	Grondwaterregime	10
3.3.1	Verloop waterregimes meetperiode 2019	10
3.3.2	Hydrologische cyclus – langjarige regime van 1980 tot heden -	15
3.3.3	Debietmetingen	15
3.4	Regionale context - Brunssummerheide model	16
4	Water- en waterbodempkwaliteit	20
4.1	Veldmetingen	20
4.2	Grond- en Oppervlaktewaterkwaliteit	21
4.2.1	Waterkwaliteit 2019	22
4.2.2	Waterkwaliteitsontwikkeling in de afgelopen 25 jaar	24
4.3	Bodemkwaliteit vennen	25
4.3.1	Inleiding	25
4.3.2	Vergelijking van waterbodemp met referentie gegevens: consequenties voor beheer	27
5	Synthese	29
5.1	Integratie	29
5.2	Beantwoording onderzoeksvragen	30
5.3	Herstelmaatregelen	35
	Referenties	39

Bijlagen

- Bijlage 1 Schets van de Delfstofwinningen vanaf 1900
- Bijlage 2 Boorprofielen
- Bijlage 3 Analysetechnieken Grond- en Oppervlaktewater en Waterbodemchemie
- Bijlage 4a Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit
- Bijlage 4b Zware metalen in grond- en oppervlaktewater
- Bijlage 5 Waterbodemchemie

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In het Schrieversheidevennen-complex op de Brunssummerheide is de afgelopen jaren een eutrofiering waargenomen die mogelijk samenhangt met verdroging van dit systeem. Het is niet goed bekend hoe dit vennen complex ecohydrologisch functioneert. Zowel de kwantiteit als actuele kwaliteit van de verschillende kwelstromen en de (water)bodemkwaliteit zijn onvoldoende bekend om een goede analyse te kunnen maken van de effectiviteit van verschillende mogelijke herstelmaatregelen en welke habitattypen daarmee in stand gehouden kunnen worden. Natuurmonumenten heeft Royal HaskoningDHV en Onderzoeks-centrum B-WARE gevraagd een onderzoek uit te voeren waarmee meer duidelijkheid wordt verkregen over wat de oorzaken zijn van bovengenoemde knelpunten.

Gezien de verschillende, deels samenhangende vragen was het daarom noodzakelijk om het ecohydrologisch functioneren van de Schrieversheidevennen nader onder de loep te nemen, ondersteund door een doelgerichte meetcampagne op zowel landschapsschaal als op standplaatsniveau. Aan de hand daarvan kan worden bekeken hoe de problemen het beste kunnen worden aangepakt en duurzaam kunnen worden opgelost. De nadruk ligt hierbij op effectieve en efficiënte, betaalbare maatregelen, ook met oog voor eventuele (hydrologische) uitstralingseffecten naar de omgeving.

Het doel van voorliggende rapportage is het voorzien in een ecohydrologische systeembeschrijving van het Schrieversheidevennen-complex en het voorstellen van maatregelen om knelpunten aan te pakken.

Relatie met het Regionale modelonderzoek

Parallel aan dit onderzoek liep vanuit de Provincie Limburg een regionale modelstudie voor het N2000 gebied Brunssummerheide, waarvan de Schrieversheidevennen deel uitmaken. De tijdens het onderhavige ecohydrologische onderzoek verzamelde boorgegevens zijn direct benut bij optimalisatie van dit Brunssummerheide-model (Kerckhoffs & Swierstra, 2019) en hebben o.a. geleid tot een verbeterde begrenzing van het voorkomen van de bruinkoollaag in de modelschematisatie.

Daarnaast zijn de meetgegevens die tijdens de eerste fasen van het veldonderzoek zijn verzameld (debiet, waterregimes, beddinghoogten) benut voor de modelvalidatie in dit deel van het regionale modelgebied. Verder zijn de gegevens en inzichten uit deze studie gebruikt bij het formuleren van maatregelpakketten, meer in het bijzonder die bij de Koffiepoel. Een deel van de uitkomsten vanuit die modelstudie zijn op hun beurt weer ingepast in deze studie.

1.2 Onderzoeksvragen

Met oog op duurzaam behoud en ontwikkeling van de aangewezen habitattypen is door Natuurmonumenten verzocht onderzoek uit te voeren naar de oorzaken zijn van de gedurende de afgelopen jaren waargenomen verdroging en eutrofiering van het Schrieversheidevennen-complex op de Brunssummerheide. Om hier meer inzicht in te verkrijgen is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

Hoe kunnen we "spelen" met de verschillende waterstromen in en rond de Schrieversheidevennen zodat die (weer) optimaal zijn in te zetten ten gunste van de habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen' ter plaatse en welke maatregelen zijn daar dan eventueel voor noodzakelijk?

Als deelvragen zijn gesteld

1. Hoe lopen de verschillende kwelstromen en hoe verhouden deze zich met elkaar (Hoe is de verhouding tussen het regionale versus het lokale grondwatersysteem?). Deze vraag wordt beantwoord in een ander PAS-onderzoek gecoördineerd door de provincie: Hydrologisch herstel diepere grondwater. De resultaten van dit onderzoek dienen te worden gebruikt bij het opstellen van herstelmaatregelen.

2. Wat is de huidige kwaliteit van de verschillende kwelstromen?
3. Hoe verloopt de seizoensafhankelijke grondwaterstand voor de locaties habitattypen vochtige heide en pioniersvegetaties en welke kwaliteit heeft dit water?
4. Hoe groot is het negatieve effect van de afvalberg op de waterkwaliteit voor de habitattypen?
5. Voldoet de huidige grondwaterstand en waterkwaliteit om de habitattypen in stand te houden?
6. Zijn de Schrieversheidevennen en de omliggende habitattypen onderhevig aan verdroging?
7. Heeft de onderbemaling van de wijk van Brunssum of de vergroting van de (zwem)vijver van recreatiepark Brunssum in 2006 invloed op het waterpeil van de venen?
8. Welke herstelmaatregelen zijn te nemen om eventuele knelpunten van verbasing, eutrofiering en verdroging op te lossen?
9. Wat is de kans rijkdom van deze herstelmaatregelen, of dient er een andere habitatype in stand te worden gehouden?
10. Heeft herstel van het infiltratiesysteem met inbrengen van dakwater Bezoekerscentrum nog enig nut. Wat is de verhouding dakwater ten opzichte van de kwelintensiteit?
11. Hoe kunnen we de grondwaterstand verhogen indien dit noodzakelijk is?
12. Uit monitoring blijkt dat sinds het Zijven aan het noordelijke ven is gekoppeld, de waterkwaliteit van het Zijven is veranderd. Kunnen de verschillende venen en specifiek het Zijven hydrologisch geïsoleerd worden?
13. Draagt het overmatig recreatiefgebruik van de venen en omgeving bij aan de verslechtering van de habitattypen?
14. Draagt eventueel baggeren van de venen bij aan achteruitgang van de habitattypen? Draagt het laten verlanden van de venen bij aan de verbetering van de habitattypen?
15. Draagt het verwijderen van het dijklichaam/de hoogtes rond om de venen bij aan verbetering van de habitattypen?

In aanvulling op de vragen van Natuurmonumenten zijn bij de analyse ook nog de volgende twee vragen meegenomen, te weten;

16. Heeft de toename verhard oppervlak in het bungalowpark gevolgen gehad voor de grondwateraanvulling nabij het Zijven-Onderste ven.
17. Gaat er een hydrologische invloed uit van de Koffiepoel op het waterstanden in deze onderste venen. (Uit de Koffiepoel stroomt vaak kwelwater af en staat daarbij meters lager dan de venen en de zwemvijver op het park).

1.3 Leeswijzer

Om bovengenoemde vragen te kunnen beantwoorden wordt in hoofdstuk 2 wordt het gebied kort geïntroduceerd waarbij ook kort wordt ingegaan op de ontwikkeling in en rond de venen. Tevens wordt de werking van het Schrieversheidevennen-complex beknopt beschreven aan de hand van bestaande kennis. In hoofdstuk 3 in gegaan op het ecohydrologisch onderzoek, de opzet van het meetnet en de daaruit verkregen gegevens met betrekking tot waterregime en het grondwaterstromingspatronen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 wordt ingezoomd op de grond en oppervlaktewaterkwaliteit en waterbodempkwaliteit. In hoofdstuk 3 en 4 wordt de systeemwerking stapsgewijs verder uitgediept en ingevuld. In hoofdstuk 5 wordt een beknopte synthese van het voorafgaande gegeven en worden de onderzoeksvragen beantwoord. Tevens worden hier herstelmaatregelen voorgesteld ten gunste van de ecohydrologische situatie van het systeem.

2 Eerste kennismaking met het plangebied

2.1.1 Schrieversheide

Schrieversheidevennen betreft een drietal vennen even ten noorden van het bezoekerscentrum op de Schrieversheide, dat deel uit maakt van het Natura 2000-gebied Brunssummerheide (600 ha). Het is niet alleen het meest geaccidenteerde heidegebied van Nederland maar tevens het hoogstgelegen heideterrein (80-110 m +NAP), dat toch ongekend rijk is aan droog-nat gradiënten. Het gebied dankt haar waarde aan een samenhangend complex voedselarme vennen en zure bron- en beekmilieus, en zelfs lokale hoogveenvorming met overgangen naar nog altijd opvallend goed ontwikkelde heidevegetaties (de Mars et al. 1998; Van Dijk et al., 2019). Zo komt in de heide rond de Schrieversheidevennen bijvoorbeeld de kritische Liggende vleugeltjesbloem (*Polygala serpyllifolia*) nog vrij talrijk voor, een soort die elders in Nederland vrijwel verdwenen is uit de heidevegetaties.

De oppervlakte en de onderlinge samenhang waarin de verschillende ecotopen hier nog naast elkaar voorkomen, zijn in het hedendaagse Nederlandse landschap, maar ook daarbuiten in de Euregio, zeer zeldzaam geworden. Ze zijn uiterst kwetsbaar gebleken voor nivellerende invloeden van buitenaf zoals eutrofiëring, verdroging en verzuring. De Schrieversheide neemt ecologisch gezien door haar geografisch zuidelijke en relatief hoge ligging bovendien een bijzondere positie in. Het ligt namelijk in de overgangszone van de Atlantische heide in Noordwest-Europa naar de submontane heidegemeenschappen van Midden-Europa, zoals die van de Ardense hoogvlakten (Hautes Fagnes). Een reden te meer om op de Schrieversheide aan venherstel te werken. Geologisch gezien gaat het om een zandgebied van Miocene ouderdom (5,3 -23 miljoen jaar oud). De Miocene zanden (zilversand) zijn door hun ouderdom en miljoenen jaren verwerking uiterst voedsel- en mineraalarm, hetgeen het 'schrale' karakter van dit natuurgebied verklaart. Plaatselijk komen in de ondiepe ondergrond ook wel slecht doorlatende leem- en bruinkoollagen voor. Het heidelandschap wordt doorsneden door enkele diep ingesneden, ten dele drassige erosiedalen waarvan het dal van de Roode beek, die in dit heidegebied haar oorsprong heeft, het meest bekend is. De Schrieversheidevennen liggen even ten westen daarvan in een soortgelijk dal, aan de voet van de opvallend grazige, groene heuvel bij het Bezoekerscentrum van Natuurmonumenten. Dit is een grote, oude vuilstort, ca 50 jaar geleden afgedekt met een dunne (gebiedsvreemde) lösslaag. De vuilstort ligt op de plaats van een oude zandgroeve in de toenmalige kop van het erosiedal, die tot omstreeks 1960 nog werd geëxploiteerd.

In de periode 1950-1974 diende de Brunssummerheide nog als militair oefenterrein waarbij zowel zware voertuigen (tanks) als grondoefeningen (schuttersputten) plaatsvonden (Van der Mast, 1983). Nadien werd door het toenmalige Recreatieschap, de toenemende recreatiedruk in goede banen geleid en werd het terreinbeheer opgepakt waarbij al vroeg ook weer een schaapskudde werd ingezet om enkele decennia van achterstallig beheer en verwaarlozing terug te dringen (Van der Mast, 1983). In 1980 wordt bovenop de vuilstort het bezoekerscentrum en de sterrenwacht gebouwd.

2.1.2 De vennen

Bij de Schrieversheidevennen gaat het om drie vennen in een noordwaarts aflopend erosiedal, te weten het Bovenste en Onderste Schrieversheideven en het Zijven. Het hoogstgelegen Bovenste ven gaat via een lange, smalle slenk (stroet) min of meer over in het Onderste ven, dat middels een 2002 opnieuw uitgegraven greppel in contact staat met het iets ten westen daarvan gelegen Zijven. Het erosiedal ligt in een relatief open, overwegend droog, heideterrein maar loopt bij het Onderste ven abrupt dood tegen een steil oprijzende beboste wal. Aan de voet daarvan ligt een druk gebruikt fietspad.

Het erosiedal met de vennen snijdt zich zo diep in het landschap in, dat beneden in het dal het grondwater wordt aangesneden. Afgezien van de vennen wijzen ook de 10 - 75 cm dikke veenlagen erop dat hier permanent natte condities heersen. Er treedt doorgaans geen oppervlakkige afvoer op, zoals bij de Roode beek. Dit is niet alleen het gevolg van de kleinere omvang van dit grondwatersysteem maar ook het gevolg van enkele lage drempels in het dal en niet te vergeten de beboste wal bij het fietspad. Achter

deze drempels wordt het water opgestuwd en dat heeft (mede) geleid tot het ontstaan van de Schrieversheidevennen (IWACO, 2001). Ook in de tussenliggende slenk staat om die reden water. Het oppervlaktewaterpeil van het hoogstgelegen ven, het Bovenste Schrieversheideven, staat als gevolg van de aanwezige gradiënt in het grondwaterniveau dan ook circa 1,5 à 2 m hoger dan het 400 m verder, maar lager liggende Onderste Schrieversheideven en het er naast gelegen Zijven, een concrete aanwijzing dat hier wel degelijk sprake moet zijn van een zekere mate van doorstroming.



Figuur 2-1 Toponiemenkaart van de Schrieversheide en naaste omgeving.

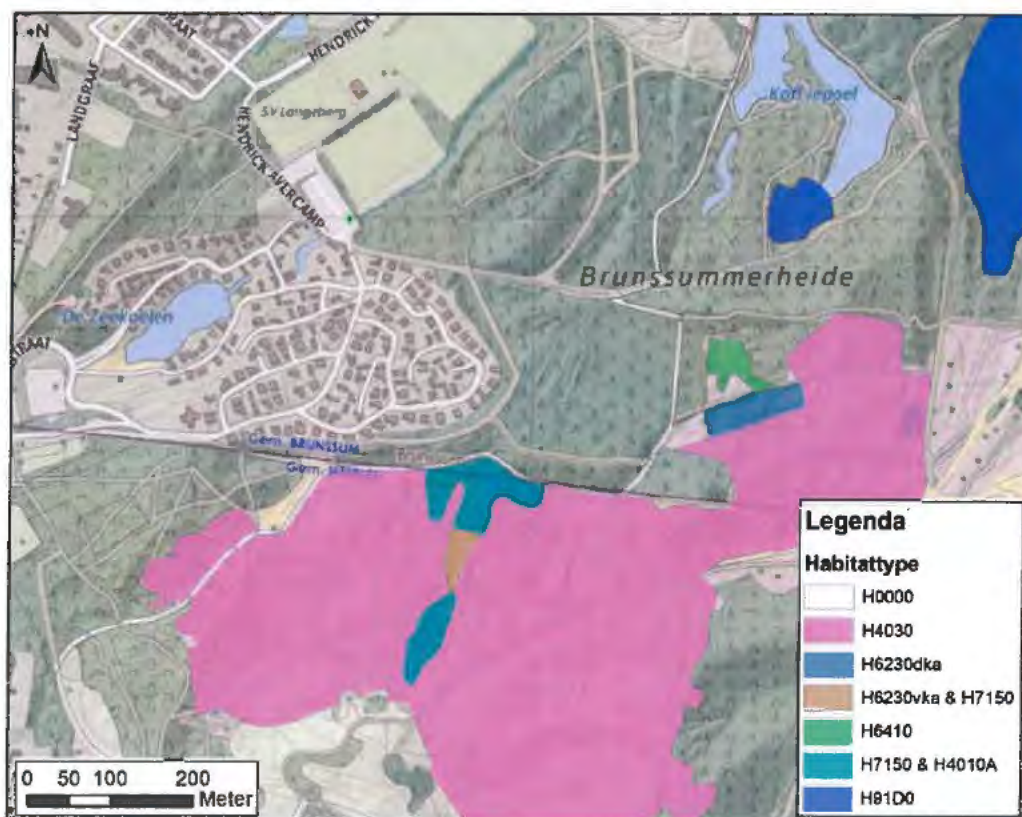
Een blik op oude topografische kaarten van omstreeks 1840 en 1883 laat nog zien dat het dal zich ooit gewoon voortzette via de plaats waar nu de Koffiepoel ligt om daarna uit te monden in het dal van de Roode beek. De nu beboste zandwal die nu de noordrand van het Onderste ven bepaalt ontstond pas omstreeks 1950 door het in het moerassige erosiedal storten van deklaagmateriaal dat vrijkwam bij zilverzand- en bruinkoolwinningen in de naaste omgeving (Bijlage 1). Verder blijkt dat de vennen op de oude kaarten nog ontbreken maar dat het hele dal wel als moerassig terrein staat aangegeven.

Broeder Arnoud (1967) schets die toestand op de Schrieversheide tijdens zijn (eerste) bezoek in 1915, nog voordat delfstofwinning hier op grote schaal huishield. "Ik zag toen een grote watervlakte in de laagte bij de Schrievershei naar het oosten reikend, die geheel omzoomd was met moeras". Het is de impressie van het systeem door een ooggetuige van hetgeen ook op de Waterstaatskaart van 1891 te zien is (Figuur 3.3, zie ook Bijlage 1).

Een tweede bezoek volgt dertig jaar later; "Toen ik in 1947 terugkwam vond ik een totaal gewijzigde streek. Achter het tegenwoordige zwembad Zeekoelen lagen nu naar het oosten diepe bruinkoolputten,

terwijl delen van de hei veranderd waren in stuifduinen. Richting de Heksenberg, naar de stortplaats van Heerlen, gaf nog wat venachtig gebied". Dat laatste verwijst naar de laagte waarin nu de Schrieversheide vennen liggen. Een derde bezoek vindt plaats in of kort na 1965. "Ook de bruinkoolputten zijn successievelijk verdwenen door opvulling met afval van de mijnen; de leemkuilen ondergingen hetzelfde lot. Het venachtige gebied richting de Heksenberg wordt vervuld door resten olie en benzine van de vuilnishoop" (Broeder Arnoud, 1967) Vooral dit laatste is veelzeggend voor de toenmalige toestand van deze drassige slenk, maar er lagen toen blijkbaar nog geen vennen. Het Bovenste en Onderste ven ontbreken in 1969 daarom nog op de topografische kaart maar "verschijnen" op de eerstvolgende kaarteditie in 1979. Het Zijven verschijnt zelfs pas op de topografische kaart van 1999. Dat betekent dat ze als vennen van betrekkelijk recente datum zijn. Van der Mast (1983) noemt enkel de aanwezigheid van venige heide maar vermeldt nergens de aanwezige vennen, die er toen dus wel lagen. Hieruit valt op te maken dat deze vennen toen niet echt de moeite waard waren, hetgeen gezien de eerdere mededeling van Broeder Arnoud niet verwonderlijk is. Een oude vegetatiekaart uit 1981 (gepubliceerd in Hemmen, 1994) lijkt dat beeld ook te bevestigen en dat kaartbeeld werd in 1994 ook nog voldoende actueel gevonden. Op die vegetatiekaart wordt het Bovenste ven aangemerkt als behorend tot de eutrofe Associatie van Grote lisdodde, omzoomd door een smalle zone met tredvegetaties van het Zilver schoonverbond. Het hele Onderste ven wordt ook tot dat verbond gerekend en dat doet vermoeden dat dit 'ven' in die periode niet permanent watervoerend was. In 2002 is het aanwezige slib in de vennen verwijderd en werd de naaste omgeving ervan ontdaan van bosopslag.

Zowel de toestand van de vennen in 2000 als anno 2019 laten een veel gedifferentieerder beeld zien, met zowel in de Slenk als in - en rond het Onderste ven en het Zijven belangwekkende natte heide en ven(oever)vegetaties. Zelfs het Bovenste ven biedt plaats aan een breed palet aan interessante plantensoorten. Daarnaast zijn er ook wel verstoringsindicaties zoals de aanwezige clusters met dicht riet en/of lisdodden in twee grootste vennen.



Figuur 2-2 Overzicht van de aangewezen habitattypen binnen het onderzoeksgebied.

2.1.3 Aanwezige habitattypen

Zoals beschreven in de onderzoeksvragen, richt dit ecohydrologische onderzoek zich met name op de habitattypen Vochtige heide (hogere zandgronden; H4010A) en Pioniervegaties met snavelbiezen (H7150) die in samenhang voorkomen in de Schrieversheidevennen. Het omliggende gebied wordt daarbij ook in beschouwing genomen, met daarin ook verschillende habitattypen (Figuur 2.2). Zo wordt de slenk tussen het Bovenste ven en het Onderste ven aangeduid als een combinatie van Heischrale graslanden H6230vka (vochtig en kalkarm) en H7150. Daarnaast zijn daar ook interessante pluimzegge-vegetaties aanwezig. De omliggende heide is vlakdekkend aangewezen als Droge heiden (H4030). Er is ook een stuk aangewezen als Blauwgraslanden (H6410) in het perceel waar voor dit onderzoek meetpunt SHV08 is geplaatst (zie Figuur 3.1). In één van de zuidelijke uitlopers van de Koffiepoel en oostelijker, in het Aardverschuivingsgebied, zijn delen aangewezen als Hoogveenbossen (H91D0).

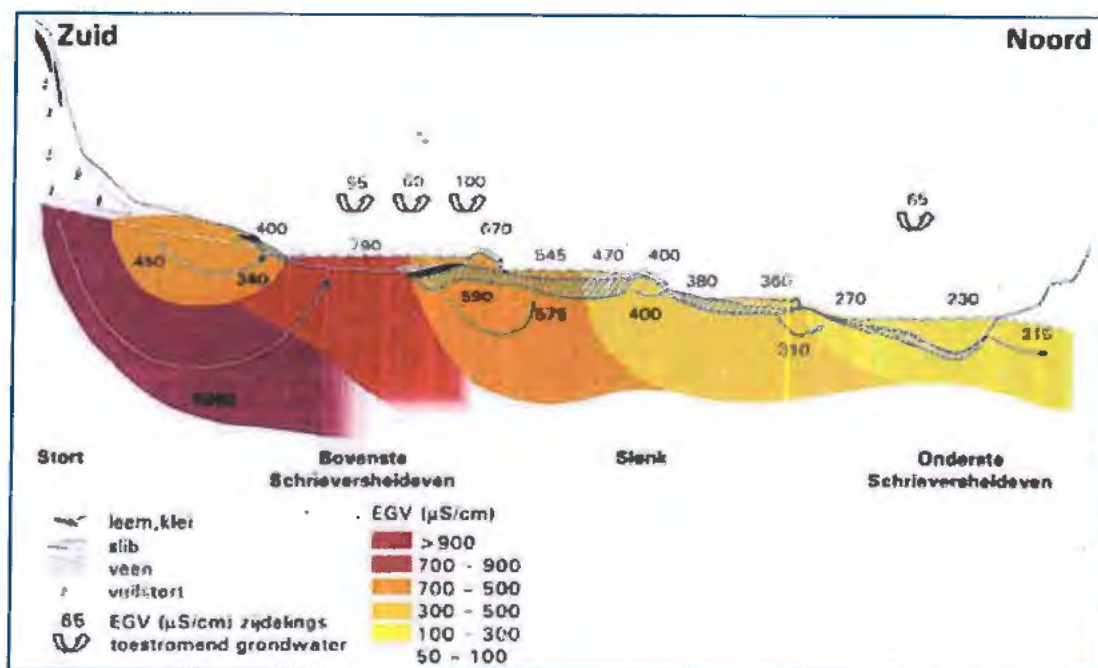
2.2 Beknopte systeemwerking volgens herstelplan 2001

2.2.1 Inleiding

In 2001 is door IWACO een herstelplan voor de Schrieversheidevennen opgesteld (IWACO 2001). Hierin is een systeemanalyse op voornamelijk kwalitatieve grondslag gepresenteerd voor dit venen-complex. De toenmalige inzichten in de werking van het systeem worden hieronder beknopt beschreven aan de hand van dit herstelplan en een bijbehorend artikel uit het Natuurhistorisch Maandblad (de Mars et al. 2002). De inzichten die destijds zijn verkregen blijken vandaag de dag namelijk nog grotendeels relevant. De huidige studie (2019) geeft op een aantal onderdelen nieuwe inzichten, op basis waarvan een nadere detaillering van het systeem heeft plaats kunnen vinden.

