

Vlaanderen
is wetenschap

Ecohydrologische studie van Haspengouw: deel bronnen

Systeembeschrijving van een aantal bronnen in Haspengouw

Wouter Depaepe, Piet De Becker, Patrick Oosterlynck,
Jonathan Van Loo, David Simpson

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:
Wouter Depaepe, Pieter De Becker, Patrik Oosterlynck, Jonathan Van Loo, David Simpson

Reviewers:
Remar Erens

Het INBO is het onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via onafhankelijk toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:
INBO Brussel, Herman Teirlinckgebouw, Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel, België
vlaanderen.be/inbo

e-mail:
info@inbo.be

Wijze van citeren:
Depaepe, W., De Becker, P., Oosterlynck, P., Van Loo, J. & Simpson, D. (2026). Ecohydrologische studie van Haspengouw: deel bronnen. Systeembeschrijving van een aantal bronnen in Haspengouw. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2026 (52). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: 10.21436/inbor.151681901

D/2026/3241/265
Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2026 (52)
ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:
Hilde Eggermont

Foto cover:
Voorjaarsbeeld van een bronbeekje in Grootbos met Gewoon diknerfmos (Cratoneuron filicinum) en Tufmos (Eucladium verticillatum) op de inzet-foto

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:
Agentschap voor Natuur en Bos (ANB)
https://natuurenbos.be/

BLUE DEAL De strijd tegen droogte en waterschaarste
Gefinancieerd door de Europese Unie NextGenerationEU
DE VLAAMSE VEERKRACHT
AGENTSCHAP NATUUR & BOS

Dit onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met:
Advanced Groundwater Techniques
https://www.agt.be/

AGT ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES

Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationaal-licentie.

INSTITUUT
NATUUR- EN
BOSONDERZOEK

ECOHYDROLOGISCHE STUDIE VAN HASPENGOUW: DEEL BRONNEN

Systeembeschrijving van een aantal bronnen in Haspengouw

Wouter Depaepe, Piet De Becker & Patrick Oosterlynck (INBO);
Jonathan Van Loo & David Simpson (AGT)

10.21436/inbor.151681901

Vlaanderen
is wetenschap

www.vlaanderen.be/inbo

Dankwoord/Voorwoord

Dank aan de betrokken INBO-collega's voor het verzamelen en in goede banen leiden van de abiotische gegevensstroom: Mathias Wackenier, Jannes De Meyer, Nuria Simoens, Lise Provez en Joren Daems.

Dank aan Katia Nagels voor het grondig nalezen en becommentariëren van het rapport.

Dank aan de opdrachtgever ANB en de werkgroepleden Bart Tessens, Katia Nagels, Steven Beyen, Jan Van Velk, Tom Verschraegen, Karen Tuytens, Ward Andriesen, Veerle Cielen, Gorik Vertraeten, die de studie begeleidden voor de goede samenwerking en de nuttige discussies.

Samenvatting

Dit rapport behandelt de ecohydrologische studie van Haspengouw deel Mombeek perceel 2 bronnen uitgevoerd door het INBO in samenwerking met AGT, en in opdracht van het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB). Dit rapport heeft als doel een ecohydrologische systeembeschrijving (inclusief het verkennen van methoden voor het afbakenen van voedingsgebieden) op te maken, ecohydrologische knelpunten op te lijsten en hydrologische maatregelen te formuleren voor 11 specifieke brongebieden in Haspengouw. Het gaat hier om de Vilsterbron, het Gabrigsveld, het Grootbos, het Wijngaardbos, de Keiberg, Romershoven, het Hasselbos, de Zwarte Bron, Zammelen en het Hornebos. In de vallei van de Gerlabeek werden, voorafgaand aan deze studie, proefmetingen uitgevoerd met IFlux-sensoren/dataloggers voor het continu bemeten van stroomrichting van toestromend bronwater en nitraat-concentraties. Deze gegevens worden ook in deze studie besproken. Ook de bronnetjes in een botanisch waardevol grasland in Gors-Opleeuw, die eerder al deel uitmaakten van een studie in het kader van een ruilverkaveling, en de later in deze studie bijkomend geselecteerde locaties in Tongeren-Noord en Werm, werden meegenomen in de bespreking. Aansluitend werden herstelmaatregelen geformuleerd en werd een inschatting gemaakt van het voorkomen en de staat van instandhouding van habitattype 7220 (Kalktufbronnen met tufsteenformatie, *Cratoneurion*).