2.2.2 Beknopte uitwerking

Dankzij de aanzienlijke kwaliteitsverschillen die destijds binnen het systeem werden aangetroffen, kon het ecohydrologisch functioneren van de Schrieversheidevennen in 2001 vrij eenvoudig inzichtelijk worden gemaakt. Waterhuishoudkundig gezien bleek al snel dat het geen drie op zichzelf staande venen waren maar dat was sprake van één samenhangend systeem (Figuur 2.3). De venen zijn in feite aansnijdingen van de grondwaterspiegel. De aanwezige kwelverschijnselen en de uitgevoerde EGV-metingen wezen daarbij op het bestaan van een soort "cascade" via het grondwater, waardoor een permanente doorstroming in het systeem optreedt. Het oppervlaktewater infiltreert bovenstrooms van enige drempels in het terrein om vervolgens, enkele meters verderop, weer op te wellen in het lager liggende ven of laagte. Er is hier sprake van een uniek kwelstelsel, kenmerkend voor de prille bovenloop van beken in een voedselarm zandlandschap. Hiervan zijn in Nederland amper nog voorbeelden voorhanden. Het enige andere voorbeeld in Limburg is te vinden op de Meinweg (Zandbergslenk). Het opmerkelijke aan het Schrieversheidesysteem bleek echter dat de waterkwaliteitsgradiënt, in tegenstelling tot wat men gewoonlijk aantreft, omgekeerd verloopt en zich snel voltrekt; namelijk van hooggelegen, basenrijk naar laaggelegen, basenarm (Zijven). Ze stonden daarmee veraf van het zwak gebufferde karakter dat men normaliter in dit type venen aantreft. Het Bovenste ven kenmerkte zich in 2001 door een licht basisch, opvallend sterk gebufferd en mineraalrijk karakter (EGV: 750-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Zeer hoge kalium- en stikstofconcentraties wezen bovendien op een voedselrijk milieu. In het grondwater lagen de concentraties daar van tijd tot tijd zelfs nog vele malen hoger (IWACO, 2001). De oorsprong van dit mineraalrijke watertype ligt in de vuilstort (uitspoeling).



Figuur 2-3 Schematisch weergave van het doorstroomsysteem dat de Schrieversheidevennen vormen zoals beschreven in het herstelplan (IWACO 2001; De Mars et al. 2002).

In de direct stroomafwaarts van het Bovenste ven gelegen Slenk bleken grond- en oppervlaktewater aanvankelijk een overeenkomstig karakter te bezitten, al lagen de concentraties daar al wat lager. Ze namen in de richting van het Onderste ven steeds verder af (Figuur 2.3). In het toen nog geïsoleerd liggende Zijven werden toen de meest mineraalarme (EGV: 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en meest zure (verzuurde) condities aangetroffen.

De verklaring voor dit patroon werd gezocht in een andere stromingscomponent: verdunning door zijdelings toestromend lokaal grondwater. Feitelijk niets anders dan mineraalarm (EGV: 40-70 $\mu\text{S}/\text{cm}$), zeer recent geïnfiltreerd regenwater, dat vanuit de aangrenzende heide op de dalflanken naar het ven toestroomt. Het was daarmee een relevante factor in dit opmerkelijke stromingssysteem.

3 Nader onderzoek ecohydrologische systeemwerking (2019)

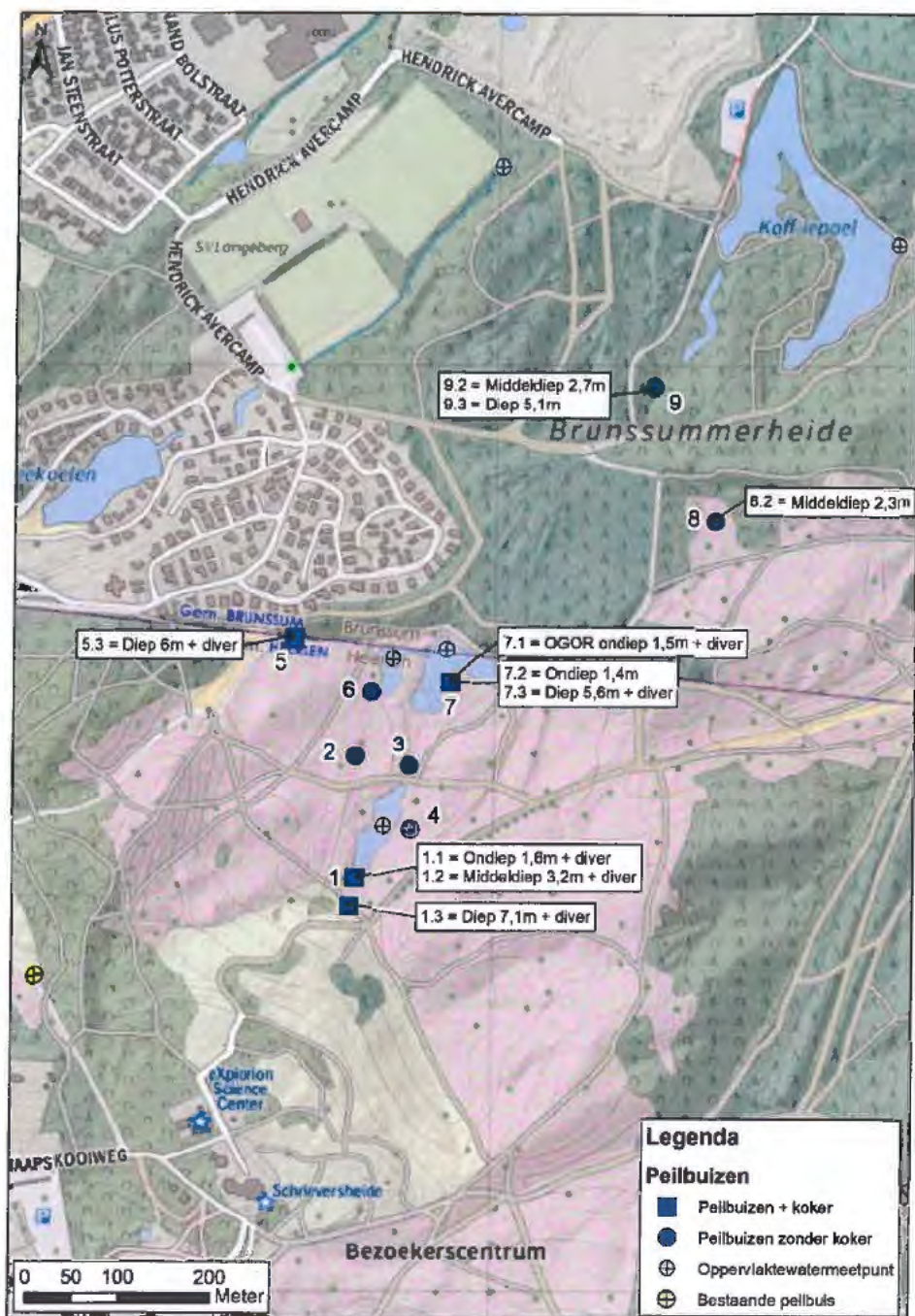
Om de werking van dit systeem nog beter te kunnen begrijpen en de diverse onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is eind 2018 een meetnet ingericht als onderdeel van dit ecohydrologisch onderzoek. In deze paragraaf worden opzet en resultaten van dit meetnet uiteengezet en worden de nieuwe inzichten als aanvulling op de al bekende systeemwerking toegelicht.

3.1 Opzet ecohydrologisch meetnet

Begin december 2018 is in overleg met Natuurmonumenten in - en nabij het Schrieversheidevennen-complex een ecohydrologische meetnet ingericht, bestaande uit negen grondwatermeetpunten en vijf oppervlaktewatermeetpunten (zie Figuur 3.1).

Op de grondwatermeetpunten zijn een of meerdere peilbuizen geplaatst met peilfilters op verschillende diepte ten opzichte van maaiveld. Op vier plaatsen is gebruik gemaakt van diepe peilfilters tot 5 - 7 m diepte onder maaiveld (meetpunten 1, 5, 7, 9), bedoelt om het middeldiepe grondwatersysteem te monitoren. Ter plaatse, maar ook op tussenliggende meetpunten, zijn meerdere, ondiepere peilfilters

geplaatst (filterstelling gewoonlijk op 1.2 à 1.5 m onder maaiveld) voor de monitoring van het oppervlakkige systeem. In totaal omvat het grondwatermeetnet daarmee 14 peilbuizen. SHV01.3, een bestaande diepe peilbuis en SHV09.2, een bestaande middeldiepe peilbuis, die niet actief gemonitord werden, zijn voor dit onderzoek opnieuw in gebruik genomen. Van deze meetpunten waren helaas geen historische data beschikbaar.



Figuur 3-1 Opzet van het ecohydrologisch meetnet Schrieversheidevennen. (Diepte buis is onderkant filter t.o.v. maaiveld)

SHV7.1, een ondiep peilfilter, betreft eveneens een bestaand meetpunt dat deel uitmaakt van het provinciale OGOR meetnet (= BRH04a). De metingen op dit meetpunt zijn hier begin 2017 gestart. De metingen van het huidige (tijdelijke) projectmeetnet kunnen aan de hand daarvan ook in een wat langer tijdsperspectief worden geplaatst.

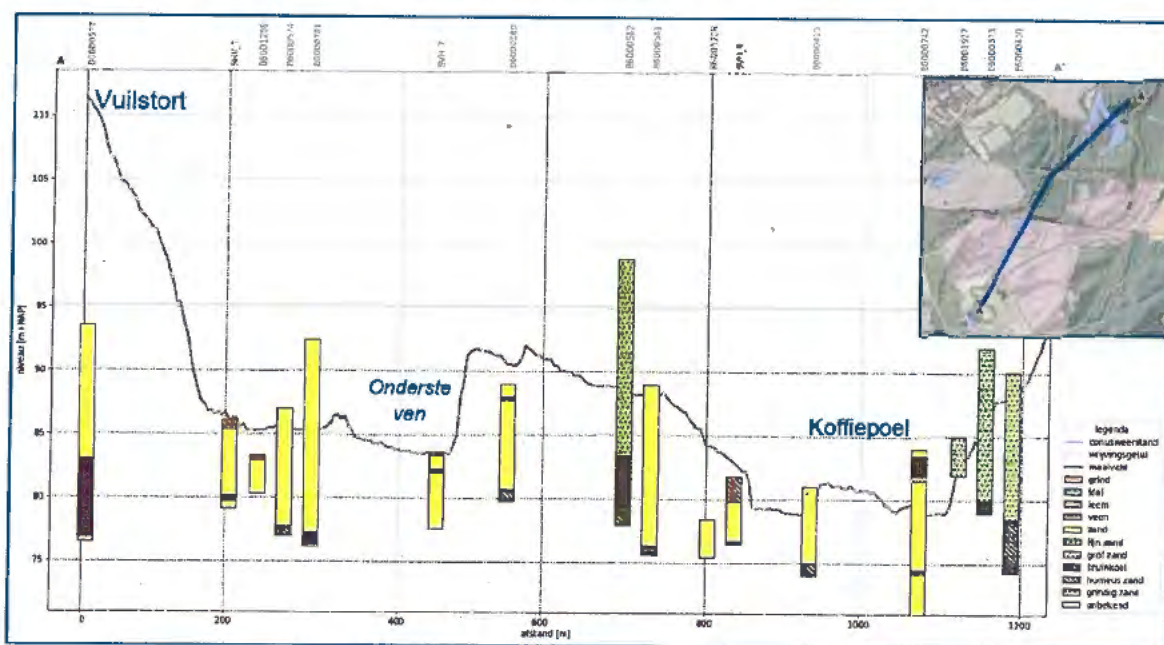
In totaal zijn naast het OGOR-meetpunt in vijf peilbuizen op vier meetpunten de stijghoogten continu geregistreerd door middel van divers (zie 'peilbuizen + diver'). Zo kon op die meetpunten zowel het waterregime van het oppervlakkige als van het diepe grondwater in onderlinge samenhang gevolgd worden.

De feitelijke monitoring startte medio december 2018 en werden begin oktober 2019 beëindigd.

Tijdens verschillende controleronden zijn ook de grondwaterstanden van alle overige meetpunten genoteerd. Daarnaast is de waterkwaliteit van grond- en oppervlaktewater middels veldmetingen (EGV, pH, bicarbonaat) gemonitord. Op 23 maart 2019 en 27 juni 2019 zijn alle oppervlaktewater- en grondoppervlakte-meetpunten / peilfilters bemonsterd en chemisch geanalyseerd. Voor een nadere toelichting op de resultaten wordt verder verwezen naar hoofdstuk 4.

3.2 Bodemopbouw

Bij het plaatsen van de peilbuizen is het profiel van de bodem opgetekend, waarmee een gedetailleerder inzicht in de bodemopbouw van het Schrieversheidevennen-complex is verkregen. In Bijlage 1 zijn de boorprofielen van de diepe peilbuizen SHV01, 05, 07 en 09 weergegeven. Deze profielen bestaan voor het grootste deel uit matig fijn zand, dat in alle profielen verspreid over het studiegebied dominant aanwezig is. In de profielen van SHV01, 07 en 09, maar ook in SHV08 (niet weergegeven) zijn dunne bruinkoollagen aangetroffen. Deze bruinkoollagen worden op verschillende dieptes aangetroffen, zoals ook te zien in (Figuur 3.2). Op enkele locaties, zoals bij SHV09, is de bruinkoollaag zelfs zo hard dat hier niet doorheen geboord kon worden. Deze bruinkoollagen op verschillende dieptes zijn van invloed op de lokale grondwaterhuishouding en op de waterkwaliteit. Dat komt doordat het grondwater over deze slecht doorlatende lagen kan afstromen en onder invloed van de bruinkool, dan biogeochemische reacties kunnen plaatsvinden die van invloed zijn op de grondwatersamenstelling (zie hoofdstuk 4.2).



Figuur 3-2 Dwarsprofiel van de bodemopbouw door het erosiedal, met de vuilstort links (A) en de Koffiepoel rechts (A'). Weergegeven boorprofielen (tov NAP) komen van eigen boringen en van DINO-loket. Boringen die boven maaiveld uitsteken zijn hoger op de dalflank gesitueerd.

Naast het aanleggen van de vuilstort hebben ook de delfstofwinningen van de vorige eeuw een grote invloed gehad op het landschap en het reliëf in het gebied (Bijlage 1). Dit is ook goed te zien aan de verhoging in het maaiveld die te zien is tussen het Onderste ven en de Koffiepoel. De laagtes waar deze wateren nu liggen waren voorheen onderling verbonden door een drassige slenk (Figuur 3.3). Uit deze kwelgevoede slenk ontstond voorheen de Koffiebeek, die destijds nog in noordelijke richting naar de Roode beek afstroomde in plaats van nu de hoge zandrug in oostelijke richting te doorsnijden. Uit de Waterstaatskaart van 1891 blijkt ook dat de locatie van de vuilstort ooit het "brongebied" van deze slenk was.

In de vennen en de tussenliggende slenk zijn dunne veenlagen aanwezig. In het Bovenste ven is het centrale deel ooit tot in de zandondergrond uitgegraven (IWACO 2001). Het Bovenste en Onderste ven zijn zeer ondiep (<0,5 m). Het Zijven is nog ondieper en ligt ook in het zand, met uitzondering van de meer venige noordrand tegen het fietspad. In drogere zomers valt het grotendeels droog.

De Koffiepoel is nadat deze ooit diep was uitgegraven weer voor een groot deel volgestort met onbruikbare Miocene al of niet grindhoudende zanden waarin lokaal ook resten bruinkool worden aangetroffen (CSO 2006). Het materiaal lijkt daarmee vergelijkbaar met het materiaal dat nu nog wordt aangetroffen op de "zandverstuiving". De Koffiepoel heeft een maximale diepte van circa 3 m (CSO, 2006).



Figuur 3-3 Uitsnede Waterstaatskaart (1891)

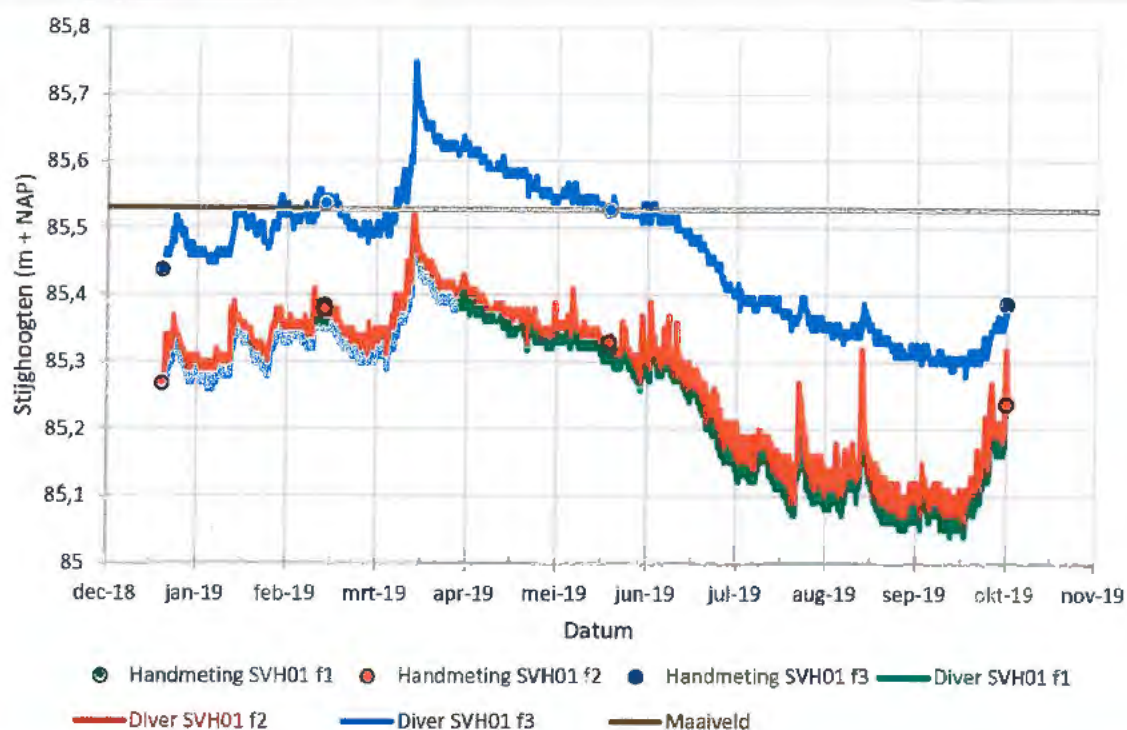
3.3 Grondwaterregime

3.3.1 Verloop waterregimes meetperiode 2019

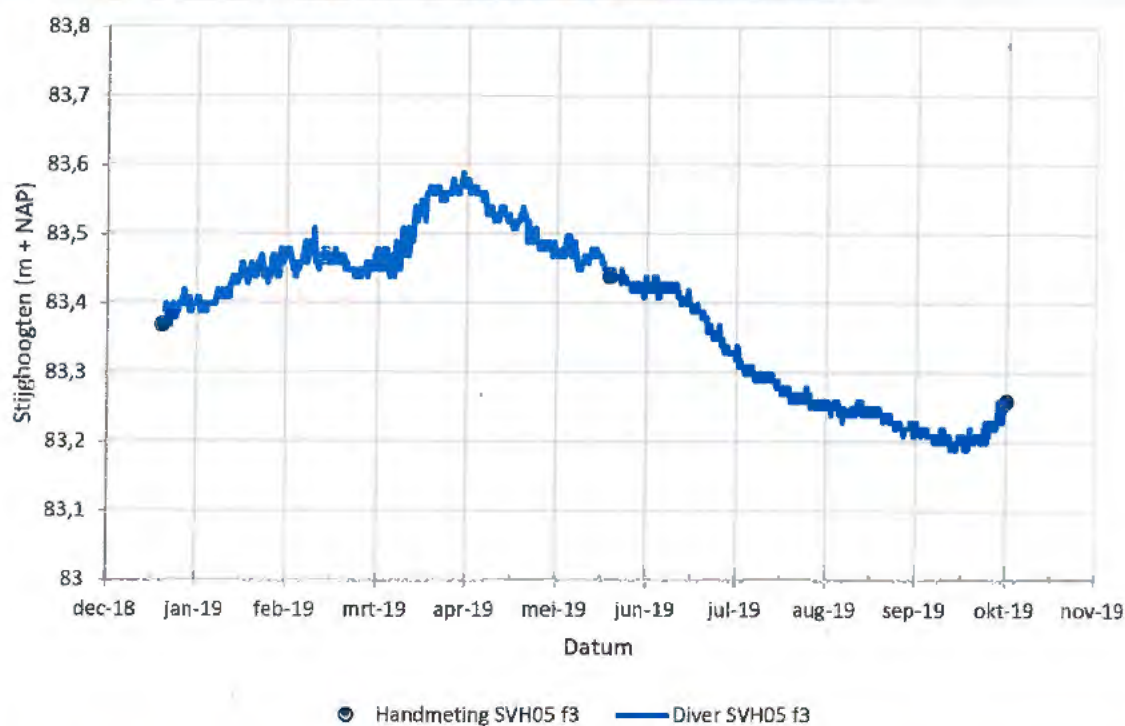
De ondiepere filters van Meetpunt SHV01 liggen aan de zuidpunt van het Bovenste ven. Het bijbehorende diepe filter, staat 30 m zuidelijker op de voet van de vuilstort, en ligt daarmee iets hoger op de hydrologische gradiënt. In Figuur 3.4 worden de stijghoogtereeksen van de drie filters van dit meetpunt weergegeven. Hierin is te zien dat de stijghoogten van het ondiepe filter 1 en het middeldiepe filter 2 vrij dicht bij elkaar liggen met een verschil van circa 2-3 cm. Het stijghoogte-verloop van het diepe filter 3 ligt met zo'n 10 tot 20 cm substantieel hoger dan de peilfilters 1 en 2. Dit verschil is deels te verklaren door de positie van de deze diepe buis wat hoger op de hydrologische gradiënt, maar illustreert tegelijkertijd de scherpe gradiënt die hier over korte afstand optreedt richting het Bovenste ven. Hierin verraadt zich de drainerende werking van het Bovenste ven. Door die drainerende werking van het ven is in de randzone van dat ven dus permanent sprake van (ondiepe) kwel. Daarnaast laten de ondiepe meetreeksen een duidelijke wisselwerking met de verschillende neerslagevents zien.

Het stijghoogteverloop van de meetreeksen is in hoge mate vergelijkbaar. Afgezien van de flinke piek medio maart, reageert de stijghoogte in het diepe filter duidelijk minder sterk op regenperioden. Dit is kenmerkend voor diepere grondwaterstanden.

De variatie binnen de stijghoogtereeksen is relatief beperkt. Tussen de hoogste en laagste waarneming liggen gedurende de waarnemingsperiode voor alle filters hooguit 45 cm. De ondiepe meetreeksen bij het ven liggen daarbij gedurende de hele beschouwde periode onder maaiveld, variërend van 0 tot 45 cm-mv, maar daarmee wel ruim boven de venbodem (ca +84,7 m NAP).



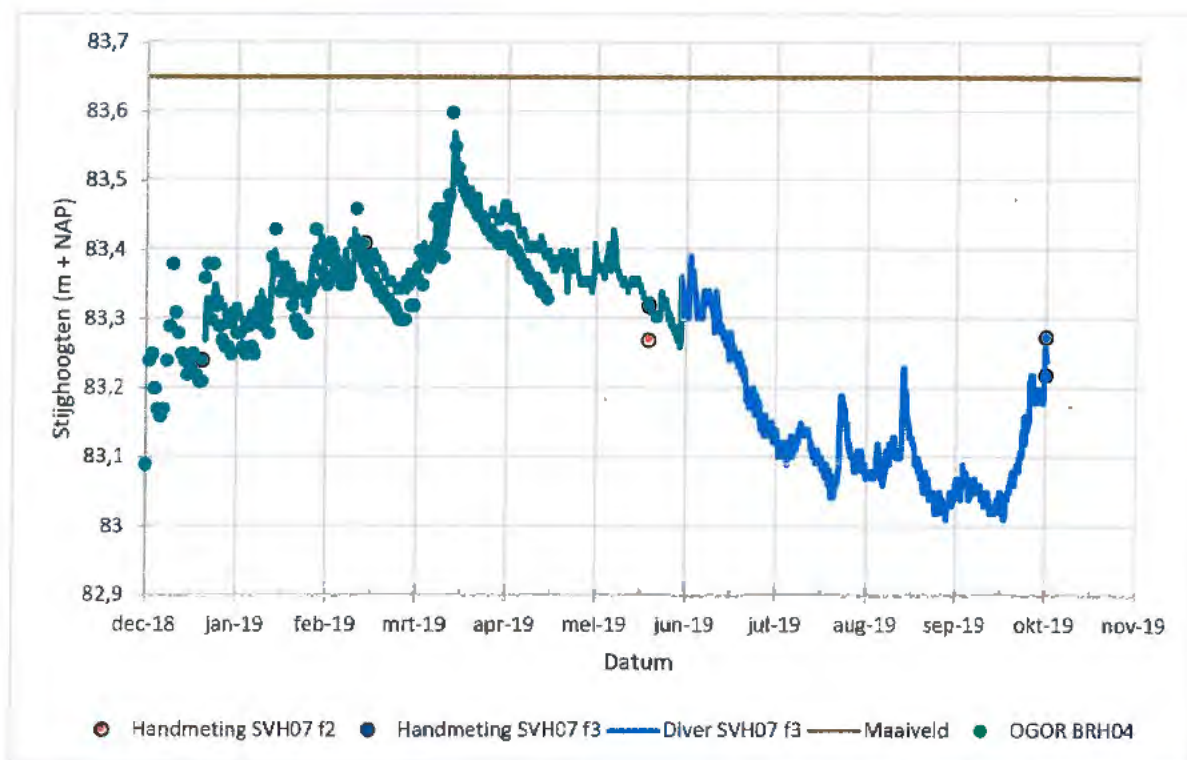
Figuur 3-4 Stijghoogtereeksen (m+NAP) bij meetpunt SHV01 gelegen ten zuiden van het bovenste ven. Let wel: de peilbuis van filter 3 staat iets zuidelijker en hoger op de helling bij een maaiveldhoogte van 87,08 m+NAP.



Figuur 3-5 Stijghoogtereeks (m+NAP) bij meetpunt SHV05 gelegen ten westen van de vennen bij het vakantiepark. Ter plaatse van dit meetpunt ligt het maaiveldhoogte op 85,62 m+NAP.

Meetpunt SHV05 is gelegen ten westen van de onderste vennen pal ten zuiden van het recreatiepark Brunshelm. In Figuur 3.5 wordt de stijghoogtereeks voor het diepe (en enige) filter van dit meetpunt weergegeven. De stijghoogten in deze diepe peilbuis liggen ter plaatse 2 tot 2,4 m onder maaiveld. De variatie binnen deze stijghoogtereeks bedraagt zo'n 40 cm, maar laat ten opzichte van SHV01 een nog minder grillig verloop zien (trager). Zelfs de duidelijke piek die bij SHV01 medio maart te zien is, is voor SHV05 eigenlijk niet terug te vinden. De verklaring daarachter is het gegeven dat deze peilbuis ver van drainerende oppervlakwateren af ligt, zodat daarmee geen directe interactie plaatsvindt.

Meetpunt SHV07 is gelegen naast het Onderste ven. In Figuur 3.6 wordt de stijghoogtereeks van het ondiepe filter 1 (OGOR-buis BRH04) en het diepe filter 3 van dit meetpunt weergegeven. De stijghoogtereeksen van beide filters komen zeer sterk overeen en vertonen eenzelfde patroon. (Hetzelfde geldt voor de vier handmetingen van het middeldiepe filter). Het verschil tussen de drie filters beperkt zich tot enkele centimeters. Qua patroon lijkt de stijghoogtereeks op die van het bovenstrooms gelegen meetpunt SHV01. Echter, alle meetreeksen, dus inclusief het diepe filter, vertonen een beduidend grilliger verloop. Dat is met name goed te zien aan de pieken in maart, augustus en september, die met zware neerslagevents samenvallen. De stijghoogten op deze locatie reageren dus snel op gevallen neerslag. De interactie met het (wisselende) venpeil speelt hier een rol bij. Het peil van het Onderste ven wordt in tegenstelling tot het Bovenste ven, dat drainerend werkt, in nattere perioden ook nog gevoed met water van bovenaf oppervlakkig toestroomt via de Slenk en bij voldoende hoge standen kan overlopen naar het Zijven. Hierdoor is het peilverloop van het ven wat grilliger, te meer omdat in dit ven (en het Zijven) water ook weg zijgt in de richting van de Koffiepoel. Door de relatief grote variatie in bodemhoogte in dit ven, (geleidelijk variërend tussen ca 82,7 - 82,3 m NAP) kunnen al bij een beperkte daling van het peil grote delen van het ven droogvallen.



Figuur 3-6 Stijghoogtereeks (m+NAP) bij meetpunt SHV07 gelegen bij het Onderste ven. De groene meetreeks is afkomstig van meetpunt BRH04 uit het OGOR-meetnet.

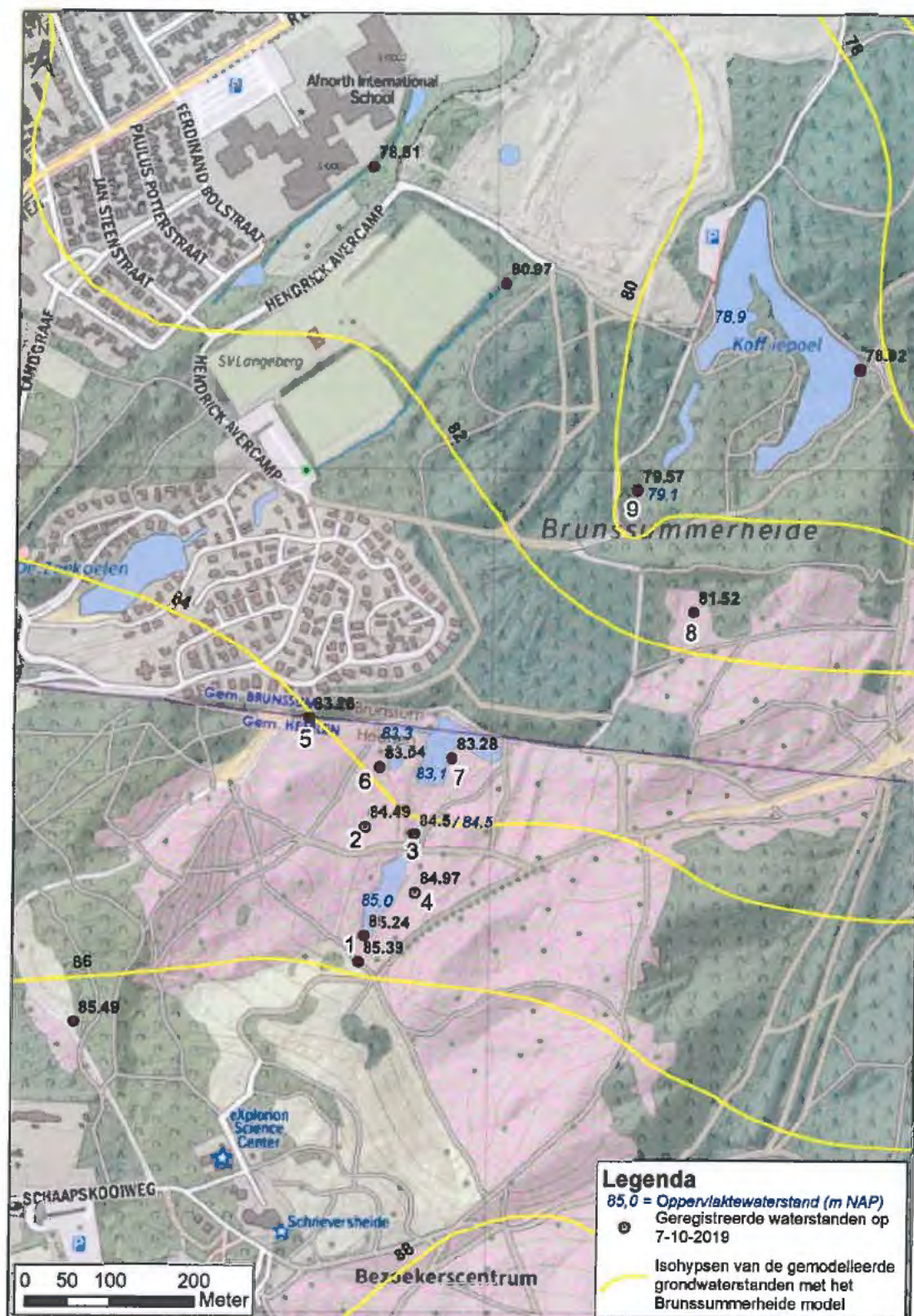
In de overige peilbuizen binnen het meetnet zijn de stijghoogten niet continu geregistreerd met divers, maar zijn de stijghoogten wel op verschillende momenten handmatig gepeild. Zo lagen de stijghoogten in de ondiepe filters van de peilbuizen SHV02, 04 en 06 continu ruim beneden maaiveld (variërend van 0,5 tot 2,5 m-mv voor de verschillende peilbuizen). Deze peilbuizen bevinden zich ter weerszijden van de dalvormige laagte waar de vennen zich in bevinden (Figuur 3.1). Hetzelfde geldt voor het ondiepe filter van SHV08, gelegen in het "blauwgrasland" ten noordoosten van de vennen, waar de stijghoogten tijdens alle metingen ruim (>2 m) onder maaiveld staan¹. Daarnaast blijkt het ondiepe filter SHV03, in de slenk direct benedenstrooms van het Bovenste ven, vaak boven maaiveld te staan. In nattere perioden kan dat zelfs oplopen tot ruim 10 cm.

In het verlengde van de slenk, bij de zuidwestpunt van de Koffiepoel, staan de stijghoogten in het middeldiepe en diepe filter van peilbuis SHV09 ook continu (ver) boven maaiveld. De kweldruk is hier zo groot dat de stijghoogten in het diepe filter gedurende de onderzoeksperiode tussen de 70 en 110 cm boven maaiveld uitkwamen!

In Figuur 3.7 zijn de geregistreerde waterstanden op 7-oktober-2019 weergegeven op kaart. Ook zijn op deze kaart de isohypsen van de gemodelleerde gemiddelde (regionale) grondwaterstanden met het Brunssummerheide-model weergegeven. Hierop is te zien dat de gemeten grondwaterstanden en de modelberekening goed vergelijkbaar zijn. Ook is hieruit af te leiden dat ter plaatse van de venige Slenk zich een forse hydrologische gradiënt voordoet. De peilverschillen in de omgeving van het Bovenste ven en rond het Onderste ven bedroeg op die dag tot bijna 2 m en dat over een afstand van amper 100 m. Deze bijzondere toestand wordt in de hand gewerkt door de aanwezige weerstand biedende veenlaag in die slenk. Die belemmert in een zekere mate het vrij uittreden van grondwater en voorkomt daarmee een te snelle afvoer van grondwater. Een hoge bodemweerstand is ook de verklaring waarom bij SHV09 de stijghoogte van het grondwater tot ruim boven maaiveld stijgt.

De voormalige slenk die nu (morfologische gezien) onderbroken is door de beboste zandwal lijkt dus nog wel als één watersysteem te functioneren met de kwelzone in de westelijke arm van de Koffiepoel. Daar is nog een aanwijzing voor. Het water dat in die westelijk arm dagzoomt is beduidend mineraalrijker dan het water dat in de veenmosrijke oostelijke arm aan de dag treedt. De Schrieversheidevennen en de Koffiepoel dienen dan ook niet als losstaande systemen, maar als één systeem beschouwd te worden.

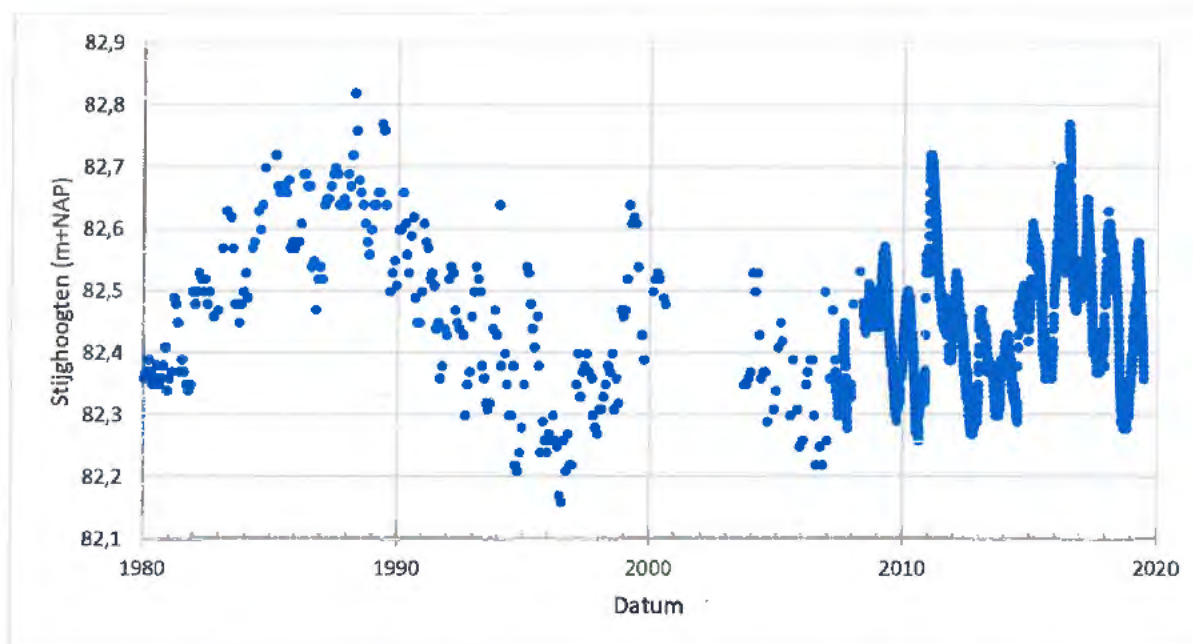
¹ Dat betekent dat deze opmerkelijke locatie niet grondwaterafhankelijk lijkt te zijn, maar vooral berust op de gunstige vochthuishouding van de kleig aandoende bovengrond (ca 75 cm mijnslik), waarop periodiek ook geruime tijd water blijft staan.



Figuur 3-7 Geregistreeerde waterstanden (grondwater en oppervlaktewater) op diverse locaties binnen het meetnet op 7-10-2019 en de isohypsen van de gemodelleerde grondwaterstanden met het Brunssummerheide model.

3.3.2 Hydrologische cyclus – langjarige regime van 1980 tot heden -

De hydrologische ontwikkelingen van de Schrieversheidevennen dienen ook beschouwd te worden in het licht van de langjarige hydrologische cyclus binnen het gebied. In Figuur 3.8 wordt een langjarige meetreeks weergegeven van de stijghoogten in een peilbuis op de Brunsummerheide, aan de zuidoostkant van de zandverstuiving ter hoogte van de Schrieversheidevennen. Hierop is duidelijk een langjarige hydrologische cyclus waarneembaar. Natte en droge perioden wisselen elkaar om de 5 á 10 jaar af. Stijghoogten kunnen in een natte periode gemiddeld wel 40 cm hoger liggen dan in een droge periode.



Figuur 3-8 Langjarige meetreeks van de stijghoogten in peilbuis B60D1161 [coörd. 197.800-326.560] op de Brunsummerheide in de buurt van het brongebied van de Rode Beek (DINO-loket 2019). Het maaiveld ter plaatse van deze peilbuis ligt op 85,54 m+NAP en de filter staat op 2,5 tot 3,5 m-mv.

Uit Figuur 3.8 is ook af te lezen welke perioden nat en welke droog waren op de Brunsummerheide. Zo waren de jaren 1988-1989, 1999-2000, 2011 en 2016 relatief natte perioden. Deze werden afgewisseld door de droge perioden, zoals het tijdvak tot begin jaren '80 (deels niet weergegeven), 1996-1997, 2005-2006 en 2013-2014 en 2017-2019. Hier dient rekening mee gehouden te worden wanneer naar een bepaald referentiebeeld wordt verwezen. Zo blijkt dus dat het herstelplan 2001 is opgesteld ten tijde van een natte periode zodat dit mogelijk ook een wat natter ingestoken referentiebeeld heeft opgeleverd. Alle vennen kenden in die periode een relatief hoog waterpeil. Op dit moment geldt het omgekeerde.

3.3.3 Debietmetingen

In het kader van de monitoringcampagne is op twee plaatsen ook het debiet (Φ in l/s) gemeten met mobiele V-vormige meetschotten (Thompson). Het betreft de uitstroom van de Koffiepoel (de Koffiebeek) en de afvoer van de drainagesloot langs de oostrand van het sportveld Langenberg (tabel 3-1). De metingen in december 2018 vonden vrij kort na een regenachtige periode plaats. De afvoeren van dat moment lagen daardoor wat hoger dan de debieten in november 2018 en mei 2019. In december 2018 druppelde er om die reden dan ook nog wat water uit het drainagesysteem van de sportvelden. Het Waterschap Limburg heeft in september 2018, in de laatste fase van de extreme droogte van dat jaar, de afvoer van de Koffiepoel eenmalig gemeten. De afvoer bedroeg toen ca 3.5 l/s. Dergelijke afvoeren in

zeer droge tijden betekenen dus dat hier zelfs onder zeer droge omstandigheden nog steeds een substantiële hoeveelheid grondwater wordt gedraineerd deels afkomstig uit van het Schrieversheide-vennen-systeem. De gemiddelde afvoer van deze laaggelegen plas (overloophniveau: 78,9 m NAP) ligt naar verwachting in de orde van 4,5 à 5 l/s.

Tabel 3-1 Afvoeren op twee meetpunten (l/s) in het meetnet

Datum	Koffiepoel	Sloot Sportveld
5 nov 2018	4 l/s	
2 dec 2018	6 l/s	0,8 l/s
3 mei 2019	4,5 l/s	0,5 l/s

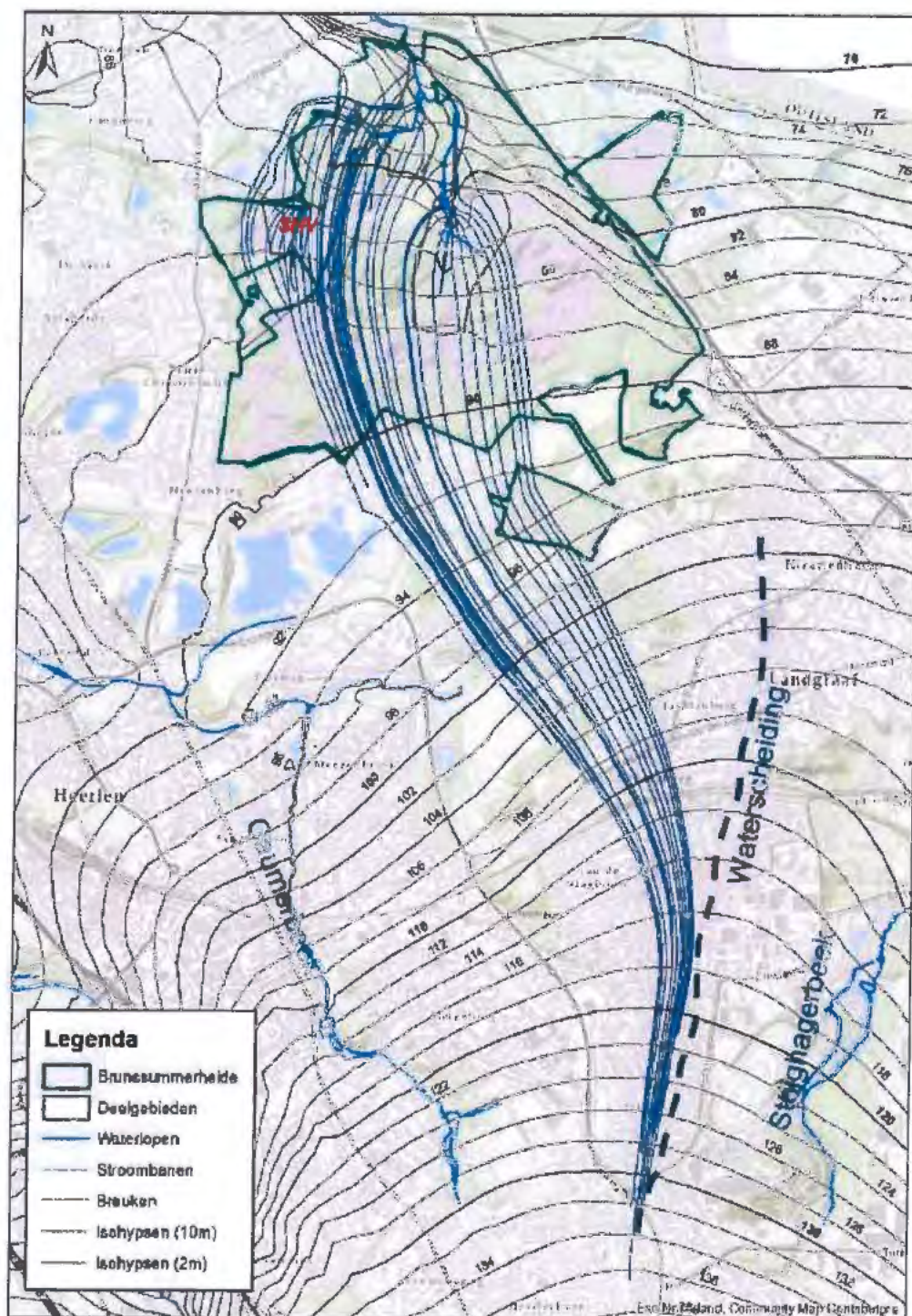
De sloot langs het sportveld draineert ter plaatse het grondwater (slootbodem: circa 80,9 m NAP), maar kan dus ook worden gevoed met drainagewater dat uit het buisdrainage-systeem (tientallen pijpen op circa 81,4 m NAP). De hoeveelheid water die hier gedraineerd wordt (circa 0,5 l/s) zal niet van substantiële invloed zijn op de grondwaterstanden in de slenk, aangezien de grondwaterstand hier ruim anderhalf tot twee meter hoger ligt dan nabij SHV09 en de uitstroombrempel van de Koffiepoel. De afvoer ligt daar bijna een factor 10 hoger dan in de sloot bij het sportveld (Tabel 3.1).