Het landschap in Haspengouw wordt gekenmerkt door een complexe tertiaire geologie met een opeenvolging van zandige en kleiige afzettingen. Die geven aanleiding tot niet minder dan vijf potentiële bronniveaus voor deze te behandelen gebieden. De chemische samenstelling van het bronwater is sterk afhankelijk van de watervoerende laag waaruit het bronwater afkomstig is. Met name de zanden van de Formatie van Bilzen, waarin hier veruit de meeste bronnen te vinden zijn, hebben een sterke aanrijking met nitraat en sulfaat. Dit lijkt het gevolg van instroom via weglekkende nutriënten uit landbouwgebied. Bronnen die gevoed worden uit andere watervoerende lagen (Formatie van Bolderberg, St. Huibrechts Hern en Heers), lijken minder onderhevig te zijn aan hoge nutriëntenconcentraties.

Op basis van de chemische samenstelling van het bronwater heeft de meerderheid van de onderzochte bronsystemen potentie voor kalktufvorming en dus ook voor de ontwikkeling van habitattype 7220: kalktufbronnen met tufsteenformatie (Cratoneurion).

Opvallend voor de bronbossen van Haspengouw is dat bronnen vaak aanleiding geven tot korte bronbeekjes. Daarbij treedt het bronwater uit boven een onderliggende kleilaag, stroomt het een korte afstand over de helling en verdwijnt het enkele tientallen meters verder opnieuw in de zandige ondergrond.

Ondanks de goede staat van instandhouding volgens de LSVI-criteria, lijkt er in de meeste gevallen sprake te zijn van een, soms ernstige, eutrofiëringsproblematiek. Dat vormt meteen ook het belangrijkste ecohydrologische knelpunt voor het bereiken van een goede staat van instandhouding voor het habitattype 7220, maar evenzeer voor het goed ecohydrologisch functioneren van de verschillende onderzochte bronnen. Naast de slechte waterkwaliteit spelen ook voormalige drainagestructuren, stortmateriaal en betonnen verbuizing een rol.

English abstract

This report is about an ecohydrological study of Haspengouw part Mombeek partim “springs”, conducted by INBO in cooperation with AGT ordered by the Agentschap voor Natuur en Bos (ANB). The report aims at developing an ecohydrological system description (including the exploration of useful techniques to delineate spring recharge areas), list bottlenecks and the proposition of appropriate measures for ecohydrological restoration 11 specific spring-sites in the Haspengouw region: for the sites of Vilsterbron, Gabrigsveld, Grootbos, Wijngaardbos, Keiberg, Romershoven, Hasselbos, Zwarte Bron, Zammelen and Hornebos.

Moreover, prior to this study, experimental (automated) measurements for groundwater flow directions & nitrate concentration were carried out using IFlux dataloggers in the site of Gerlabeek. It was asked to comment on these measurements.

And finally, comments on springs in a botanically rich grassland relict in Gors-Opleeuw (subject of an earlier study concerning land consolidation in this region) and the additionally (during the course of this study) selected sites of Tongeren Noord & Werm were asked to be included in this study.

Specifically for the European habitat type 7220: the actual potential for tufa forming (Cratoneurion) springs was assessed.

The landscape in the Haspengouw region is characterised by a complex tertiary geology with a succession of sandy and clayey deposits resulting in no less than five separate potential spring levels on the slopes of the sites of interest. The chemical composition of the spring water is strongly correlated to the aquifer is originates from. The sandy formation of Bilzen, where the majority of the studied springs originate from, are characterised by a marked rise in concentration of nitrate and sulphate. This seems to be related with leaking nutrients from agricultural land use in the spring water infiltration area. Springs that originate from other aquifers (Formations of Bolderberg, St. Huibrechts Hern and Heers) tend to have less elevated nutrient concentrations.