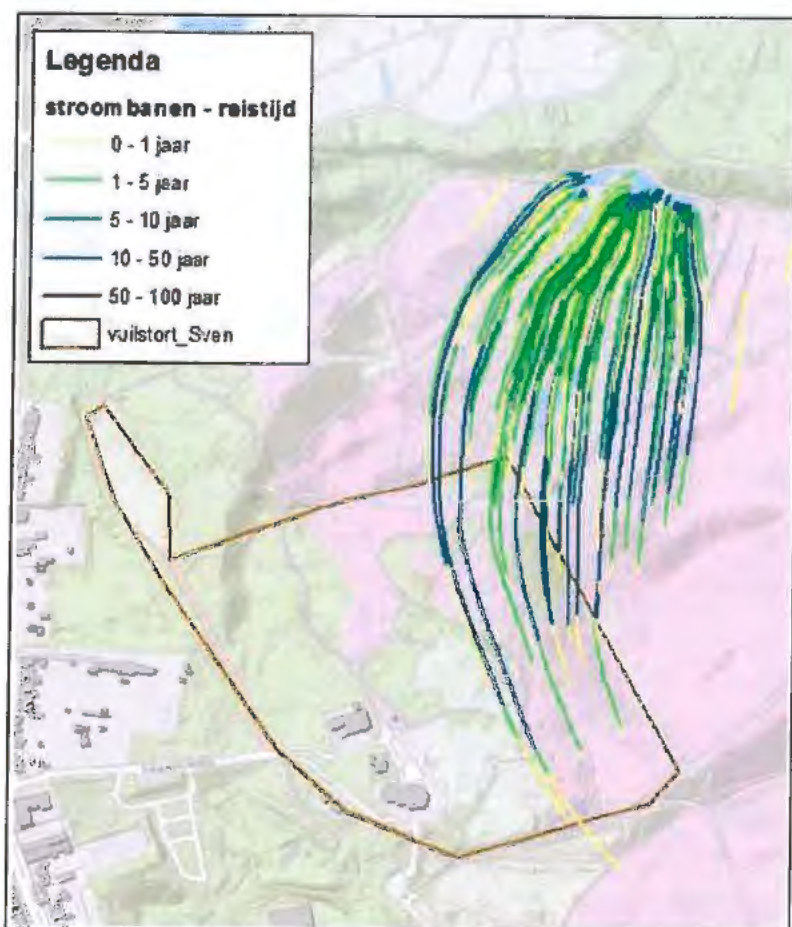
Figuur 3-9 Druppelende drainagebuizen vanuit het sportveld

3.4 Regionale context - Brunssummerheide model

Parallel aan de uitvoering van het voorliggende ecohydrologisch onderzoek is in 2019 ook een studie uitgevoerd naar het regionale grondwatersysteem van de Brunssummerheide (Kerckhoffs & Swierstra 2019). Voor deze studie is ook een grondwatermodel specifiek voor de Brunssummerheide ontwikkeld. Met dit model is een meer gedetailleerd inzicht verkregen in de lokale grondwaterstromen rondom de Brunssummerheide. Dit model is tevens gebruikt om de effectiviteit van bepaalde maatregelen door te rekenen. In Figuur 3-10 is met behulp van stroombanen een beeld gegeven van de herkomst van het water dat in de Brunssummerheide opwelt, het zogenaamde intrekgebied.



Figuur 3-10 Isohypsen en stroombanen in de Brunssummerheide en omgeving (Kerckhoffs & Swierstra 2019).
SHV = Schrieversheidevennen



Figuur 3-11 Situering van de voormalige vuilstort ten opzichte van het intrekgebied van de Schrieversheidevennen (Kerckhoffs & Swierstra 2019).

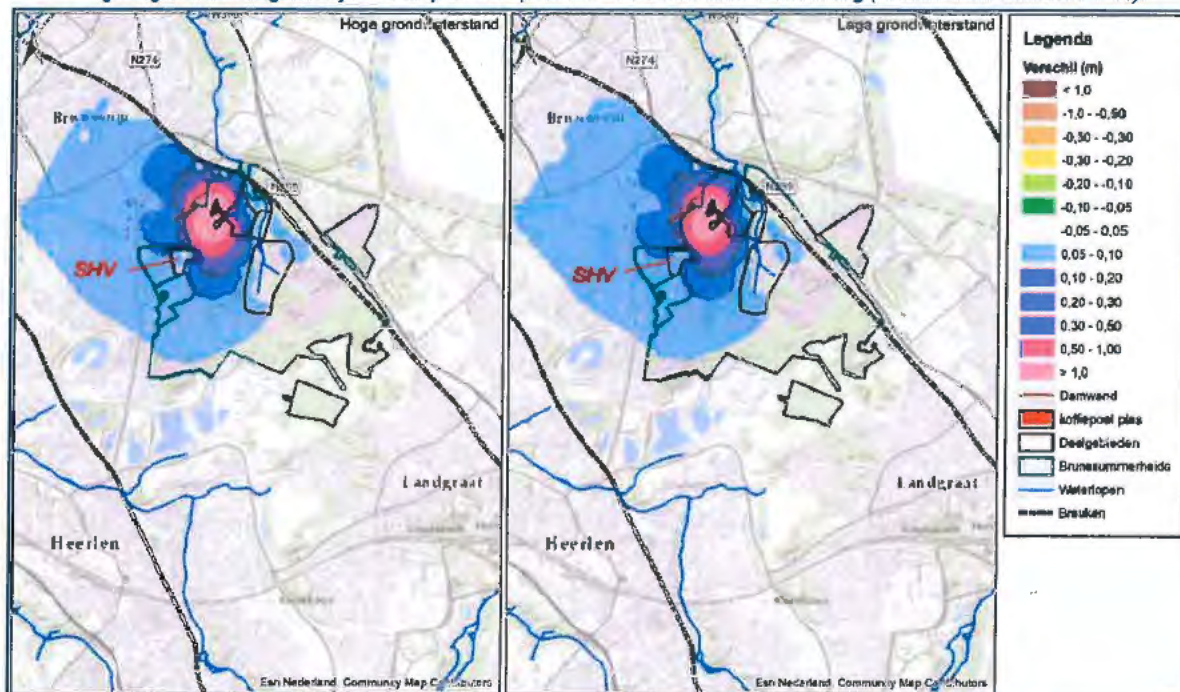
In Figuur 3.11 wordt het intrekgebied van de Schrieversheidevennen weergegeven ten opzichte van de ligging van de voormalige vuilstort. De Schrieversheidevennen functioneren op een lokaal grondwatersysteem waardoor de reistijden naar de vennen relatief kort zijn. In Figuur 3.11 is te zien dat een aanzienlijk deel van het intrekgebied overlapt met de voormalige vuilstort. Dit betekent dat de stroombanen die door/onder de voormalige vuilstort gaan de kans krijgen om aan te raken met ongewenste stoffen, die vervolgens in de Schrieversheidevennen terecht komen. Dit is met name het geval voor het Bovenste ven zoals ook blijkt uit de waterkwaliteitsgegevens (paragraaf 4.2.1). Het noordelijk deel met het Onderste ven en Zijven wordt alleen lokaal gevoed, waarbij reistijden veelal beperkt zijn tot minder dan 1 jaar (en door water dat via de slenk oppervlakkig van bovenaf toestroomt). In de studie naar het regionale grondwatersysteem (Kerckhoffs & Swierstra 2019) wordt ook het grote effect van de Koffiepoel op de lokale grondwaterstanden beschreven. Deze relatief diepe plas (2,5 – 3 m) draineert het grondwater namelijk aanzienlijk, zoals al bleek uit de debietmetingen (Zie paragraaf 3.3.3). Dit water stroomt vervolgens via een vaste overlaat verder als de Koffiebeek.

Met het grondwatermodel zijn verschillende scenario's berekend om de grondwaterstanden in de verschillende natte delen van de Brunssummerheide omhoog te brengen. Een van deze scenario's heeft betrekking op de Koffiepoel en daarmee ook de Schrieversheidevennen. Dit scenario bestond uit een aantal maatregelen, namelijk:

- Het aanbrengen van een damwand langs sportveld Langeberg.
- Het verondiepen van de Koffiepoel.
- Het geleidelijk ophogen van het overlaatpeil van de Koffiepoel.

Uit de scenarioberekening is gebleken dat het aanbrengen van een damwand nauwelijks effect zou hebben. Daarnaast is dit ook een zeer kostbare maatregel. Het verondiepen van de Koffiepoel en het ophogen van het overlaatpeil blijken echter zeer effectief in het verhogen van de grondwaterstanden rondom de Koffiepoel. Hiermee kan het areaal Hoogveenbos rondom de Koffiepoel worden uitgebreid, mits de ophoging van het overlaatpeil geleidelijk genoeg (stapjes van 5 cm/ vijf jaar) uitgevoerd wordt, zodat het bestaande areaal Hoogveenbos zich in kan stellen op de hogere grondwaterstanden. Daarnaast hebben deze maatregelen ook een positief effect op de grondwaterstanden in de Schrieversheidevennen. Door het verminderen van de drainerende werking van de Koffiepoel zullen de grondwaterstanden stijgen (5-10 (30) cm; Figuur 3.12) maar door een structurele stijging van de grondwaterstanden (10-50 cm) vooral direct oostelijk van het vennencomplex zal daar ook de kweldruk van het lokale grondwater toenemen. Vooral dit laatste heeft een positief effect op de vennen doordat de kweldruk hierdoor langer op peil zal blijven en dit water afstroomt vanuit het aangrenzende heide en bosgebied. Kwalitatief is dat ondiepe grondwater van goede kwaliteit (zie hs 4)

Figuur 3-12 Verschil grondwaterstand bij langjarig hoge grondwaterstanden (links) en langjarig lage grondwaterstanden (rechts) als gevolg van maatregelen bij de Koffiepoel ten opzichte van de autonome ontwikkeling (Kerckhoffs & Swierstra 2019).



SHV = Schrieversheidevennen

4 Water- en waterbodemkwaliteit

4.1 Veldmetingen

Bij drie verschillende meetrondes zijn voor de meetpunten 'veldmetingen' gedaan van enkele relatief eenvoudig te bepalen waterkwaliteitsparameters. De resultaten van deze veldmetingen (elektrisch geleidingsvermogen (EGV); Alkaliniteit; pH) zijn te vinden in onderstaande Tabel 4-1.

Op basis van het EGV zijn al duidelijke verschillen te zien tussen de verschillende meetpunten met mineraalarm water of mineraalrijker water. Zo zijn de meetpunten SHV02, 03, 04, 05, 06 en het Onderste ven en Zijven mineraalarm met een lage EGV ($<100 \mu\text{S/cm}$) en zeer zwak gebufferd. Deze locaties worden dus gevoed door regenwater dat ter plaatse op de heide is geïnfiltreerd en nauwelijks kans heeft gehad om aan te rijken door mineralen uit de mineraalarme zandbodem op te nemen. Aan de andere kant van het spectrum zijn er locaties met een extreem hoge mineraalrijkdom. De locaties SHV01.2 en SHV01.3 aan de voet van de vuilstort laten nog altijd extreem hoge waarden zien met een EGV van 2500-3300 $\mu\text{S/cm}$ en een alkaliniteit van 28-34 meq/l. Deze waarden zijn ongekend hoog voor een heidevennensysteem en kunnen enkel verklaard worden door uitspoeling van de vuilstort.

Tabel 4-1 Overzicht van veldmetingen van enkele waterkwaliteitsparameters: EGV ($\mu\text{S/cm}$), Alkaliniteit (meq/l) en pH.

Meetpunt		14-02-2019			23-05-2019			7-10-2019		
Locatie	Filter	EGV ($\mu\text{S/cm}$)	Alkaliniteit (meq/l)	pH	EGV ($\mu\text{S/cm}$)	Alkaliniteit (meq/l)	pH	EGV ($\mu\text{S/cm}$)	Alkaliniteit (meq/l)	pH
SHV01	1	495	5,5	6,56	463	4,4	6,63	528	4,4	6,33
SHV01	2	2500	28,3	6,86	2710	31,2	6,78	2716	30,1	6,80
SHV01	3	3220	32,5	7,13	3290	34,7	6,67	3310	33,5	7,00
SHV02	1	-	-	-	32	0	4,71	29	0,05	4,58
SHV03	Oppw.	-	-	-	241	3,7	7,11	-	-	-
SHV03	1	58	0,5	6,41	59	0,3	6,14	89	1,0	6,00
SHV04	1	28	0	4,70	30	0,05	4,86	36	0,2	5,42
SHV05	3	41	0,05	4,97	29	0,05	5,13	49	0,5	5,30
SHV06	1	53	0,05	4,76	39	0	4,48	38	0,05	4,57
SHV07	2	44	0,4	5,81	135	1	5,75	84	0,4	5,12
SHV07	3	185	0,9	5,81	177	3,7	5,62	180	1,0	5,51
SHV08	2	498	2,8	6,90	-	-	-	749	7,3	6,72
SHV09	Oppw.	-	-	-	290	1,1	6,25	305	0,7	6,27
SHV09	2	131	0,4	5,42	125	0,3	5,58	191	0,7	5,58
SHV09	3	530	2,7	5,77	533	3,2	5,85	525	3,2	5,77
Bovenste ven	Oppw.	453	5	7,02	751	7,5	7,69	211	1,0	6,40
Onderste ven	Oppw.	93	0,8	6,30	99	0,8	6,31	295	0,5	6,04
Zijven	Oppw.	95	0,5	6,26	-	-	-	-	-	-
Koffiepoel	Oppw.	381	1,3	6,45	403	1,3	6,66	358	1,3	6,66
Sloot bij sportveld	Oppw.	-	-	-	389	1,2	6,79	413	0,7	6,29
Beek bij school	Oppw.	-	-	-	-	-	-	619	2,3	6,43

De veldmetingen bevestigen in beginsel het beeld van de cascade, zoals beschreven in 2001 (IWACO 2001), namelijk dat mineraalarm water uit de heide naar de dalvormige laagte met de vennen toestroomt en zo het basenrijke water in het doorstroomsysteem verdunt, waardoor de mineraalrijkdom in de laagstgelegen vennen (onderaan de cascade) daarmee het laagst is. De huidige set metingen laat daarbij echter zien dat gedurende de waarnemingsperiode sprake is van een duidelijke periodiciteit. Die wordt bepaald door de kwaliteitsverschillen van het Bovenste ven. In het Bovenste ven varieerde gedurende de waarnemingsperiode het EGV flink, van 150 $\mu\text{S/cm}$ in november en 254 $\mu\text{S/cm}$ december 2018 naar 453 $\mu\text{S/cm}$ in februari tot 751 $\mu\text{S/cm}$ in mei 2019 en weer afnemend tot 211 $\mu\text{S/cm}$ in oktober. Daarnaast is er nog iets opmerkelijks. De gemeten waarden liggen momenteel (beduidend) lager dan het gros van de beschikbare metingen van de afgelopen 25 jaar (orde 750 - 1450 $\mu\text{S/cm}$). Deze sterke variatie zowel op jaarbasis als op langere termijn is te verklaren door de afwisseling van droge en natte jaren en door de hoeveelheid neerslag die is gevallen voorafgaand aan de verschillende meetmomenten. In natte jaren kan de invloed van diep grondwater aanzienlijk zijn, zoals in maart 2002 toen het venpeil zelfs zo hoog was gestegen dat het water over het dammetje in de noordpunt van het ven stroomde. In het ven was toen getuige de roestverschijnselen sprake van een kwelvenster waar zeer mineraalrijk water aan de dag trad. Maar ook in een relatief droge zomerperiode, zoals in 2005 toen het ven net zoals nu vrijwel droog lag, bleek dit mineraalrijke water nog te dagzomen. Na een natte voorjaarsperiode viel in mei 2019 relatief weinig neerslag waardoor de voeding van het ven, door de toen weer gestegen grondwaterstanden (Figuur 3-4), op dat moment toch alweer werd beïnvloed door het diepere, mineraalrijkere grondwater van de vuilstort.

Het oppervlakkig afstromende water bij SHV03 is ook duidelijk mineraalrijker dan, het naar nu is gebleken het ondiepe, ter plaatse in de Slenk opwellende grondwater. De matige waterkwaliteit van het Bovenste ven dringt dus wel door naar de Slenk, maar het effect daarvan lijkt veel beperkter en veel oppervlakkiger te zijn dan in 2001 werd vermoed. Er is hooguit sprake van een dunne oppervlakkige lens, die rust op het omhoog komende lokale grondwater uit de omliggende heide. De in Figuur 2.2 geschetste deelsystemen dienen dus in die zin te worden bijgesteld. Al bovenaan de Slenk vindt een verdunning plaats door het ter plaatse opwellende mineraalarme water, dat dus niet alleen zijdelings toestroomt vanuit de aangrenzende heide, maar ook pal van onderen omhoog komt. De lisdodde- en rietvegetatie en de nog aanwezige veenlens in de noordelijke helft van het Bovenste ven spelen hier ook nog een rol bij, door de wegzijging naar de Slenk te belemmeren. Bovendien zouden ze ook wel eens als helofytenfilter kunnen functioneren.

Bij SHV08, 09, in de Koffiepoel en in het drainagewater van de sportvelden worden eveneens vrij hoge EGV-waarden aangetroffen. Of dit komt door de uitspoeling van de sterk geroerde grond in deze omgeving van voormalige bruinkoolgroeven of door de uitspoeling vanuit de vuilstort die via de (vroegere) slenk tot aan de Koffiepoel reikt, is vooralsnog niet helemaal duidelijk. De interactie met de op verschillende plaatsen aangetroffen bruinkoollagen (SHV08 en 09) zou ook een rol kunnen spelen. Bij SHV08 bestaat, afgezien van een bruinkoollaag, de bovengrond zelfs uit een ca. 75 cm dikke laag kleig aandoend mijnslik (vliegass?). Het diepe filter SHV09.3 bevindt zich zelfs pal boven een bruinkoollaag. Het EGV van de Koffiepoel laat gedurende waarnemingsperiode een opvallend stabiel verloop zien, van 383 $\mu\text{S/cm}$ in november, 353 $\mu\text{S/cm}$ december 2018 naar 381 $\mu\text{S/cm}$ in februari tot 403 $\mu\text{S/cm}$ in mei 2019 en weer wat afnemend tot 358 $\mu\text{S/cm}$ in oktober. Dit in combinatie met een constante afvoer van water ter plaatse, wijst er op dat de waterbalans hier, in tegenstelling tot het Bovenste ven, dominant bepaald wordt door permanent uittreidend grondwater.

4.2 Grond- en Oppervlaktewaterkwaliteit

Op 23 maart en 27 juni 2019 zijn alle meetpunten bemonsterd om de chemische samenstelling van het grond- en oppervlaktewater nader in beeld te brengen. Daarnaast zijn de vennen en de Koffiepoel ook bemonsterd op 12-12-2018 bij aanvang van het onderzoek, en op 7-10-2019 bij afsluiting van het veldwerkprogramma.

In onderstaande Tabel 4.2 en Bijlage 4 zijn de gegevens van deze laboratoriumanalyses samengebracht. Voor de gebruikte analysetechnieken wordt verwezen naar Bijlage 3. Het hiervoor op basis van de veldmetingen geschetste, globale beeld wordt hieronder verder ingevuld. De analysedata onderschrijven dat eerder geschetste patroon.

4.2.1 Waterkwaliteit 2019

Heidewater

Op de meetpunten SHV02, 03, 04, 05, 06, het Onderste ven en Zijven worden hoofdzakelijk gevoed door mineraal en nutriëntenarm niet of zwak gebufferd, zuur grondwater dat ter plaatse op de heide is geïnfiltrerd en nauwelijks de kans heeft gehad om aan te rijken door de mineraalarme zandbodem. Dit blijkt uit de lage concentraties van o.a. calcium, magnesium, chloride, fosfor en ammonium.

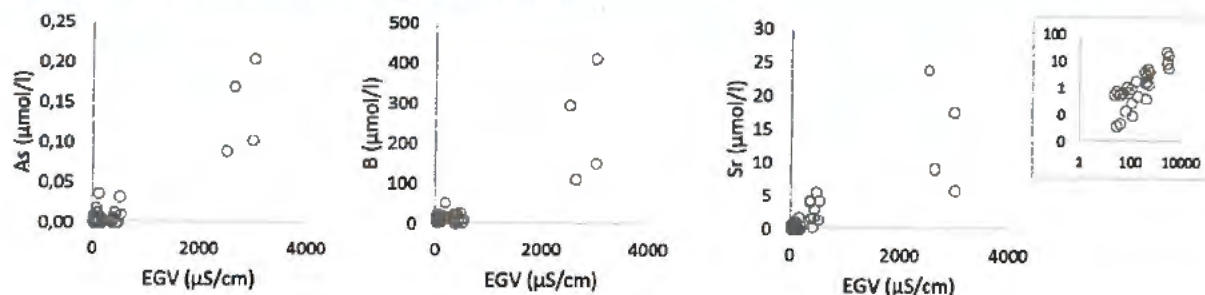
Invloed vuilstort

Het Bovenste ven en met name het diepere grondwater aldaar (filters 2 en 3), laten verhoogde concentraties macro-ionen zien. Zo bevat het grondwater op locatie SHV01 sterk verhoogde concentraties van o.a. natrium, magnesium, calcium en vooral bicarbonaat en ammonium (Tabel 4-2). Dat verklaart dan ook de hoge tot zeer hoge elektrische geleidbaarheid (EGV) die hier wordt gemeten. Naast deze stoffen bleek uit aanvullende analyses op zware metalen dat het grondwater hier ook verhoogde concentraties van arseen (As), boor (B), mangaan (Mn) en strontium (Sr) bevat (Bijlage 4).

In Figuur 4.1 is het EGV van alle metingen in het oppervlaktewater en grondwater uitgezet tegen de arseen-, boor en strontiumconcentratie, waaruit duidelijk blijkt dat voor de twee bemonsteringsmomenten het grondwater in de twee diepe filters bij SHV01 met een sterk verhoogd EGV ($> 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$) er een sterke correlatie bestaat met hoge concentraties van deze zware metalen. Dit verband is zichtbaar voor de hoge concentraties maar aan de Sr-concentratie (weergegeven langs logaritmische assen rechtsboven in Figuur 4.1) is ook te zien dat er ook bij lagere concentraties een verband is tussen het EGV en de Sr-concentratie. Deze verhoogde concentraties macro-ionen en zware metalen worden met name in het diepere grondwater bij SHV01 aangetroffen. Dit neemt echter niet weg dat ook het freatische grondwater en het oppervlaktewater in het Bovenste ven zeker in vergelijking met de omgeving nog altijd relatief hoge concentraties laten zien van verscheiden macro-ionen, ammonium en een hoge pH. Dit zijn concentraties en stoffen die van nature niet in die mate in heide en vensystemen voorkomen. Verhoogde concentraties van de eerder genoemde zware metalen worden niet in het oppervlaktewater aangetroffen. De verhoogde zware metalen en macro-ionen concentraties wijzen op uitspoeling van stoffen uit de vuilstort en daarmee samenhangende bodemchemische (afbraak)processen. Tijdens bemonstering werd er bij SHV01 in de diepere filters dan ook een vreemde "teerachtige" geur waargenomen.

Figuur 4.1 Het EGV in het oppervlaktewater en grondwater in alle bemonsterde locaties op de twee bemonsteringsmomenten uitgezet tegen de concentraties van drie zware metalen; van links naar rechts arseen, boor en strontium.

Het EGV is weergegeven in $\mu\text{S}/\text{cm}$ en de zware metalen in $\mu\text{mol}/\text{l}$. rechtboven is nog in het klein de EGV t.o.v. Sr nogmaals weergegeven maar nu met beide assen in logaritmische schaal.



Tabel 4-2 Chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater meetpunten bemonsterd op 23 maart 2019.

Meetpunt	pH	ECV	CO ₂	HCO ₃	Ca	Cl	K	Mg	Na	P	S	Si	NO ₃	NH ₄	PO ₄
SHV01.1	6,5	426	2170	3093	1666	122	135	127	316	0,5	218	137	1,3	45	0,2
SHV01.2	6,9	2630	8303	14333	3408	640	1416	1367	1873	1,2	69	115	0,6	1637	0,2
SHV01.3	6,9	3010	6367	23387	3297	1764	1993	1678	1703	4,3	240	74	0,5	1633	0,6
SHV02.1	4,8	28	171	287	42	85	22	26	26	0,1	40	52	0,5	19,0	0,1
SHV03.1	6,5	152	138	115	115	87	39	35	170	0,2	60	53	0,3	21	0,1
SHV04.1	4,9	249	249	37	37	68	10	6	156	1,8	24	87	1	8	1,1
SHV05.1	4,8	22	419	10	23	62	96	14	108	0,3	56	24	1,3	7	0,1
SHV06.1	4,5	38	1037	17	28	83	86	14	54	0,3	89	75	0,4	5	0,1
SHV07.1	5,7	113	1594	349	63	112	167	59	169	0,2	65	73	0,3	12	0,2
SHV07.2	5,7	162	4775	1002	6	233	195	450	567	0,2	104	117	0,4	93	0,1
SHV08.1	7,4	211	116	4654	2570	75	42	15	152	0,1	143	1051	0,5	3	0,1
SHV09.1	5,5	502	2475	2207	1319	467	2659	38	165	3,1	220	80	0,2	27	0,0
SHV09.2	5,4	107	13993	334	246	1930	482	79	53	0,4	67	124	0,2	80	0,0
Bovenste ven	7,3	364	165	3045	1295	59	168	270	327	0,5	109	79	13,9	222,1	0,2
Onderste ven	5,8	61	161	290	176	63	47	30	115	0,7	55	6	5,1	14,5	0,6
Zijven	6,5	171	532	221	105	105	115	112	184	1,5	81	13	0,5	43	0,3
Koffiepoel	6,8	375	465	1011	1054	1219	1798	56	501	0,8	512	103	7,9	12,5	0,2

Op zich zijn het ook weer geen exceptioneel hoge waarden, laat staan toxische niveaus. Andere notoire probleemstoffen (Pb, Hg, Zn) werden ieder geval niet aangetroffen (Bijlage 4). Het enige ecologische 'probleem' dat daarmee dan overblijft zijn de hoge stikstofbelasting (ammonium) en de sterke mate van buffering.

Echter, voor de stroomafwaarts gelegen vennen en meetpunten is die invloed van de vuilstort niet of veel minder evident zichtbaar en dat heeft te maken met de verdunning door toestromend zwak gebufferd mineraalarm grondwater en mogelijk speelt de in het Bovenste ven aanwezige veenlaag hier ook een rol in.

Bij SHV08, SHV09 en in de Koffiepoel worden ook hogere mineraalconcentraties aangetroffen zoals calcium, chloride en magnesium. Dit alles duidt in deze omgeving op uitspoeling vanuit geroerde grond en/of bruinkoolrestanten in deze voormalige bruinkoolgroeven. Tevens worden in de peilbuizen SHV08 en SHV09 en in het oppervlaktewater van de Koffiepoel duidelijk verhoogde zwavelconcentraties aangetroffen wat ook duidt op dat het grondwater in contact is geweest met bruinkool (Van Dijk et al. 2019). Toch lijkt het diepe grondwater bij SHV09.3 qua samenstelling van het grondwater van alle monsters nog de meeste verwantschap met het (ondiepe) grondwater op de voet van de vuilstort te vertonen, (verhoogde macro-ionen, EGV, maar dan zonder een wezenlijke nutriëntenbelasting en geen verhoogde zware metalen concentraties). Hieruit zou men kunnen af leiden dat zich daar in het diepere grondwater op ca 6 m diepte nog enige invloed van de vuilstort laat gelden.

Nutriënten (N P K)

Ten slotte moet worden opgemerkt dat de nutriënten belasting (NPK) van het grondwater in het studie gebied met uitzondering van het grondwater aan de voet van de vuilstort eigenlijk best mee valt. Kalium- en ortho-fosfaat concentraties zijn overal laag tot zeer laag (met uitzondering van het diepe grondwater aan de voet van de vuilstort). Alleen ammonium is zoals hiervoor al aangestipt erg hoog in het grondwater bovenstrooms van het Bovenste ven en licht verhoogd in het Bovenste ven zelf, maar elders in

het systeem treft men eigenlijk geen noemenswaardige verhoogde concentraties in het grond- en oppervlaktewater aan. Dat kan deels worden verklaard door natuurlijke zuivering in de veenbodem die zich al in het Bovenste ven voltrekt maar ook door de flinke verdunning met nutriëntenarm water vanuit de omliggende heide.

4.2.2 Waterkwaliteitsontwikkeling in de afgelopen 25 jaar

Voor het Bovenste en Onderste ven en het grondwater aldaar, zijn over de afgelopen 25 jaar analysegegevens beschikbaar uit drie verschillende perioden (Tabel 4-3). Dankzij het OGOR meetpunt bij het Onderste ven (BRH04 = SHV7) zijn daar zowel van het ven zelf als het ondiepe grondwater ook voor 2017 en 2018 data beschikbaar.

Alles overziend valt op dat vooral de concentratie kalium en ammonium sterk zijn afgenomen, maar dat ook het sulfaatgehalte en chloride zijn gedaald. De calciumconcentratie is voor het Onderste ven eveneens afgenomen. Voor het Bovenste ven is dat echter niet aan de orde (Tabel 4.3).

Het moet echter worden benadrukt dat de hydrologische toestand gedurende de onderzoeksperiode vrij uitzonderlijk was na een extreem droog 2018 en een serie voorafgaande relatief droge jaren. De invloed van het grondwater vanonder de vuilstort op het vennensysteem was daardoor beperkt. Het is echter bekend dat zowel in 2002 als 2005 zeer mineraalrijk grondwater in het Bovenste ven aanwezig was en in 2002 ook verder doordrong (zie ook hoofdstuk 4.1). Dit is een aanwijzing dat, mede gezien de eerder al geconstateerde periodiciteit in zowel het langjarig waterregime maar ook in de mineraalrijkdom gedurende onderzoeksperiode (zie paragraaf 3.3.2; hoofdstuk 4.1), op gezette tijden het diepere, vervuilde grondwater toch steeds weer zal doordringen. In verzwakte vorm was dat in mei 2019 ook al het geval. Hoewel de historische analysegegevens dus met de nodige voorzichtigheid moeten worden bekeken valt toch niet helemaal aan de indruk te ontkomen dat gedurende de afgelopen 25 jaar de concentraties van verschillende stoffen lijken af te nemen. Daarnaast wordt het belang van het lokale grondwater er nog eens extra door benadrukt. Ook in tijden van hogere grondwaterstanden is dit de enige component die de invloed van dat opwellende grondwater vanuit vuilstort kan tegenwerken en/of mitigeren. Het dagzomen van dat diepere water dient op alle mogelijke manieren te worden voorkomen. Oppervlakkige afvoer uit het Bovenste ven, zoals in maart 2002 gebeurde (Figuur 4.2), dient dan ook ten alle tijden te worden voorkomen, omdat dit juist de uitstroom van dieper vervuilde water versterkt.

Tabel 4-3 Waterkwaliteitsgegevens (mg/l) van het Bovenste en Onderste ven en het grondwater in verschillende perioden.

	Bovenste ven			Grondwater 1			
	1996	2000	2019	1996	2000	2019 SHV1.1	2019 SHV1.2
EGV (µS/cm)	455-1256	935	193-751	4240	1903	495-528	2500-2716
pH _{veid}	7.7-8	7.6	6.4-7.7	6.9	6.5	6.3-6.6	6.8-6.9
HCO ₃ (mg/l)	244-732	506	61-458	2057	264-390	189-335	1179-1903
Ca	56-32	75	52-54	125	260	61-67	28-163
SO ₄	<20-32	27	7.1-10.4	35	46	21-33	3-11
Cl	13-47	18	2-3	123	58	4-5	23-50
K	25-56	42	6.6-10.5	355	56	5-5.5	53-131
NH ₄	7.6-55	1.2	3.1-4.0	230	26	0.7-0.8	28-163
Tot P	<0.1	<0.1	<0.04	0.14	0.17	<0.02	<0.04
				filter 1.5 m		filter 3 m	

	Onderste ven			Grondwater 2		
	1996	2000	2017/19	1996	2000	2017/19 SHV7.2
EGV	213	456	61-295	-	150	41-135
pH _{veid}	7.8-8.5	6.7	5.9-7.0	-	5.2	4.8-5.8
HCO ₃	43-219	89	18-110	-	10	20-61
Ca	14-40	16	7-20	-	4	2.5-5.5
SO ₄	22-68	12	<1-8	-	26	<1-7
Cl	13-22	12	2-9	-	18	1-6
K	18-34	19	1-4.5	-	19	2-6.5
NH ₄	0.5-10	0.2	<0.03-0.1	-	1.2	0.08-0.8
Tot P	<0.05	<0.1	0.05	-	<0.1	<0.01
				filter 1.5 m		

Afgaand op de toetsingscriteria van het OGOR meetnet voldoet ter plaatse van het Onderste ven het grondwater aan de gestelde eisen voor natte heide. De waterkwaliteit van het ven voldoet echter niet aan de vereisten van een zwak gebufferd ven omdat zowel de pH als het bicarbonaatgehalte periodiek te hoog oplopen. Hier valt een verband te leggen met het periodiek van bovenaf toestromende, gebufferde water uit de richting van het Bovenste ven. Voor het overige geldt dat zowel ammonium, sulfaat en ortho fosfaat gehalten zeer laag zijn.



Figuur 4.2 Schrieversheidevennen in een hoogwatersituatie, maart 2002 waarbij oppervlakkige afvoer vanuit het Bovenste ven optrad. (foto H. de Mars)

4.3 Bodemkwaliteit vennen

4.3.1 Inleiding

In de drie vennen is de sliblaag (indien aanwezig), onderliggende waterbodem en de waterbodem/veen laag tussen de verlandende vegetatie bemonsterd en chemische geanalyseerd. Hiermee is bekeken hoeveel waterbodem er aanwezig is en wat de chemische samenstelling hiervan is. De analyseresultaten voor de verschillend onderzochte lagen in de drie vennen staan vermeld in Tabel 4.4 (zie ook Bijlage 5) Voor de gebruikte analysetechnieken wordt verwezen naar Bijlage 3.

Bovenste ven

Uit de bemonstering is gebleken dat het Bovenste ven een relatief kleine zone met open water bevat. Middenin het ven bestaat de waterbodem daar bijna geheel uit puur zand met kiezels met een dun sliblaagje variërend van enkele millimeters tot maximaal 2 cm slib. Boven- en benedenstreams van het ven is een zone met veel verlanding met veenvorming met o.a. Riet, Grote lisdodde en Zeggen. In deze verlandende zone bevindt zich een venige laag van 30 cm tot soms zelfs meer dan 50 cm dikte.



Figuur 4.3. Het Bovenste ven (Foto: G. van Dijk)

Onderste ven

Het Onderste ven bevat tevens een verlande zone met veel Grote lisdodde met een diverse ondergroei. Stroomopwaarts gaat deze verlande zone over in een vochtige laagte met soortenrijke vochtige heide/heischrale vegetatie. In de verlande zone en in de waterbodem hopen zich wel nutriënten op wat tot verzuuring zou kunnen leiden. In het open water zijn zones met kale zandbodem, dichter richting de verlande zone neemt de dikte van de sliblaag toe tot ongeveer 30 á 40 cm dikte.



Figuur 4.4: Het Onderste ven (Foto: G. van Dijk)

Tabel 4.4: De waterbodemsamenstelling in de drie vennen met voor het Bovenste en Onderste ven de sliblaag en onderliggende zandlaag én de veenlaag in de verlandende vegetatie en onderliggende bodem. En voor het Zijven de sliblaag en onderliggende zandlaag.

In de tabel zijn het organisch stof gehalte en chemische samenstelling weergegeven aan de hand van de pH en de concentraties van nitraat, ammonium, fosfor, aluminium, calcium en zwavel in een waterextract (in $\mu\text{mol/l FW}$) en de totaalconcentraties o.b.v. destructie van calcium en fosfor (in mmol/l FW).

	Organisch stof %	pH	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Waterextract μmol/l FW				Destructie Ca P mmol/l FW	
Bovenste ven										
sliblaag ven	4,0	6,4	104,4	13,9	1,7	14,4	2264,6	1109,9	13,0	1,5
zandbodem ven	1,8	6,3	206,1	57,6	0,0	14,9	766,8	322,6	9,3	0,7
veenlaag	41,9	6,0	256,4	223,5	1,0	19,5	1431,1	352,9	20,1	2,4
bodem onder veenlaag	0,9	6,0	130,6	103,0	0,0	12,3	651,8	289,0	8,1	1,0
Onderste ven										
sliblaag ven	3,7	5,8	48,6	13,4	1,1	29,1	523,7	427,2	18,5	3,0
zandbodem ven	1,1	6,0	166,8	172,2	0,4	16,0	422,8	210,6	12,5	12,9
veenlaag	37,5	5,4	34,8	49,2	0,7	45,7	331,1	563,5	25,1	3,5
bodem onder veenlaag	19,2	5,4	85,8	79,5	0,5	36,8	350,9	431,4	20,0	5,1
Zijven										
sliblaag ven	13,2	5,5	137,5	552,8	1,4	67,7	219,6	216,0	9,5	1,9
zandbodem ven	0,9	5,6	126,6	132,5	0,5	73,7	62,6	94,6	2,9	0,9
REFERENTIE DATABASE										
	Organisch stof %	pH	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Waterextract μmol/l FW				Destructie Ca P mmol/l FW	
H4010 'Vochtige heide'										
25 percentiel	4,3	4,2	5,7	7,1	0,5	36,3	22,2	57,9	3,6	1,5
75 percentiel	11,9	4,8	16,5	55,8	3,0	116,9	161,5	169,6	6,4	2,6
H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'										
25 percentiel	2,6	4,3	6,3	9,5	0,2	39,9	33,2	112,0	2,8	2,1
75 percentiel	7,3	4,8	19,3	58,7	0,8	160,4	86,1	221,7	4,0	3,3

Zijven

Zijven is grotere heischrale zone met kleine nattere zone, deze stond in 2019 bijna geheel droog. Aan de noordzijde is een lager gelegen deel wat zo nu en dan plas dras staat of een dunne laag water bevat in natte periode via een sloot in contact staat met het Onderste ven. Tijdens bemonstering bevatte dit ven weinig water. Er was hier dan ook geen sprake van een sliblaag maar meer van een vochtige humeuze toplaag op de onderliggende zandbodem.

4.3.2 Vergelijking van waterbodem met referentie gegevens: consequenties voor beheer

Er is een vergelijking gemaakt van de chemische samenstelling van de waterbodem in de vennen van de Schrieversheide met de standplaatsfactoren van referentievegetaties van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen' in andere gebieden in Nederland (m.b.v. de referentie database van Onderzoekcentrum B-WARE).

Bovenste ven

Uit de vergelijking blijkt dat de sliblaag en de veenlaag in het Bovenste ven te rijk zijn aan mineralen (o.a. Ca en S) een te hoge pH bevatten en te rijk zijn aan nutriënten voor de ontwikkeling van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Voor de onderliggende zandbodem geldt dit in veel mindere mate. Spontaan zullen deze habitatype zich hier dus niet gaan ontwikkelen. Er kan hierom gedacht worden de sliblaag en veenlaag in het Bovenste ven te verwijderen. Het Bovenste ven zal echter ook in de toekomst periodiek worden beïnvloed door grondwater dat onder

invloed staat van de voormalige stortplaats. Het is hierom verstandig zijn deze veenlaag te laten zitten en het als helofytenfilter te laten fungeren voor de stroomafwaarts gelegen vennen. Om overmatige nutriënten af te voeren kan er wel aan gedacht worden om de verlande zone met Riet en Lisdodde periodiek te maaien.

Onderste ven

Uit de bodemsamenstelling van het Onderste ven blijkt dat deze beduidend mineraal armer is als het Bovenste ven en hiermee al meer in de buurt komt van de standplaatscondities van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Maar ook de hier aanwezige sliblaag en onderliggende zandbodem bevatten een hogere pH en hogere concentraties aan mineralen als goed ontwikkelde standplaatsen van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Tevens is de waterbodem hier, zowel de sliblaag en de onderliggende zandbodem, te rijk aan ammonium en fosfor voor de ontwikkeling van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Ontwikkeling van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen' op de locatie van de huidige locatie van het Onderste ven is hierom moeilijk. Voor het herstel en toekomstig behoud van nutriëntarme en zwak gebufferde condities in het Onderste ven wordt hierom aangeraden hier de nutriëntrijke waterbodem (sliblaag en toplaag onderliggende zandbodem) en een deel van de verlande vegetatie te verwijderen. Bij deze werkzaamheden is het wel van belang dat de overgangen naar mooiere schralere vegetaties langs de randen van het ven intact blijven tijdens deze werkzaamheden. Langs de zandige oevers van het ven en de vochtige laagte ernaast welke beide in grotere mate door lokaal (zuur en nutriëntenarm) grondwater vanuit de direct omgeving gevoed worden zijn mogelijk grotere kansen voor de ontwikkeling van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'.

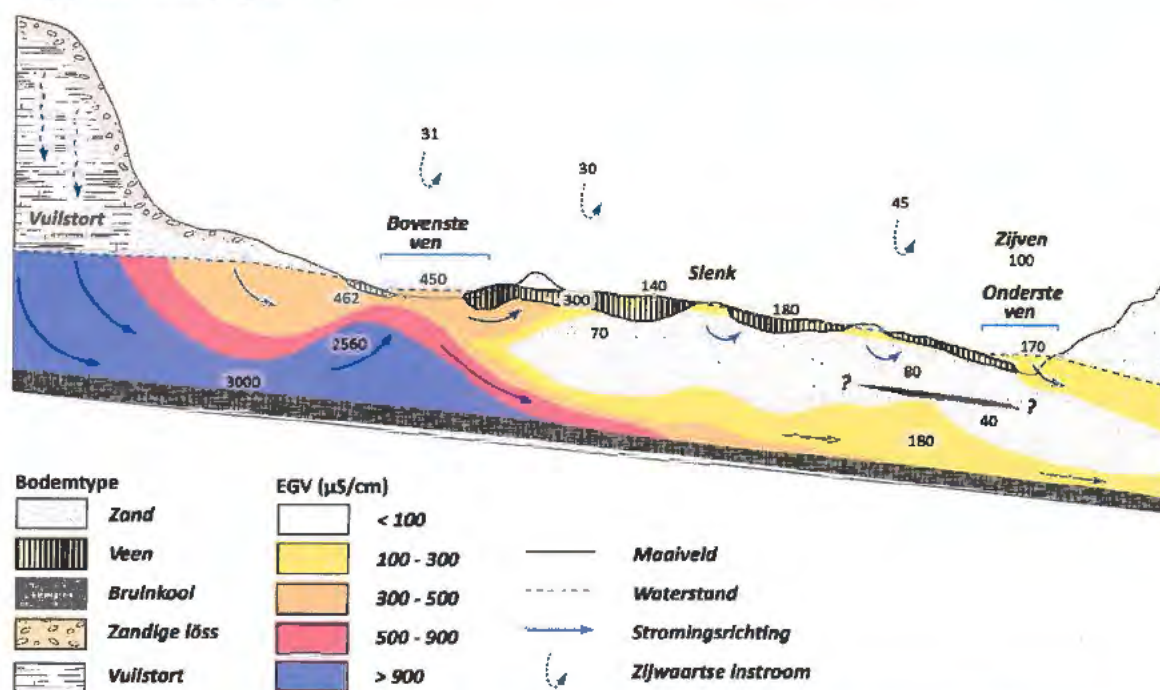
Zijven

Het Zijven is van de drie vennen de meest zure, mineraal- en nutriëntarm locatie. In de natte laagte welke het ven omringt is dan ook al een heischaal-achtige vegetatie ontwikkeld. In de sliblaag in het ven zelf zijn de nutriëntconcentraties nog wel aan de hoge kant voor habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Ook hier zou dus ervoor gekozen kunnen worden om eens in de 5 a 10 jaar een deel van de sliblaag te verwijderen om ophoping van nutriënten en vervuiling te voorkomen (vooral in de laagste zone onderlangs het fietspad). Ook hierbij is het van belang dat de geleidelijke overgangen naar de aanwezige mooi ontwikkelde schralere vegetaties in het ven intact blijven tijdens deze werkzaamheden zodat deze zich na de werkzaamheden kunnen uitbreiden.

5 Synthese

5.1 Integratie

Op basis van dit onderzoek is een gedetailleerder beeld verkregen van de werking van het Schrieversheidevennensysteem. Dit systeem werkt als een soort cascade waarbij water vanuit het Bovenste ven naar het Onderste ven (en het daarmee verbonden Zijven) in noordelijke richting stroomt. Hierbij is het Bovenste ven een stuk mineraalrijker dan het Onderste ven en het Zijven. Dit komt doordat de voeding van het Bovenste ven voor een deel gevoed wordt met regenwater dat op de voormalige vuilstort valt en daar dan infiltreert om vervolgens sterk aan te rijken met mineralen en zware metalen vanuit de afgedekte stortplaats. Verder stroomafwaarts in de cascade neemt het aandeel van dit watertype duidelijk af doordat het aandeel van regenwater en het toestromen van lokaal, mineraalarm grondwater (zeer recent geïnfiltreerd regenwater) hier toenemen. Het huidige onderzoek laat zien dat de invloed van het gebufferde water stroomafwaarts van het Bovenste ven ook zeer oppervlakkig is, dankzij de aanwezige kweldruk van dit onderliggende basenarme grondwater dat toestroomt vanuit de omliggende heide (Figuur 5.1).



Figuur 5-1 Globale werking van het doorstroomstelsel van de Schrieversheidevennen op basis van de huidige inzichten.

Nadere analyse van de grondwaterkwaliteit laat geen andere probleemstoffen zien dan de stikstofbelasting en de sterke mate van buffering in het Bovenste ven, toegevoerd door (periodiek) uittredend grondwater afkomstig en vervuild geraakt door de bovenstrooms gelegen vuilstort. Verder stroomafwaarts zijn geen aanwijzingen aangetroffen die wijzen op het uittreden van dit vervuilde watertype. Wel zijn er aanwijzingen dat dit gebufferde watertype in de diepere ondergrond in verdunde vorm aanwezig is en afstroomt over een daar aanwezige bruinkoollaag en dan zou moeten dagzomen in de Koffiepoel (Figuur 5.1).

De grondwaterstanden in het Schrieversheidevennen-systeem lopen af in noordoostelijke richting. De voormalige venige slenk van de Schrieversheidevennen en de Koffiepoel functioneren nog als één watersysteem, ondanks dat de slenk tegenwoordig onderbroken is door een beboste zandwal. Maatregelen bij de Koffiepoel, zoals het verondiepen van de Koffiepoel en verhogen van het overlaatpeil,

zijn dan ook veelbelovend voor het cruciaal geachte herstel van het lokale grondwatersysteem, zoals uit de modelstudie is gebleken. Door dat systeem zoveel mogelijk te versterken zal meer lokaal schoon grondwater uit de omliggende heide naar het erosiedal met de vennen stromen, hier langer verblijven en zo de invloed van het diepere vervuilde systeem van de vuilstort terugdringen/verminderen. Daarin past ook het tegengaan van de infiltratie van schoon hemelwater bij het Bezoekerscentrum in de vuilstort (en dat daar dan vervolgens vervuild zou raken) en het blokkeren van een snelle, afvoer over maaiveld vanuit het Bovenste ven naar de Slenk in natte tijden, door het venwater juist vast te houden in dit ven. Daarnaast zal de dan nog resterende belasting met nutriënten, mineralen en zware metalen in de vennen uit de vuilstort zoveel mogelijk met intern beheer (maaïen en afvoeren, periodiek afvoeren slib) moeten worden opgevangen.

De bodemkwaliteit van de vennen verschilt sterk tussen de drie vennen. Het Bovenste ven bevat weinig slib maar is wel aan twee zijde dicht gegroeid met Riet en Lisdodde veen. De waterbodem en het veen in het Bovenste ven zijn te mineraal- en nutriëntenrijk voor de habitatype H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Omdat het veen in het Bovenste ven vermoedelijk als helofytenfilter kan functioneren en hiermee de benedenstrooms gelegen delen van het systeem beschermt tegen de invloed vanuit de vuilstort, wordt sterk aangeraden dit te laten liggen maar wel periodiek te maaïen. Het Onderste ven is in verhouding met het Bovenste ven al veel mineraalarmer maar hier hebben zich wel veel nutriënten opgehoopt in de waterbodem. Daarom wordt aangeraden om hier de sliblaag en een deel van de verlande zone te verwijderen ten gunste van toekomstige ontwikkeling en behoud van habitatype H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Het Zijven is al duidelijk mineraal- en nutriëntenarm waardoor hier geen urgente beheersmaatregelen nodig zijn. Op langere termijn moet hier wel rekening worden gehouden met het zo nu en dan verwijderen van de sliblaag om vervuiling te voorkomen.

5.2 Beantwoording onderzoeksvragen

Met deze van de systeemwerking kunnen de onderzoeksvragen die in hoofdstuk 1.2 zijn geformuleerd worden beantwoord.

1. Hoe lopen de verschillende kwelstromen en hoe verhouden deze zich met elkaar (Hoe is de verhouding tussen het regionale versus het lokale grondwatersysteem?).

Deze vraag is beantwoord in een ander PAS-onderzoek gecoördineerd door de provincie:

Hydrologie herstel diepere grondwater. De resultaten van dit onderzoek dienen te worden gebruikt bij het opstellen van herstelmaatregelen.

De werking van het regionale grondwatersysteem is door Kerckhoffs & Swierstra (2019) nader uitgewerkt. Inzichten die hieruit naar voren zijn gekomen over het regionale systeem zijn gebruikt voor de nadere detaillering van het meer lokale Schrieversheidevennen-systeem. Ook zijn deze inzichten, met name de relatie tot de Koffiepoel, gebruikt voor het opstellen van herstelmaatregelen (zie hoofdstuk 5.3).