The majority of the studied spring sites, show (based on the chemical composition of the groundwater) a clear potential for tufa-formation and thus for the development of the European habitat type 7220.

A striking feature of the springs for this region, is the limited length (a couple of hundreds of meters) of spring rivulets, that flow for a short distance over the underlying aquitard, before disappearing (infiltrating) again into the subsurface.

Regardless of the good condition of the habitat type 7220 according to LSVI criteria, there is evidence of widespread (and sometimes severe) eutrophication of the aquifers. That is the main ecohydrological bottleneck for reaching the good conservation status of the habitat and for a good condition of the spring ecosystem altogether. Apart from the bad groundwater quality, the presence of historical drainage structures, land fill (specifically construction material) and concrete capping of parts of the spring rivulets are problems (of lesser importance) to be solved.

Aanbevelingen voor het beleid

Deze studie toont aan dat in Haspengouw nog heel wat bronnen voorkomen met habitatwaardige vegetaties. Tegelijk blijkt dat deze habitats duidelijk onder druk staan.

De aanrijking met nutriënten van het grondwater in de bovenste watervoerende geologische afzettingen in Haspengouw legt een belangrijke hypotheek op het duurzaam bereiken van een goede Lokale Staat Van Instandhouding (LSVI) voor grondwaterafhankelijke habitats in bronbossen, en in het bijzonder voor het Europese habitattype 7220: Kalktufbronnen met tufsteenafzetting (Cratoneurion) in Haspengouw.

De aanrijking van grondwater, en dus ook het uittredende bronwater, met nitraten is een algemeen verspreid probleem in deze regio. Waar in grote delen van Vlaanderen de waterkwaliteit de voorbije decennia is verbeterd onder invloed van milieuwetgeving en gerichte maatregelen, lijkt die positieve evolutie zich in deze regio voorlopig niet door te zetten. De beschikbare gegevens wijzen veeleer op een aanhoudend hoge nutriëntenbelasting, waardoor de situatie voor grondwaterafhankelijke habitats kwetsbaar blijft.

In deze studie werd ook aandacht besteed aan het bepalen van het infiltratiegebied (de herkomst), van het bronwater. Daardoor kan met grote waarschijnlijkheid worden aangenomen dat de nitraatvervuiling te wijten is aan uitspoeling onder landbouwgronden. Nagenoeg de volledige plateaus worden hier ingenomen door akkers. De bronbossen liggen op de lagergelegen hellingen. Ze worden gevoed door grondwater dat onder die landbouwgronden infiltreert. Kennelijk spoelen al decennialang grote hoeveelheden nitraten uit onder deze akkers. Naast soms sterk verhoogde nitraatconcentraties is ook de sulfaatconcentratie in het bronwater van diezelfde bovenste watervoerende lagen, met name de Formatie van Bilzen, vrijwel systematisch over de hele regio verhoogd.

Nitraat zorgt rechtstreeks voor eutrofiëring van grondwaterafhankelijke vegetaties en maakt de vestiging of hervestiging van habitatsoorten moeilijk tot onmogelijk. Verhoogde sulfaatconcentraties zorgen onrechtstreeks voor bijkomende eutrofiëring, doordat zij de afbraak van organisch materiaal versnellen in bodems waar het infiltrerende, en aangerijkt grondwater terug aan de oppervlakte komt in bronnen en kwelgebieden.

Hoewel de VLAREM II-normen voor beide stoffen niet worden overschreden, is de te verwachten ecohydrologische impact dermate groot dat het duurzaam behoud of herstel van een goede lokale staat van instandhouding van grondwaterafhankelijke habitats, en met name van habitattype 7220, op termijn ernstig onder druk staat.

Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord 2
Samenvatting 3
English abstract 4
1 Doel van de studie 11
2 Intro: bronnen versus kwelzones 13
3 Situering van de te onderzoeken bronlocaties 15
4 Geohydrologische context van de bronnen in Haspengouw 17
5 Hydrochemie 22
5.1 Kalktuf of geen kalktuf? 22
5.2 Nutriëntenaanrijking of niet? 24
5.2.1 Nutriënten op basis van stikstof 24
5.2.2 Nutriënten op basis van fosfor 25
5.2.3 Nutriënten op basis van kalium 25
5.2.4 Hoe zit het met sulfaat? 26
6 Bepaling van infiltratiegebied van de bronnen 28
6.1 Bepaling van het infiltratiegebied van bronnen met behulp van debietsmetingen 28
6.2 Simulatie van de intrekgebieden met behulp van een regionaal grondwatermodel 30
6.2.1 Inleiding 30
6.2.2 Hydro-geologische context 32
6.2.3 Opbouw van de grondwatermodellen van de eilanden 32
6.3 Bedenkingen bij de beide methoden 37
7 Lokale staat van instandhouding 38
8 Gebiedsbesprekingen 41
8.1 De Vilsterbron (bron 1, Bilzen-Bron) 41
8.1.1 Topografie en Hydrografie 41
8.1.2 Geohydrologie 43
8.1.3 Grondwater 45
8.1.3.1 Grondwaterpeilen 45
8.1.3.2 Grondwaterkwaliteit 46
8.1.3.3 Debietmetingen en bepaling infiltratiegebied 48
8.1.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 49
8.1.4 Vegetatietypering 51
8.1.5 Lokale staat van Instandhouding 52

8.2 Haren (bron 2, Sint-Huibrechts-Hern-Bron) 54
8.2.1 Topografie en Hydrografie 54
8.2.2 Geohydrologie 56
8.2.3 Grondwater 56
8.2.3.1 Grondwaterpeilen 56
8.2.3.2 Grondwaterkwaliteit 57
8.2.3.3 Debietmetingen en bepaling infiltratiegebied 60
8.2.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 60
8.2.4 Vegetatietypering 60
8.2.5 Lokale staat van Instandhouding 62
8.3 Gabrigsveld (bron 3, bilzen-bron) 63
8.3.1 Topografie en Hydrografie 63
8.3.2 Geohydrologie 65
8.3.3 Grondwater 66
8.3.3.1 Grondwaterpeilen 66
8.3.3.2 Grondwaterkwaliteit 67
8.3.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied 70
8.3.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 70
8.3.4 Vegetatietypering 70
8.3.5 Lokale staat van Instandhouding 71
8.4 Het Grootbos (bron 4, BILZeN-Bron) 72
8.4.1 Topografie en Hydrografie 72
8.4.2 Geohydrologie 74
8.4.3 Grondwater 77
8.4.3.1 Grondwaterpeilen 77
8.4.3.2 Grondwaterkwaliteit 78
8.4.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied 81
8.4.3.4 Stroombaananalyse met een grondwatermodel 82
8.4.4 Vegetatietypering 82
8.4.5 Lokale staat van Instandhouding 83
8.5 Het Wijngaardbos (BRON 5, Bilzen-Bron) 87
8.5.1 Topografie en Hydrografie 87
8.5.2 Geohydrologie 89
8.5.3 Grondwater 91
8.5.3.1 Grondwaterpeilen 91
8.5.3.2 Grondwaterkwaliteit 92

8.5.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied 96
8.5.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 96
8.5.4 Vegetatietypering 97
8.5.5 Lokale staat van Instandhouding 98
8.6 De Keiberg (Bron 6, Bolderberg-bron) 99
8.6.1 Topografie en Hydrografie 99
8.6.2 Geohydrologie 101
8.6.3 Grondwater 103
8.6.3.1 Grondwaterpeilen 103
8.6.3.2 Grondwaterkwaliteit 104
8.6.3.3 Debietmetingen en bepaling van het equivalente infiltratiegebied 108
8.6.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 108
8.6.4 Vegetatietypering 110
8.6.5 Lokale staat van Instandhouding 111
8.7 Romershoven (bron 7, bilzen-bron) 112
8.7.1 Topografie en Hydrografie 112
8.7.2 Geohydrologie 114
8.7.3 Grondwater 116
8.7.3.1 Grondwaterpeilen 116
8.7.3.2 Grondwaterkwaliteit 117
8.7.3.3 Debietmetingen en bepaling infiltratiegebied 120
8.7.3.4 Stroombaananalyse in het grondwater 120
8.7.4 Vegetatietypering 122
8.7.5 Lokale staat van Instandhouding 122
8.8 Het Hasselbos (bron 8, bilzen-bron) 123
8.8.1 Topografie en Hydrografie 123
8.8.2 Geohydrologie 125
8.8.3 Grondwater 126
8.8.3.1 Grondwaterpeilen 126
8.8.3.2 Grondwaterkwaliteit 127
8.8.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied 129
8.8.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 130
8.8.4 Vegetatietypering 131
8.8.5 Lokale staat van Instandhouding 131
8.9 De Zwarte Bron (bron 9 Heers-bron) 132
8.9.1 Topografie en Hydrografie 132