2. Wat is de huidige kwaliteit van de verschillende kwelstromen?

- De kwaliteit van de kwelstroom vanuit de voormalige vuilstort is slecht (te rijk aan nutriënten, mineralen en zware metalen). Deze kwelstroom voedt alleen het Bovenste ven maar dringt deels in gezuiverde/verdunde vorm door oppervlakkige afstroming ook verder door in de Slenk en het Onderste ven. Het water in deze kwelstroom is rijk aan verschillende mineralen, zware metalen en nutriënten (met name ammonium) en de kwaliteit is ontoereikend voor het Bovenste ven. De kwaliteit van de kwelstromen die het Schrieversheidevennen-systeem zijdelings voeden is daarentegen zeer goed. Dit water infiltreert op de omliggende heide en is daardoor schoon en mineraalarm en zorgt voor een aanmerkelijke verdunning van het vanuit de vuilstort toestromende water.

3. Hoe verloopt de seizoen afhankelijke grondwaterstand voor de locaties habitattypen vochtige heide en pioniersvegetaties en welke kwaliteit heeft dit water?
 - In de peilbuizen bij de vennen zijn zekere seizoenfluctuaties in de stijghoogten gevolgd. De stijghoogten komen overeen met het venpeil of liggen daar net boven vooral tijdens natte perioden. Aan de zuidzijde snijden de vennen het grondwatervniveau vrijwel jaarrond aan. Aan de noordkant zal mede gelet op het heersende isohypsenpatroon sprake zijn van infiltratie. De grondwatertoevoer zal daardoor in de vennen bijna het hele jaar aanwezig zijn, al zal die in intensiteit verschillen.
 - De kwaliteit in het Bovenste ven was het slechtst tijdens een periode met weinig neerslag (mei), aangezien er in deze periode het minste verdunning van het mineraalrijke kwelwater optrad. Er wordt aangeraden het veen in het Bovenste ven te laten liggen om te fungeren als helofytenfilter voor de periodieke invloed vanuit de stortplaats ter bescherming van de benedenstrooms gelegen delen van het systeem. De kwaliteit van het Onderste ven was juist in oktober het minst. Hier is de invloed van de mineraalrijke kwel niet tot nauwelijks aanwezig, maar komt de verrijking waarschijnlijk voort uit de mineralisatie van de organische bodem tijdens de warme zomerperiode en de mogelijk een kort periode van toestroom van dito meer verrijkt water van bovenaf uit de Slenk. Er wordt aangeraden de nutriëntrijke waterbodem en een deel van de verlande zone uit dit ven te verwijderen ten gunste van de toekomstige ontwikkeling en behoud van habitatype H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Daarnaast speelt net als bij het Zijven, bladval en verstoring door recreanten/honden vanaf aan de noordoever mogelijk nog een rol. Het Zijven is veel mineraal- en nutriëntarmer dan de beide andere vennen waardoor hier geen urgente beheersmaatregelen nodig zijn, op langere termijn kan hier wel rekening worden gehouden met het periodiek verwijderen van de sliblaag om verrijking in de toekomst te voorkomen.
4. Hoe groot is het negatieve effect van de afvalberg op de waterkwaliteit voor de habitattypen?
 - Dit effect is zeer groot, zoals ook toegelicht bij vraag 2. De voormalige vuilstort is eigenhandig verantwoordelijk voor de wisselende, matige tot slechte waterkwaliteit die in het Bovenste ven wordt aangetroffen en deels en in meer verdunde maar gezuiverde vorm ook wel doorwerkt tot in het Onderste ven.
5. Voldoet de huidige grondwaterstand en waterkwaliteit om de habitattypen in stand te houden?
 - De huidige grondwaterstanden in de vennen voldoen om de habitattypen H4010A en H7150 in stand te houden. De huidige grondwaterstanden zijn hoog genoeg voor het kernbereik van de gemiddelde voorjaars grondwaterstand voor deze habitattypes (-5 tot 20 cm - mv voor H7150 en 5 tot 30 cm - mv voor H4010A).
 - De waterkwaliteit is echter lokaal matig-slecht, maar vormt niet direct een belemmering om de habitattypen in stand te houden. In zeker zin zorgt de toestroom lager in het systeem voor een zekere mate van buffering waardoor daar verzuring niet snel speelt. In de huidige droogvalfase, hebben zich zeker in het Zijven en het Onderste ven in het afgelopen decennium mede daardoor zeer fraaie plagplek-vegetaties ontwikkeld en handhaven zich daar tot op de dag van vandaag. Zozeer zelfs dat lokaal sprake lijkt van een ontwikkeling richting nat schraalland. Dit alles neemt niet weg dat een aantal vernattingsmaatregelen (zie hoofdstuk 3.4 en 5.3) het systeem ook naar de toekomst toe (klimaat)robuuster kunnen én moeten maken (zie ook Koffiepoel) ten behoeve van de duurzame instandhouding van de habitattypen.

6. Zijn de Schrieverheidevennen en de omliggende habitattypen onderhevig aan verdroging?
- De venpeilen zijn weliswaar lager dan de tijdens situatie van het herstelplan 2001, maar dit betekent niet direct dat de vennen nu verdroogd zouden zijn. Deze referentiesituatie betrof namelijk een natte periode binnen de langjarige hydrologische cyclus. We bevinden ons nu in een drogere periode, zeker na de droge zomers van 2018 en 2019. Desondanks voldoen de (grond)waterstanden nog steeds aan de eisen van de aangewezen habitattypen. De vennen zijn dus niet verdroogd. Er is eerder sprake van een droogvalfase (zie ook vraag 5). Historisch gezien zijn er bovendien ook aanwijzingen dat het systeem na 1960-1980 juist is vernat door het staken van diepe ontwatering in het noordelijker gelegen gebied met de voormalige ontgrondingen. Zoals hiervoor al benadrukt geldt dat een aantal vernattingsmaatregelen (zie hoofdstuk 3.4 en 5.3) het systeem ook naar de toekomst toe (klimaat)robuuster kunnen en moeten maken (zie ook Koffiepoel), niet alleen wat betreft het waterregime maar ook vanuit het oogpunt van de waterkwaliteit.
7. Heeft de onderbemaling van de wijk van Brunssum of de vergroting van de (zwem)vijver van recreatiepark Brunsheim in 2006 invloed op het waterpeil van de vennen?
- Deze ontwikkelingen hebben hoogstwaarschijnlijk geen effect gehad op de hydrologische toestand ter plaatse van de vennen. Het lokale grondwatersysteem wordt juist in hoge mate bepaald door de sterk drainerende werking van Koffiepoel. Daardoor buigt zelfs het regionale afstromingspatroon duidelijk af in noordelijke richting af naar de Koffiepoel.
8. Welke herstelmaatregelen zijn te nemen om eventuele knelpunten van verbasing, eutrofiering en verdroging op te lossen?
- In hoofdstuk 5.3 zijn enkele herstelmaatregelen uitgewerkt om deze knelpunten op te lossen. Essentie is het versterken van het lokale grondwatersysteem die de afstroming van oppervlakkig schoon grondwater uit de omliggende heide versterken. De sleutel daarvoor ligt vooral in de Koffiepoel. Daarnaast dient in natte tijden een oppervlakkige afvoer over het dammetje bij het Bovenste ven te worden voorkomen. Er wordt aangeraden de nutriëntrijke waterbodem en een deel van de verlande zone met dicht riet en lisdodde uit het Onderste ven te verwijderen ten gunste van toekomstige ontwikkeling en behoud van habitatype H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Tevens zou de verlande zone van het Bovenste ven periodiek gemaaid kunnen worden om verdere verruiging in de toekomst te voorkomen.
 - Daarnaast wordt geadviseerd zeer terughoudend te zijn bij een eventuele opschoning van droogvallende delen van de vennen voor zover die, zoals nu vaak het geval is, geen wezenlijke verruiging/eutrofiering laten zien. Extra uitdiepen, om de watervoerendheid van droogvallende delen te verlengen, wordt daarom zeer sterk afgeraden. Daardoor lekt in het Onderste ven in nattere tijden het van hogeraf toestromende basenarme water juist weer makkelijker weg naar de ondergrond (ontbreken bodemweerstand). Bovendien heeft zelfs in het Onderste ven dat al geleid tot verslechtering en eutrofiering, vermoedelijk door (recreatieve) verstoring. Het periodiek 'openen' van kwelvensters in het Bovensten ven met het minder gewenste diepere, basenrijke grondwater in droge perioden is door een eventueel dieper uitgraven (wegvallen weerstand) ook niet denkbeeldig. Maar dat zal zeker ook gebeuren als in natte perioden het water ook nog eens noordwaarts over maaiveld tot afstroming zou komen. naar de Slenk zoals nu ook wel gebeurd.

9. Wat is de kansrijkdom van deze herstelmaatregelen, of dient er een andere habitatype in stand te worden gehouden?
 - Als de herstelmaatregelen, zoals genoemd onder punt 8 en in hoofdstuk 5.3 worden uitgevoerd, is de verwachting dat de habitattypen in de Slenk, het Onderste ven en Zijven meer duurzaam in stand gehouden kunnen worden en mogelijk nog in omvang uit kunnen breiden. Het Bovenste ven zal echter nog tot in lengte van jaren een relatief basenrijk ven blijven. Toch kunnen zelfs daar langs de oevers de plagplek-vegetaties in stand kunnen blijven, zeker als de betreding kan worden verminderd (niet beëindigd). Lokaal lijkt zelfs perspectief voor de ontwikkeling van basenrijk nat schraalland. Een aanzet daartoe is in de zuidpunt van dit ven al aanwezig. Maaibeheer zou dit kunnen bestendigen. Tevens wordt geadviseerd, indien mogelijk, om ook het rietmoeras aan de noordzijde, niet te verwijderen maar wel in maaibeheer te nemen. Hiermee blijft dit moeras en zijn zuiverende werking behouden voor de stroomafwaarts gelegen veenslenk en vennen. Wel zullen door het beheer de door de jaren heen opgehoopte nutriënten worden afgevoerd. (zie ook hoofdstuk 4.1 en 4.2).
10. Heeft herstel van het infiltratiesysteem met inbrengen van dakwater Bezoekerscentrum nog enig nut. Wat is de verhouding dakwater ten opzichte van de kwelintensiteit?
 - Ja dit infiltratiesysteem kan een substantieel aandeel van de kwelvoeding van het Bovenste ven leveren. In het herstelplan (IWACO, 2001) is bepaald dat dit aandeel 20-25% van het totaal aan kwelvoeding betreft. Dit aandeel is schoon omdat het niet door de vuilstort heengaat en verdunt daarmee de vervuilde kwel met 20-25%. Daarnaast neemt ook de lokale kweldruk aan de zuidpunt van het Bovenste ven daardoor wat toe.
11. Hoe kunnen we de grondwaterstand verhogen indien dit noodzakelijk is?
 - Mogelijkheden hiertoe worden besproken in hoofdstuk 3.4 en 5.3.
12. Uit monitoring blijkt dat sinds het Zijven aan het noordelijke ven is gekoppeld, de waterkwaliteit van het Zijven is veranderd. Kunnen de verschillende vennen en specifiek het Zijven hydrologisch geïsoleerd worden?
 - Het is mogelijk om de greppel die het Onderste ven met het Zijven verbindt dicht te gooien. Hierdoor zal het Zijven geen oppervlaktewater van het Onderste ven meer ontvangen en wordt het "hydrologisch geïsoleerd". De voeding van het Zijven zal dan alleen nog bestaan uit regenwater en lokaal geïnfiltreerd, zuur grondwater. Deze greppel is in 2001/2 juist hersteld om verzuring van dit ven tegen te gaan. Het Zijven bezit overigens nog steeds zuurdere en mineraalarmere condities dan het Onderste ven.
 - In de huidige situatie staat de greppel een deel van het jaar zelfs droog. Er stroomt feitelijk alleen water van het Onderste ven naar het Zijven als het peil van het Onderste ven hoog genoeg staat, in natte tijden. En zelfs dan stroomt dat water niet makkelijk toe omdat het Zijven doorgaans op een net iets hoger peil staat. Dit is tevens de periode dat de waterkwaliteit van de vennen juist goed is (door het hogere aandeel regenwater en lokaal grondwater). De verbinding tussen beide vennen is dus inderdaad de "bedoelde" oorzaak van de veranderde waterkwaliteit in het Zijven. Gezien de uitbundige Snavelzegge begroeiing in de verbindingssloot en de fraaie plagplek-vegetatie in het momenteel al enige tijd grotendeels drooggevallen Zijven, heeft dat een gunstig effect gehad. Echter, de overhangende bosrand (bladval) en het fietspad zijn hier nog steeds potentiële bronnen van verstoring/ eutrofiëring/betreding. Omdat tegen die beschaduwde oever het langst water blijft staan kan dat ter plaatse zorgen voor een verslechtering van de kwaliteit

13. Draagt het overmatig recreatiefgebruik van de vennen en omgeving bij aan de verslechtering van de habitattypen?
- De honden die regelmatig de vennen betreden hebben ongetwijfeld een negatief effect op de kwaliteit van de vennen, door het telkens opwervelen van bodemmateriaal en eventuele uitwerpselen. Dit effect is echter minder bepalend, aangezien de voeding met verontreinigd grondwater, zeker in het Bovenste ven, een veel duidelijker invloed heeft op de waterkwaliteit.
 - Betreding van de kwetsbare vegetaties kan lokaal wel bijdragen aan de verslechtering van de habitattypen. In de drooggevallen delen van het Onderste ven en het Zijven zijn, bijvoorbeeld, zonnedaauw (*Drosera spec.*) en moeraswolfsklauw (*Lycopodiella inundata*) zeer talrijk aanwezig maar die zijn gevoelig voor overmatige betreding. Echter, enige lichte betreding draagt juist bij aan het langer voortbestaan van deze plagplek pioniers omdat er meer open plekken in stand blijven die ook onder wat voedselrijkere omstandigheden dan niet snel dichtgroeien met grassen of heide. Bij het Bovenste ven is betreding van het ven en de venoevers wel zodanig intensief dat de vegetaties er onder te lijden hebben.
14. Draagt eventueel baggeren van de vennen bij aan de achteruitgang van de habitattypen? Draagt het laten verlanden van de vennen bij aan de verbetering van de habitattypen?
- Ja, in het Onderste ven draagt gericht verwijderen van de dichte riet-lisdodevegetatie en slib in een deel van het ven bij aan behoud en herstel van de aanwezige habitattypen (natte heide en pioniervegetaties), zie ook hoofdstuk 4.3 en onderzoeksvraag 8. Verwijderen van aanwezige veenlagen moet echter wel worden voorkomen. Dat versterkt de infiltratie en daarmee het versneld wegzakken van water.
 - Het Bovenste ven kan verder verlanden om te fungeren als filter voor de benedenstrooms gelegen delen van het systeem, zie ook hoofdstuk 4.3 en onderzoeksvraag 8.
15. Draagt het verwijderen van het dijklichaam/de hoogtes rond om de vennen bij aan verbetering van de habitattypen?
- Nee. Dit werkt zelfs contraproductief. Het dijkje/wandelpad dat het Bovenste ven van de Slenk het Onderste ven scheidt vormt geen wezenlijke barrière voor de diffuse doorstroming in dit cascadesysteem. Het water infiltreert geleidelijk bovenstrooms van het dijkje en kwelt benedenstrooms weer op. Ook andere drempels en maaiveldhoogten rondom de vennen werken in die zin niet belemmerend.
 - Het dijkje tussen het Bovenste ven en de Slenk heeft kwalitatief zelfs een bijzonder gunstige werking omdat het de verblijftijd van het water in het ven vergroot en daarmee de natuurlijke "zuivering" versterkt. Met een aanvullende maaibeheer kan hier nog verder op worden in gespeeld (zie ook 9).
 - Het verwijderen van het dijkje tussen het Bovenste ven en de Slenk zou er toe leiden dat de afstroming van water uit het ven toeneemt en het waterpeil daarmee structureel zal dalen, ten nadele van de aanwezige oevervegetaties. Door het lagere venpeil zal de drainerende werking van het ven op het grondwater ook toenemen. Daardoor zal dus verhoudingsgewijs ook meer en dieper, sterker belast grondwater uittreden in het ven. Zoals beschreven voor de situatie in 2002 met een afstroming over het dammetje, opent zich dan ook een kwelvenster met sterk belast/gebufferd grondwater. De (frequentere) oppervlakkige afstroming van dat verontreinigde kwelwater via de Slenk zal daar en in het Onderste ven juist een negatief effect hebben op de vegetaties. Het is aan te bevelen om dat dammetje tussen het Bovenste ven en de Slenk juist op te hogen in het licht van de door klimaatverandering naar verwachting vaker terugkerende zware

neerslagperioden. Door het extra vasthouden van regenwater in het Bovenste ven kan het openen van het kwelvenster van diep, belast grondwater zoveel kan worden beteugeld en de afstroming daarvan worden voorkomen.

16. Heeft de toename verhard oppervlak in het bungalowpark gevolgen gehad voor de grondwateraanvulling nabij het Zijven-Onderste ven.
 - Het isohypsenpatroon geeft geen concrete aanwijzingen om te veronderstellen dat daarvan sprake is. Daarbij is bekend dat conform vergunning voor de ombouw van het park (Gem. Brunssum, 2014), de daken van de bungalows zouden zijn afgekoppeld van het riool. Het meeste neerslagwater zou dan middels infiltratie alsnog in de grond worden teruggebracht. Omdat door afkoppeling minder verdamping optreedt zou ter plaatse sprake kunnen zijn van een wat grotere grondwateraanvulling. Ook daarvan is echter in het isohypsenpatroon niets van te merken. Een dergelijke extra toevoer zou gelet op de stroomrichting ook niet of nauwelijks ten goede komen aan het Zijven of het Onderste ven maar aan het gebied ten noordoosten (stroomafwaarts van) het bungalowpark.
17. Gaat er een hydrologische invloed uit van de Koffiepoel op de waterstanden in deze onderste vennen. (Uit de Koffiepoel stroomt vaak kwelwater af en staat daarbij meters lager dan de vennen en de zwemvijver op het park).
 - Ja, de Koffiepoel heeft een grote hydrologische invloed op het Schrieversheidevennen-systeem en beide moeten dan ook als één watersysteem worden beschouwd. De Koffiepoel zorgt in het bijzonder voor een verzwakking van de lokale grondwaterafstroming naar de vennen. Deze lokale component is zeker naar de toekomst toe van groot belang om de invloed van het diepere vervuilde grondwater uit de vuilstort te beperken.

5.3 Herstelmaatregelen

In deze paragraaf worden verschillende herstelmaatregelen voorgesteld voor het duurzame behoud van de habitattypen in en rond de Schrieversheidevennen en de Koffiepoel. In *Figuur 5-2* worden de maatregelen op een maatregelenkaart weergegeven.

Verondiepen van de Koffiepoel en ophogen van het overlaatpeil

De Koffiepoel en de Schrieversheidevennen maken onderdeel uit van hetzelfde watersysteem. Maatregelen in de Koffiepoel hebben daardoor ook direct effect in de Schrieversheidevennen. Kerckhoffs & Swierstra (2019) hebben een scenarioberekening uitgevoerd waarin het positieve effect van deze maatregel is aangetoond, zowel voor de Koffiepoel als voor de Schrieversheidevennen. De lokale grondwatercomponent wordt hiermee versterkt.

De eerste stap is om de Koffiepoel te verondiepen bij voorkeur met lokaal gewonnen zand. Er is ca. 40-45.000 m³ zand nodig om de Koffiepoel te dempen of te sterk te verondiepen. De opvulling dient gezien de aanwezige kweldruk dan tot ruim boven het toekomstig na te streven peil (zie onder) plaats te vinden. Hierdoor kan in het opgevolde gedeelte het grondwaterpeil stijgen tot boven het (huidige en toekomstige) waterpeil, terwijl er ter plaatse nog wel een oppervlakkige afvoer over maaiveld zal blijven plaatsvinden. De gemiddelde waterbodem van de poel ligt op dit moment op ca. 76,4 m +NAP (CSO, 2006). Het waterpeil van de Koffiepoel bedraagt ca. 78,9 m +NAP en het oppervlak ca. 17.500 à 18.000 m². Het zand kan worden afgegraven binnen de Brunssummerheide, o.a. het oude gronddepot aan noordoever van de Koffiepoel, in het eventueel noordwaarts open te leggen dal van de Koffiebeek (zie onder) en eventueel op de zandvlakte. Indien toch wordt gekozen voor slechts een gedeeltelijke opvulling, bijvoorbeeld de beide, drainerende, zuidwaarts gerichte armen, is vanzelfsprekend minder zand nodig. Het beoogde hydrologische effect is dan eveneens minder groot.

De tweede stap is om het overlaatpeil van de Koffiepoel heel geleidelijk op te hogen tot ca. 79,2 m +NAP. Dit dient geleidelijk uitgevoerd te worden, zodat de Hoogveenbossen rond de Koffiepoel zich kunnen instellen op het nieuwe peil. De overlaat van de Koffiepoel naar de Koffiebeek bestaat nu uit een pvc-buis en een duiker onder een metershoge en -brede zandrug. Die zandrug in het dal van de Koffiebeek vormt een barrière voor de natuurlijke afstroming van water uit de Koffiepoel. Door die zandrug te verwijderen kan een doorlopend beekdalsysteem ontstaan, zoals nu in de Roode beek. Het vrijkomende zand kan ook gelijk worden gebruikt voor het verondiepen van de Koffiepoel. De realisatie van deze dalvormige, open verbinding naar het Roode beekdal dient nader onderzocht te worden. Aandachtspunt is het gegeven dat het verval tussen de uitstroompunt van de Koffiepoel en het Roode beekdal over een korte afstand, met zeker 2 m hoogteverschil, aanzienlijk is. Het valt te bezien of dit zonder technische oplossingen op een landschappelijk verantwoorde wijze is in te passen. Een landschappelijk wellicht minder gecompliceerd alternatief zou een meer noordwaarts gerichte afvoer kunnen zijn. Wel dient dan bekeken te worden wat een noordwaartse afvoer eventueel betekent voor de watervoerendheid van het moerasgebied waar de Koffiebeek nu doorheen gaat.

In beide gevallen wordt hiermee niet de "oorspronkelijke loop" van de Koffiebeek hersteld, hoewel voor de mijnactiviteiten en het ontstaan van de Koffiepoel deze beek weliswaar ook in noordelijke richting afwaterde alvorens zich (grootweg ter hoogte van de huidige Rimbürgerweg) bij de Roode Beek te voegen (Bijlage 5: Figuur B2). Dat gebied is echter ook totaal vergraven.

Beide varianten zouden qua bodemopbouw, inpassing en ecohydrologisch nader onderzocht moeten worden.

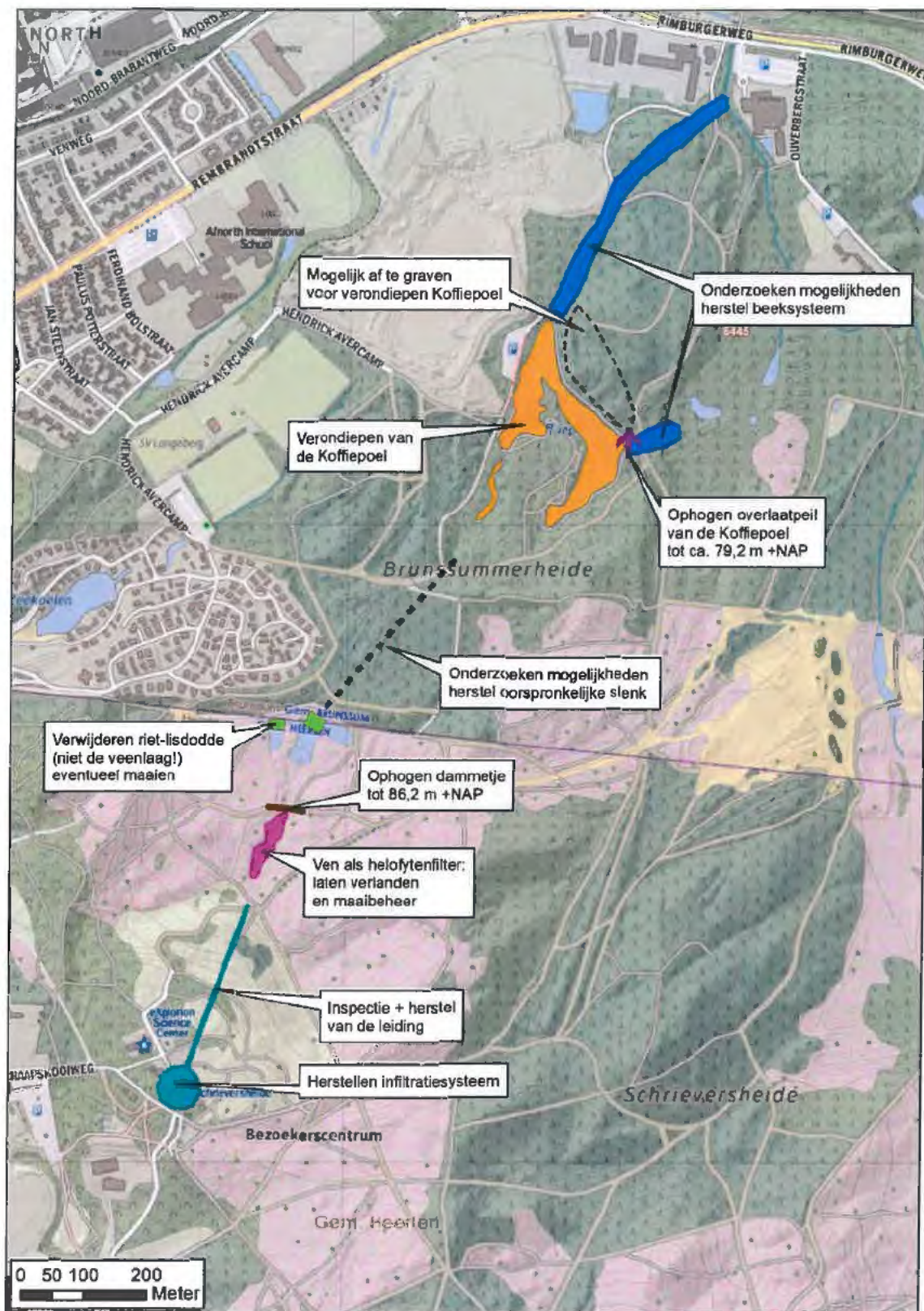
Een lange termijn maatregel is het eventueel open leggen van de oorspronkelijke slenk tussen het Onderste Schrieversheideven en de westelijke arm van de Koffiepoel. Hiermee zou de samenhang van het veengebied met het Roode beekdal weer kunnen worden hersteld en nieuwe habitats kunnen worden ontwikkeld. Het met naaldhout beboste gronddepot dat hier nu ligt, is vanaf omstreeks 1930 gestort in een vrij groot veengebied dat op deze plek lag (Bijlage 1 figuur B2). Voor zover valt na te gaan is dat deel van het gebied voorafgaand nooit vergraven. Middels aanvullend onderzoek (diepe boringen) zou in eerste instantie de ligging van dat bedolven systeem in kaart moeten worden gebracht (op zich kan dit al op korte termijn). Indien dat veensysteem nog aanwezig is, kan vervolgens de verdere planvorming ter hand kunnen worden genomen (hydrologisch, inpassingsmogelijkheden etc.). De aanwezigheid van het bungalowpark is hierbij vanzelfsprekend een harde randvoorwaarde.

Tot slot is geldt voor vrijwel alle hierboven voorgestelde, hydrologisch inrichtingsmaatregelen dat het belangrijk is om de effecten van meet af aan te monitoren. Hiertoe dient een hydrologisch meetnet met peilbuizen rond de Koffiepoel en de Schrieversheidevennen te worden ingericht en gemonitord. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van een aantal bestaande peilbuizen.

Ophogen dam noordzijde Bovenste ven

Onder zeer natte condities stijgt het venpeil zo hoog dat er oppervlaktewater over het wandelpaadje annex dammetje in de noordpunt van het Bovenste ven stroomt (actueel 85,7m +NAP). Dit versterkt de drainerende werking wat gepaard gaat met het verschijnen van een kwelvenster van vervuild dieper grondwater in het centrale deel van het ven (mede door het ontbreken van de venige, weerstand biedende laag aldaar).

Om dit te voorkomen moet afstroming over de dam worden voorkomen en zoveel mogelijk lokaal (regen)water langdurig worden vastgehouden. Dit is eenvoudig te realiseren door het wandelpad/dammetje enkele decimeters op te hogen tot 86,2 m +NAP. Dit mag uitdrukkelijk alleen met gebiedseigen schoon, mineraalarm zand.



Figuur 5-2: Maatregelenkaart met de te nemen herstelmaatregelen in het onderzoeksgebied.

Opschonen van de vennen

Er wordt sterk aangeraden het veen in het Bovenste ven te laten liggen om te fungeren als helofytenfilter voor de periodieke invloed vanuit de stortplaats ter bescherming van de benedenstrooms gelegen delen van het systeem. Er wordt wel aangeraden de nutriëntrijke waterbodem en een (klein) deel van de verlande zone met dicht Riet en Lisdodde uit het Onderste ven te verwijderen ten gunste van toekomstige ontwikkeling en behoud van habitattypen H4010 'Vochtige heide' en H7150 'Pioniersvegetatie met snavelbiezen'. Het Zijven is mineraal- en nutriëntarmer in vergelijking met de andere twee vennen waardoor hier geen urgente beheersmaatregelen nodig zijn, op langere termijn kan hier wel rekening worden gehouden met het periodiek verwijderen van de sliblaag onderlangs het fietspad om vervuiling in de toekomst te voorkomen.

Het verwijderen van de weerstand biedende veenlaag in het Onderste ven zal het versneld weglekken van bovenaf toestromend neerslagwater in de hand werken.

Herstellen van het infiltratiesysteem

In het herstelplan (IWACO 2001) is een maatregel bedacht die de vennen ten goede zou komen. Om het intrekgebied van extra schoon water te voorzien is het regenwater van de daken van de verschillende gebouwen bij het Bezoekerscentrum verzameld en via leidingen naar de voet van de vuilstort geleid. Hier werd het water via een lavakoffer (put gevuld met lava) in de bodem geïnfilteerd. In de loop der tijd is dit infiltratiesysteem deels in verval geraakt en zijn de leidingen mogelijk onderbroken of verstopt geraakt. Hierdoor is het infiltratiesysteem niet meer functioneel en is ook het positieve effect afwezig. Door het infiltratiesysteem weer te herstellen zal 20-25% van de kwel uit de vuilstort bestaan uit schoon regenwater en zal de kwaliteit hierdoor ook met 20-25% verbeteren.

Om het infiltratiesysteem te herstellen zullen de verschillende onderdelen van het systeem gecontroleerd moeten worden en indien nodig gerepareerd moeten worden. De verschillende onderdelen zijn de hemelwateropvang bij het Bezoekerscentrum, de leidingen voor transport naar de voet van de vuilstort en de lavakoffer waar het water infiltreert. De hemelwateropvang en de lavakoffer zullen nog grotendeels in goede staat zijn, maar het is goed om deze na te lopen en eventueel onderhoud uit te voeren. De leiding voor transport van het water is het cruciale onderdeel dat hersteld moet worden. Door verschuivingen in de ondergrond is deze waarschijnlijk defect geraakt.

Dat kan met behulp van een camera-inspectie van de leiding om eventuele breuken en verstoppingen op te sporen. Op basis daarvan kunnen dan zo nodig vervolgstappen worden gedefinieerd. In geval van verstopping kunnen die worden schoon gespoten of moet worden gedacht aan een meer robuuste leiding die enige (bodem)verschuivingen en fricties kan weerstaan.

Referenties

Broeder Arnoud, 1967. De Brunssummerheide, pp 2-4, In: Kuyl, S. et al. (red.). De ontluistering van de Brunssummerheide. Natuurhist. Genootschap/ Stichting Limburgs Landschap/ IVN gewest Limburg.

CSO, 2006. Kwaliteitsonderzoek open wateren Brunssum. Projectnummer 05.B270.10.

De Mijnstreek.nl, 2015. <https://www.demijnstreek.nl/index.php>

Dijk, G. van, F. Smolders, H. de Mars, N. Straathof, C. Fritz, R. van der Burg & A. Jansen 2019. Helling- en doorstroomvenen bij Brunssum, pp. 322-333. In: A. Jansen & A. Grootjans (red.) Hoogvenen, landschapsecologie, behoud, beheer herstel. Noordboek natuur, Gorredijk.

DINOloket, 2019. <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>

Ganzevles, P.H.J. & H. van Ziel, 1994. Beheersvisie Brunssummerheide 1994. Buro Hemmen.

Gemeente Brunssum, 2014, Ruimtelijke onderbouwing t.b.v. een omgevingsvergunning voor het oprichten van 13 chalets op Landgoed Brunsheim te Brunssum (Ontwerp; L.IMRD.0899. OV13Chalets-on01), Brunssum.

IWACO, 2001. Herstelplan Schrieversheidevennen (Beschermd Natuurmonument Brunssummerheide). IWACO-rapportnummer 38474, 's Hertogenbosch.

Kerckhoffs, T. & W. Swierstra, 2019. Onderzoek regionale grondwatersysteem Brunssummerheide; PAS-onderzoek 59. Projectnummer: BG2736. Royal HaskoningDHV, Maastricht.

Mars, H. de, M. Boute & R. Gubbels, 2002. De Schrieversheidevennen; een uniek doorstroomsysteem in de knei. Natuurhistorisch Maandblad, 91(9):211-217.

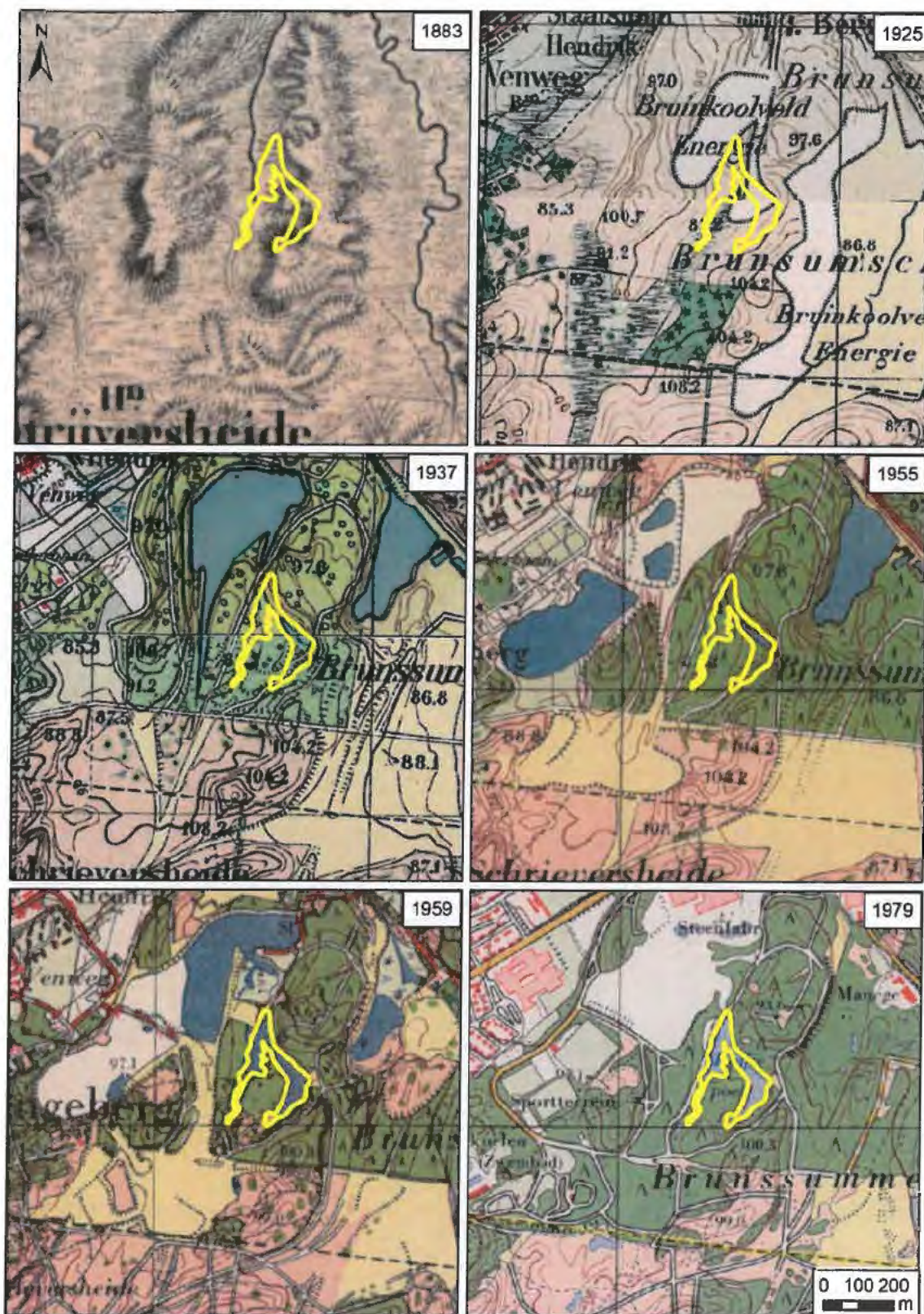
Mast, G. van der, 1983. 10 jaar actief natuurbeheer in Brunssummerheide en Schinveldse bossen. Natuurhistorisch Genootschap, Maastricht.

Bijlage 1 - Schets van de Delfstofwinningen vanaf 1900

De omgeving van de Brunsummerheide kent een rijk verleden aan mijnbouw. Naast de winning van klei en zilverzand, die op veel locaties nog steeds gaande is in de Oostelijke mijnstreek, werd er in de twintigste eeuw ook volop bruinkool gewonnen in de regio. In Figuur B1 worden enkele bruinkoolgroeves weergegeven waar door de firma Bergerode bruinkool werd gewonnen (demijnstreek.nl 2015). Deze bruinkoolwinningen hadden een grote invloed op de regionale hydrologie en hebben ook hun sporen nagelaten in het landschap. Zo zijn de groeves zelf vaak als (diepe) kuilen achtergebleven en zijn ze nu deels nog zichtbaar als vijvers. Groeve Energie is verantwoordelijk geweest voor het ontstaan van de Koffiepoel (Figuur B2). Anderzijds werden de restproducten van de mijnbouw, zoals mijnsteen en mijnslik, op specifieke locaties gestort waardoor hier onnatuurlijke ophogingen van het landschap ontstonden. In de omgeving zijn er veel delen opgehoogd dan wel afgegraven, zoals te zien in Figuur B4.



Figuur B1 Overzicht van de voormalige bruinkoolmijnen in de omgeving van de Koffiepoel
(<https://www.demijnstreek.nl/bruinkoolbergerode.php>)



Figuur B2 Ontwikkeling van de Koffiepoel door de jaren heen (bron: Kadaster). Gele contour toont de actuele omtrek van de Koffiepoel. In 1979 worden de Schrieversheidevennen voor het eerst weergegeven.

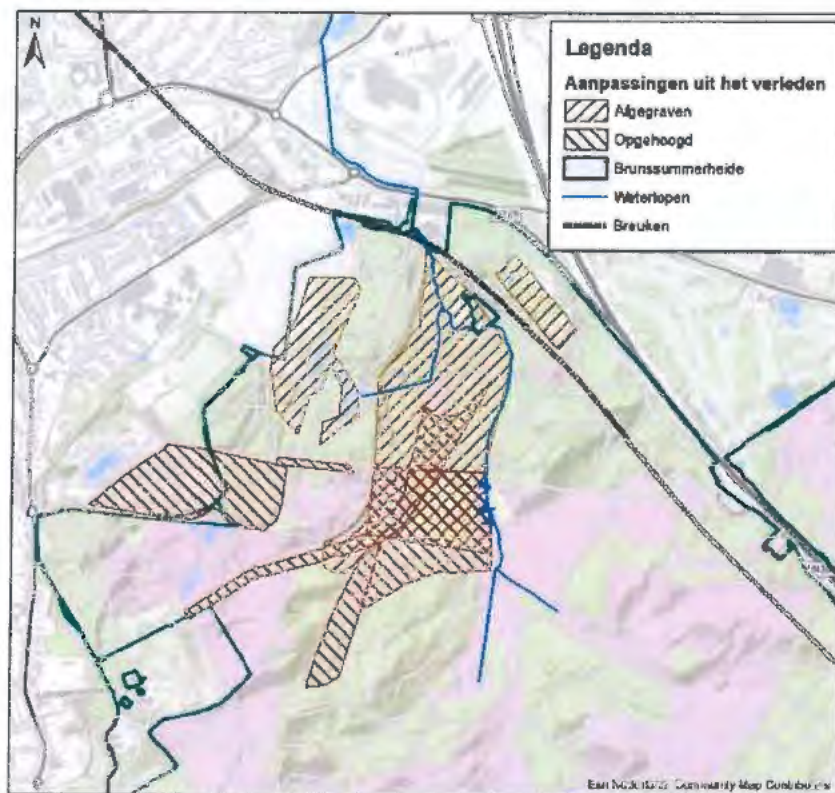
In de groeve Energie (Jaartsveld), gelegen rondom de huidige Koffiepoel (Figuur B1 en Figuur B2) werd tijdens de tweede wereldoorlog volop bruinkool gewonnen. Tijdens deze winning was hier een metersdiepe put aanwezig (Figuur B3). In 1949 werd de winning hier stopgezet en in 1953 werd de put in gebruik genomen als slikbassin voor de kolenwasserij van de nabijgelegen Staatsmijn Hendrik (demijnstreek.nl, 2015). De aanwezigheid van een dergelijke put 'benedenstrooms' van de Schrieversheide heeft ecohydrologisch gezien flinke gevolgen gehad. Deze groeve draineerde de grondwaterstanden namelijk aanzienlijk, met de bijbehorende gevolgen voor de natte natuur op Schrieversheide. Met het opvullen van deze groeve vanaf 1953 is begonnen aan het herstel van het ecohydrologische systeem, waarna ook de natte natuur weer een kans kreeg. De moerassige zone die hier omstreeks 1925 nog aanwezig was, is volledig verdwenen ten tijde van de massale bruinkoolwinning en op de topografische kaart van 1979 worden de Schrieversheidevennen pas voor het eerst weergegeven.



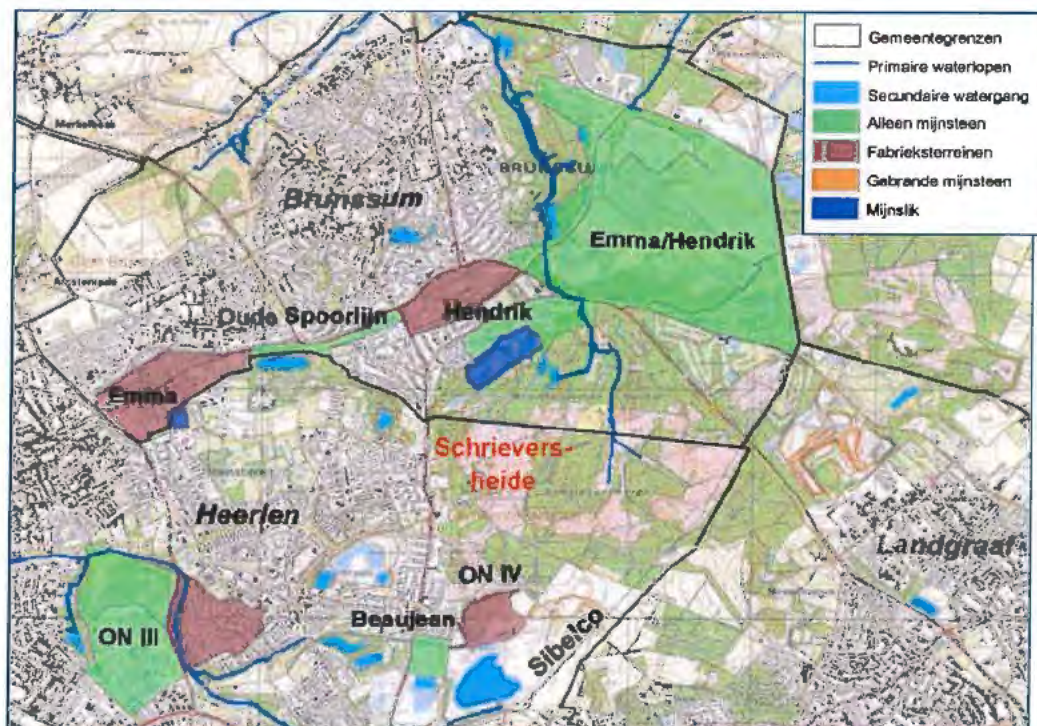
Figuur B3: Diep uitgegraven en ontwaterde bruinkoolgroeve Energie, ca1924

Op de kaart van 1883 is ook te zien dat de Koffiebeek destijds in noordelijke richting afwaterde richting de Roode beek (Figuur B2). De (voorganger van de) Koffiebeek lag toen nog natuurlijk in de slenk waar de Schrieversheidevennen en de Koffiepoel in liggen en die tegenwoordig onderbroken is met opgevuld materiaal tussen beide (Figuur B4). Tegenwoordig watert de Koffiepoel echter niet meer af in noordelijke richting (zoals de Koffiebeek dat voor de mijnactiviteiten deed), maar watert de Koffiepoel af in oostelijke richting waar het overgaat in de Koffiebeek. Hierbij wordt de ophoging die de oorspronkelijke slenk in het oosten flankeerde doorkruist en is de Koffiebeek in het dal van de Roode beek komen te liggen.

Onderstaande Figuur B5 toont nog een overzicht van de mijnsteen- en mijnslikstortplaatsen in de omgeving van de Brunssummerheide (Provincie Limburg 2012).



Figuur B4 Schematische weergave van de historische vergravingen en ophogingen op de Brunssummerheide (Kerckhoffs & Swierstra 2019, bron Prov. Limburg).

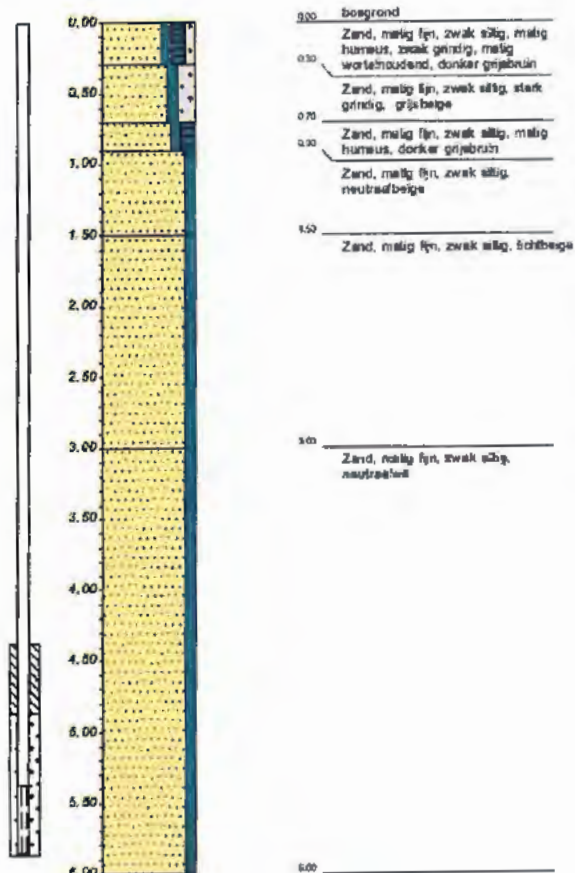


Figuur B5 Overzicht van de mijnsteen- en mijnslikstortplaatsen in de omgeving van de Brunssummerheide (Provincie Limburg 2012).

Bijlage 2 - Boorprofielen

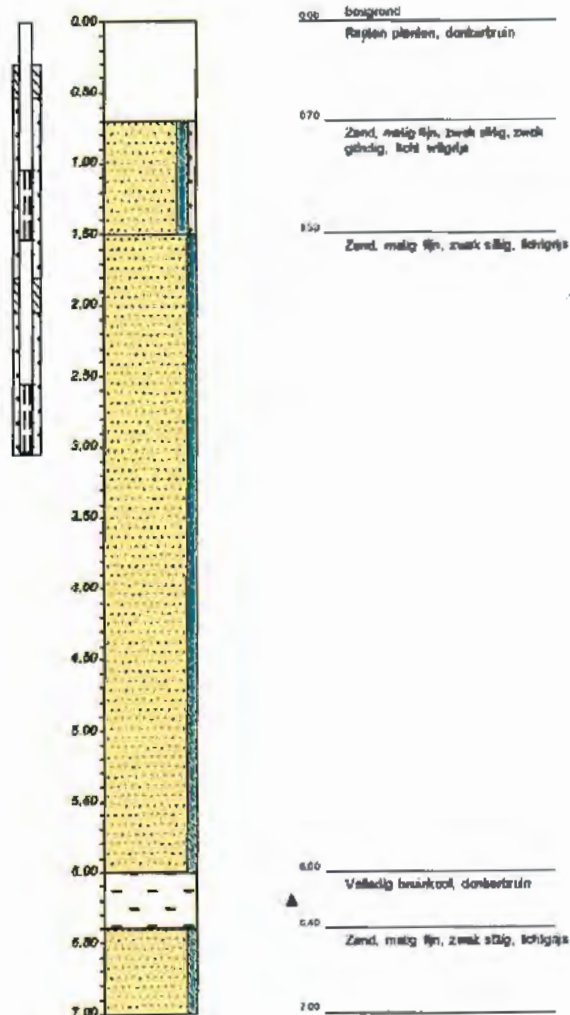
Boring: 5.3-

Datum: 18-12-2018



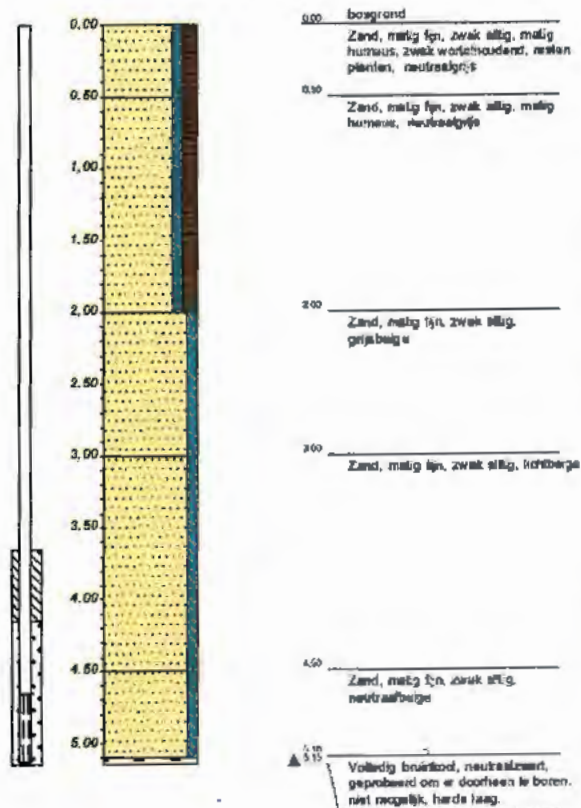
Boring: 1.2-

Datum: 18-12-2018



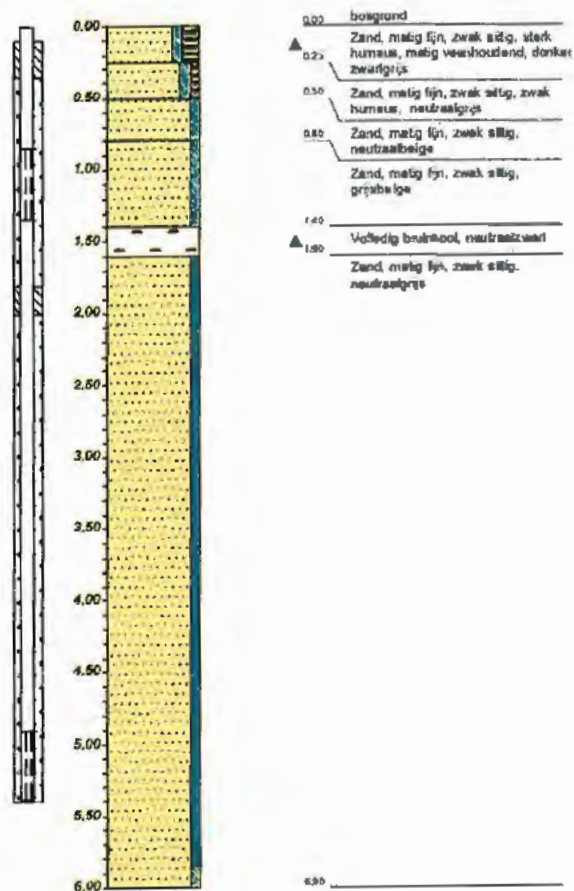
Boring: 9.3-

Datum: 15-12-2018



Boring: 7.3-

Datum: 15-12-2018



Bijlage 3 - Analysetechnieken Grond- en Oppervlaktewater en Waterbodembchemie

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'.

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door een vast volume van het bodemmateriaal per monster af te wegen in aluminium bakjes en gedurende minimaal 48 uur te drogen in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal terug gewogen en het vochtverlies berekend. Dit alles werd in duplo uitgevoerd. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal per monster, na het drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien van de monsters werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt in dit type bodems goed overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het bodemmateriaal te bepalen. Dit werd uitgevoerd door het bodemmateriaal na het drogen op 60°C te vermalen. Van het bodemmateriaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd en de vaatjes werden geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werden de monsters overgegoten in 100 ml maatscilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q water. Analyse vond plaats op de Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-AES; Thermo Electron Corporation, IRIS Intrepid II XDL).

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 (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 4a – Grond- en oppervlaktwaterkwaliteit

Locatie	Waarheen	QW/GW	pH	alk meq/l	EDV (µmol/l)	TIC (µmol/l)	CO2 (µmol/l)	HCO3 (µmol/l)	Al (µmol/l)	Cu (µmol/l)	Fe (µmol/l)	K (µmol/l)	Mg (µmol/l)	Mn (µmol/l)	P (µmol/l)	S (µmol/l)	Si (µmol/l)	Zn (µmol/l)	NO3 (µmol/l)	NH4 (µmol/l)	PO4 (µmol/l)	As (µmol/l)	K (µmol/l)	Cl (µmol/l)	
Datum																									
12-12-2018	S403	Boventen ven	OW	7.4	2.1	254.0	2138.7	198.9	1990.7	5.4	802.8	16.2	139.2	208.5	2.1	0.4	166.7	83.9	0.4	59.4	74.0	0.5	155.7	205.5	96.3
12-12-2018	S402	Ondersten ven	OW	6.5	0.9	185.9	702.1	316.8	386.3	9.2	317.7	2.6	139.2	100.5	0.2	1.5	366.9	58.7	0.6	34.4	7.1	0.8	219.7	334.3	257.2
12-12-2018	S401	Zijven	OW	6.4	0.6	148.3	723.8	352.1	371.5	10.8	260.8	1.2	140.6	120.7	0.2	0.6	275.2	15.4	1.1	99.7	22.0	0.5	254.5	247.9	254.9
12-12-2018	S404	Koffelpoel	OW	6.8	1.5	382.0	1541.1	443.1	1098.0	2.6	1117.0	14.4	50.4	304.9	1.1	0.8	573.5	89.5	0.0	5.8	22.5	0.6	482.3	77.2	1204.9
23-3-2019	S401	Boventen ven	OW	7.3	3.2	360.0	3498.7	386.0	3044.7	4.3	1294.5	7.4	104.3	228.0	2.0	0.5	108.3	56.8	0.5	11.9	22.1	0.1	227.1	174.0	58.7
23-3-2019	S406	Ondersten ven	OW	6.8	0.5	76.7	558.2	161.1	386.2	11.0	375.8	1.6	89.8	78.9	0.2	0.7	55.4	6.4	0.3	5.1	14.5	0.1	131.3	85.1	69.1
23-3-2019	S407	Zijven	OW	6.6	0.7	300.0	703.6	317.4	532.2	5.2	220.7	1.4	115.3	113.8	0.2	1.5	80.7	12.7	0.4	0.5	4.3	0.3	102.7	139.4	104.3
23-3-2019	S408	Koffelpoel	OW	6.6	1.0	462.0	1362.2	484.5	877.7	2.7	1066.2	37.4	55.9	273.7	0.8	0.8	512.1	102.9	0.1	7.9	12.5	0.2	488.5	67.5	1173.2
23-3-2019	S401	1	OW	6.4	4.6	462.0	835.5	4063.6	4294.9	9.8	1521.4	6.8	136.0	215.7	3.5	0.5	218.9	130.8	1.9	1.1	45.2	0.2	1208.8	145.1	122.2
23-3-2019	S401	2	OW	6.9	29.3	2500.0	32492.5	4096.1	24396.1	1.2	5367.1	1.2	187.2	1703.4	1.8	1.1	31.3	114.5	1.3	6.5	357.0	0.0	1209.8	2307.3	638.9
23-3-2019	S401	3	OW	6.9	32.4	2500.0	32492.5	4096.1	24396.1	1.2	5367.1	1.2	187.2	1703.4	1.8	1.1	31.3	114.5	1.3	6.5	357.0	0.0	1209.8	2307.3	638.9
23-3-2019	S402	1	OW	6.8	0.4	28.5	791.9	771.0	221.0	43.7	52.1	1.0	27.7	25.9	0.3	0.3	46.9	52.1	5.6	0.5	12.3	0.0	149.4	82.1	84.2
23-3-2019	S402	2	OW	6.5	0.4	47.2	346.1	152.5	187.8	13.2	114.7	0.5	38.0	34.8	0.3	0.2	49.8	52.9	1.4	0.3	20.9	0.1	146.9	55.4	87.0
23-3-2019	S404	1	OW	4.9	0.1	22.0	257.6	248.2	10.4	47.5	36.8	0.3	9.9	6.7	0.2	1.8	24.4	86.7	5.3	1.0	6.0	0.1	139.6	29.7	64.0
23-3-2019	S405	1	OW	4.8	0.1	35.4	426.6	418.3	10.3	19.3	40.3	0.2	14.1	6.7	0.2	0.3	55.9	66.7	2.7	25.4	6.6	0.3	139.6	23.0	61.6
23-3-2019	S406	1	OW	4.6	0.1	41.9	1074.2	1097.5	168.1	24.3	74.3	0.2	14.1	6.7	0.2	0.3	55.9	66.7	2.7	25.4	6.6	0.3	139.6	23.0	61.6
23-3-2019	S407	1	OW	5.7	0.5	70.6	204.3	169.2	345.1	21.8	135.4	8.2	59.3	88.2	2.8	0.3	64.9	73.4	0.8	12.1	0.2	252.5	47.9	312.5	
23-3-2019	S407	2	OW	5.7	1.0	121.0	577.7	4775.3	1002.4	7.8	10.8	3.6	449.9	1.3	0.0	0.2	103.5	41.8	0.1	0.0	0.1	712.3	484.7	233.4	
23-3-2019	S408	1	OW	7.4	2.1	434.0	2274.3	210.4	2065.1	8.2	1610.4	0.6	15.1	632.2	0.0	0.1	109.0	28.5	0.5	2.7	0.0	149.0	57.5	75.4	
23-3-2019	S409	1	OW	5.6	0.5	153.6	284.7	247.4	479.1	7.4	497.1	36.4	38.1	53.6	0.3	0.1	218.6	101.2	1.4	0.2	26.9	0.0	332.8	52.0	467.2
23-3-2019	S409	4	OW	5.4	3.0	513.0	1413.5	1205.1	2231.4	4.0	2284.2	104.8	29.3	131.4	0.0	0.4	66.7	128.0	2.4	0.2	79.5	0.0	1801.1	95.6	1059.8
27-6-2019	S401	Boventen ven	OW	7.674	1.077	384	1391.0	164.8	1378.7	6.1	1330.4	23.72	279.23	127.25	2.77	0.11	78.81	43.87	0.22	0.67	174.10	0.22	411.10	260.28	82.77
27-6-2019	S407	Ondersten ven	OW	6.392	0.5153	660.9	587.1	290.3	297.3	6.6	178.0	5.45	32.08	115.10	0.47	0.79	80.40	5.31	0.36	0.65	7.30	0.56	187.56	21.66	86.92
27-6-2019	S407	Koffelpoel	OW	6.868	1.293	375	1343.0	336.1	1070.9	0.5	1210.1	4.71	70.09	364.16	0.62	0.27	367.57	85.31	0.05	0.47	7.01	0.14	772.91	64.31	1397.50
27-6-2019	S401	1	OW	6.316	4.26	526.7	2106.5	3023.3	3.4	1666.4	5.31	138.10	379.71	2.67	0.24	345.87	154.37	2.35	0.70	40.12	0.16	775.40	138.96	142.46	
27-6-2019	S401	2	OW	6.749	7630	27635.7	8301.1	13132.6	0.3	3494.2	1.65	2205.84	1873.27	9.43	0.49	315.7	115.56	2.18	0.63	9833.70	0.18	1733.54	3363.82	116.23	
27-6-2019	S401	3	OW	6.947	3010	29793.5	8306.8	23396.7	7.0	3265.6	10.36	2780.10	1974.13	8.72	2.69	701.0	52.73	1.70	0.71	131.60	0.59	4093.02	3620.90	188.03	
27-6-2019	S402	1	OW	6.844	28.3	297.2	298.8	10.5	47.7	41.5	0.80	32.22	21.49	0.08	0.00	47.77	64.67	2.63	19.94	143.34	0.14	220.75	231.78	72.14	
27-6-2019	S404	1	OW	6.779	400	4146.3	1186.4	2593.9	10.3	271.1	0.54	577.81	297.90	0.57	1.46	40.48	91.08	2.19	17.24	1874.43	0.74	820.17	703.19	598.60	
27-6-2019	S406	1	OW	6.828	22.1	474.3	411.4	12.9	15.1	27.8	7.70	107.9	5.90	0.18	0.00	24.17	104.68	2.66	1.31	17.37	0.13	163.27	182.30	56.12	
27-6-2019	S406	1	OW	6.856	38.4	446.2	407.8	80.8	53.2	28.1	0.28	28.22	13.20	0.25	0.04	74.77	81.26	6.37	1.31	66.96	0.14	215.32	53.77	76.57	
27-6-2019	S407	1	OW	5.707	113.3	2916.5	2407.6	508.9	11.0	63.2	4.86	205.65	21.88	0.29	0.28	68.74	81.30	3.58	1.48	46.36	0.24	782.71	189.15	188.77	
27-6-2019	S407	2	OW	5.666	163.1	5271.0	4440.8	850.3	7.5	5.7	4.58	594.13	0.81	0.00	0.00	118.70	48.15	3.40	0.59	109.87	0.15	618.85	566.00	186.23	
27-6-2019	S408	1	OW	7.886	476.05	476.05	115.4	4651.8	9.7	2698.0	11.08	358.40	170.86	4.10	1.43	593.23	81.53	0.90	0.92	12.11	0.07	104.94	152.34	41.94	
27-6-2019	S409	1	OW	5.714	502	12481.4	10274.4	2307.0	1.3	132.6	124.78	135.18	70.86	0.30	0.35	79.85	143.55	2.45	0.36	11.57	0.05	2013.30	365.33	2693.28	
27-6-2019	S409	2	OW	5.556	186.5	2570.8	2794.8	934.0	4.9	246.2	24.28	354.42	52.51	0.48	0.00	123.09	127.09	2.59	0.41	65.22	0.04	353.98	53.43	482.39	
7-10-2019	S401	Boventen ven	OW	6.871	0.889	193.2	1033.7	253.15	780.60	5.98	813.81	17.82	49.45	100.44	4.35	0.06	503.08	52.42	1.61	0.57	1.83	0.00	132.80	41.75	105.66
7-10-2019	S407	Ondersten ven	OW	6.318	0.4902	275	761.8	408.88	352.89	10.39	727.25	4.45	232.28	275.21	1.29	1.55	877.58	77.05	1.85	4.40	0.11	0.57	376.25	385.56	361.17
7-10-2019	S409	Koffelpoel	OW	6.3102	1.202	297	2700.9	1474.41	1236.48	14.66	862.23	64.81	81.55	279.08	0.49	2.17	483.85	133.38	0.33	22.07	35.85	0.10	562.87	98.04	778.10

Bijlage 4b - Zware metalen in grond- en oppervlaktewater

Zware metalen		As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr
23-3-2019 SH01	Bovenste ven	0,00	24,54	0,01	0,01	0,20	1,29	0,00	11,23	0,15	0,12	0,00	4,46
23-3-2019 SH06	Onderste ven	0,00	10,44	0,00	0,01	0,33	1,23	0,00	1,04	0,05	0,12	0,00	0,71
23-3-2019 SH07	Zijven	0,01	16,10	0,00	0,00	0,22	1,35	0,00	1,05	0,18	0,23	0,00	1,03
23-3-2019 SH09	Koffiepoel	0,00	6,18	0,00	0,01	0,21	1,19	0,00	4,66	0,00	0,20	0,00	4,26
23-3-2019 SH01	1	0,00	27,59	0,00	0,03	0,33	1,23	0,01	19,66	0,18	0,22	0,00	5,66
23-3-2019 SH01	2	0,09	296,98	0,00	0,29	0,42	1,25	0,04	48,11	0,05	0,26	0,00	23,94
23-3-2019 SH01	3	0,10	412,31	0,00	0,43	1,08	1,24	0,04	43,79	0,12	0,31	0,00	17,62
23-3-2019 SH02	1	0,01	19,94	0,04	0,09	0,54	1,42	0,00	0,92	0,11	0,26	0,00	0,83
23-3-2019 SH03	1	0,00	12,92	0,00	0,00	0,34	1,18	0,00	1,72	0,06	0,08	0,00	0,73
23-3-2019 SH04	1	0,00	20,60	0,02	0,02	0,27	1,22	0,00	1,37	0,03	0,11	0,00	0,62
23-3-2019 SH05	1	0,01	13,15	0,02	0,03	0,22	1,27	0,00	1,02	0,05	0,08	0,00	0,60
23-3-2019 SH06	1	0,01	14,35	0,08	0,09	0,46	1,19	0,00	1,10	0,03	0,18	0,00	0,61
23-3-2019 SH07	1	0,01	22,27	0,00	0,29	1,07	1,18	0,00	12,08	0,01	2,07	0,00	1,22
23-3-2019 SH07	2	0,00	53,55	0,01	0,07	0,60	1,24	0,00	0,31	0,04	2,98	0,00	0,54
23-3-2019 SH08	1	0,00	17,70	0,01	0,03	0,26	1,25	0,00	0,35	0,03	0,17	0,00	3,07
23-3-2019 SH09	1	0,01	15,62	0,00	0,04	0,62	1,23	0,00	1,87	0,02	0,16	0,00	1,91
23-3-2019 SH09	2	0,01	12,53	0,01	0,00	0,38	1,25	0,01	0,45	0,05	0,28	0,00	4,36
27-6-2019 SH01	Bovenste ven	0,00	14,05	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	2,77	0,00	0,01	0,00	1,70
27-6-2019 SH07	Onderste ven	0,02	9,53	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,47	0,01	0,02	0,00	0,15
27-6-2019 SH09	Koffiepoel	0,01	2,44	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,62	0,00	0,01	0,01	1,66
27-6-2019 SH01	1	0,01	6,19	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	2,67	0,03	0,02	0,00	1,85
27-6-2019 SH01	2	0,17	111,20	0,00	0,06	0,04	0,02	0,00	9,43	0,00	0,03	0,00	9,24
27-6-2019 SH01	3	0,20	152,49	0,00	0,08	0,13	0,01	0,00	8,72	0,00	0,04	0,01	5,94
27-6-2019 SH04	1	0,00	5,20	0,00	0,01	0,03	0,08	0,00	0,08	0,00	0,03	0,00	0,04
27-6-2019 SH04	1	0,01	26,83	0,00	0,02	0,03	0,05	0,00	0,57	0,00	0,07	0,00	0,42
27-6-2019 SH05	1	0,01	5,11	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,18	0,00	0,04	0,00	0,00
27-6-2019 SH06	1	0,00	6,51	0,01	0,02	0,02	0,18	0,00	0,05	0,00	0,28	0,00	0,05
27-6-2019 SH07	1	0,04	12,64	0,00	0,02	0,11	0,04	0,00	0,79	0,00	0,16	0,00	0,10
27-6-2019 SH07	2	0,00	19,15	0,00	0,01	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,33	0,00	0,00
27-6-2019 SH08	1	0,02	4,83	0,00	0,02	0,02	0,11	0,00	4,10	0,01	0,19	0,01	1,83
27-6-2019 SH09	1	0,03	3,69	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,10	0,00	0,03	0,00	1,50
27-6-2019 SH09	2	0,00	7,22	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,24	0,00	0,02	0,00	0,29

Bijlage 5 - Waterbodemchemie

Waterbodemkwaliteit Schrieversheidevennen (voorgar 2019)														
Waterstrat (mnd/PM)														
Bovenste ven	grm. vochtg.	grm. kg droog/ster	focals OS (N)	pH	NO3	NH4	PO4	Na	K	Mg	Mn	P	S	Si
afslag ven	45,8	0,8	4,0	6,4	108,4	13,9	3,1	802,1	301,8	704,1	14,4	226,6	9,0	241,7
zandbodem ven	24,9	1,4	1,8	6,3	208,1	57,6	2,2	272,0	132,3	302,7	14,9	746,8	4,0	106,9
veenlaag	90,1	0,1	41,9	6,0	256,4	223,5	1,2	600,1	560,0	259,8	19,5	1431,1	14,7	356,9
bodem onder veenlaag	32,8	1,2	0,9	6,0	130,6	103,0	1,1	677,1	208,9	340,8	12,3	651,8	4,5	138,1
Onderste ven														
afslag ven	27,9	1,4	3,3	5,8	48,6	13,4	0,6	250,5	622,1	201,6	28,1	523,7	7,8	407,6
zandbodem ven	29,7	1,2	1,1	6,0	168,8	173,2	2,1	684,0	701,3	490,2	16,0	422,8	5,0	428,8
veenlaag	87,1	0,2	97,5	5,4	34,8	49,2	0,9	1083,7	819,8	413,3	45,7	331,4	15,7	474,5
bodem onder veenlaag	56,5	0,6	19,2	5,4	85,8	79,5	0,7	600,5	500,2	296,4	34,8	350,8	14,4	133,1
Zijven														
afslag ven	61,9	0,5	13,2	5,5	137,5	55,8	0,7	1303,7	872,7	338,9	67,7	219,6	22,3	490,6
zandbodem ven	27,9	1,4	0,5	5,6	126,6	132,5	0,3	688,1	414,7	337,9	73,7	62,6	18,7	271,7
Deurstuile (mnd/PM)														
Bovenste ven	grm. vochtg.	grm. kg droog/ster	focals OS (N)	pH	NO3	NH4	PO4	Na	K	Mg	Mn	P	S	Si
afslag ven	30,4	13,9	4,0	6,4	13,9	4,0	22,0	6,6	2,6	2,6	0,6	0,0	1,5	9,4
zandbodem ven	38,5	9,3	6,3	6,3	7,9	10,4	2,7	0,1	0,0	0,7	0,7	10,5	0,2	7,9
veenlaag	48,8	20,1	0,8	32,7	4,9	8,7	0,6	0,2	2,4	7,3	1,3	0,5	0,5	10,5
bodem onder veenlaag	41,5	8,1	5,5	16,1	9,5	3,9	0,0	1,0	4,7	11,7	0,3	0,3	0,3	11,7
Onderste ven														
afslag ven	60,0	39,5	6,8	18,7	11,1	4,6	0,2	0,0	3,0	35,0	13,1	1,3	1,3	13,1
zandbodem ven	348,1	13,5	6,3	35,3	13,6	6,0	0,1	0,0	12,9	36,4	19,6	1,2	1,2	19,6
veenlaag	50,9	25,1	1,1	23,0	3,8	6,8	0,1	0,9	3,5	48,1	3,4	1,7	1,7	3,4
bodem onder veenlaag	132,5	20,0	3,2	47,9	8,3	8,3	0,1	0,0	5,1	71,4	8,4	3,4	3,4	8,4
Zijven														
afslag ven	28,9	9,5	2,6	6,9	8,6	2,6	0,1	0,0	1,9	8,3	5,6	0,4	0,4	5,6
zandbodem ven	65,3	2,9	6,9	12,5	12,2	5,2	0,0	0,0	0,9	2,7	14,3	0,1	0,1	14,3