8.9.2 Geohydrologie 134
8.9.3 Grondwater 136
8.9.3.1 Grondwaterpeilen 136
8.9.3.2 Grondwaterkwaliteit 137
8.9.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied 140
8.9.3.4 Stroombaananalyse in het grondwater 140
8.9.4 Vegetatietypering 141
8.9.5 Lokale staat van Instandhouding 141
8.10 Zammelen (bron 10, HEERS-BRON) 144
8.10.1 Topografie en Hydrografie 144
8.10.2 Geohydrologie 146
8.10.3 Grondwater 148
8.10.3.1 Grondwaterpeilen 148
8.10.3.2 Grondwaterkwaliteit 149
8.10.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied 151
8.10.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 151
8.10.4 Vegetatietypering 151
8.10.5 Lokale staat van Instandhouding 152
8.11 Gerlabeek (bron 11 – bilzen-bron) 155
8.11.1 Topografie en Hydrografie 155
8.11.2 Geohydrologie 157
8.11.3 Grondwater 159
8.11.3.1 iFlux-metingen 159
8.11.3.2 Plaatsing peilbuizen 159
8.11.3.3 Metingen 159
8.11.3.4 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied 161
8.11.3.5 Stroombaananalyse met inzet van het grondwatermodel 161
8.11.4 Vegetatietypering 163
8.11.5 Lokale staat van Instandhouding 164
8.12 Tongeren Noord (bron 12: Bilzen-Bron) 166
8.12.1 Topografie en Hydrografie 166
8.12.2 Geohydrologie 167
8.12.3 Grondwater 169
8.12.3.1 Debietmeting en bepaling van infiltratiegebied 169
8.12.3.2 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 169
8.12.4 Vegetatietypering 170

8.12.5 Lokale staat van Instandhouding 170
8.13 Werm (bron 13, bilzen-bron) 171
8.13.1 Topografie en Hydrografie 171
8.13.2 Geohydrologie 173
8.13.3 Grondwater 175
8.13.3.1 Debietmeting en bepaling van infiltratiegebied 175
8.13.3.2 Stroombaananalyse in het grondwatermodel 175
8.13.4 Vegetatietypering 176
8.13.5 Lokale staat van Instandhouding 177
8.14 Gors-Opleeuw (Bron 14- Bilzen-bron) 178
8.14.1 Topografie & hydrografie 178
8.14.2 Geohydrologie 179
8.14.3 Grondwater 181
8.14.3.1 Grondwaterpeilen 182
8.14.3.2 Grondwaterkwaliteit 183
8.14.4 Vegetatietypering 185
8.15 Hornebos (bron 15- Heers bron) 186
8.15.1 Topografie en Hydrografie 186
8.15.2 Geohydrologie 187
8.15.3 Grondwater 188
8.15.3.1 Grondwaterpeilen 189
8.15.3.2 Grondwaterkwaliteit 191
8.15.4 Vegetatietypering 193
9 Algemene Conclusie 195
9.1 Samenvattende tabel 195
9.2 Geohyrologie 195
9.3 Abiotiek 196
9.3.1 waterchemie 196
9.3.2 waterdynamiek 196
9.4 vegetatie 197
9.5 Beheer en herstel 197
Referenties 199
Bijlagen: 201
Lijst van figuren 216
Lijst van afbeeldingen 223
Lijst van tabellen 224

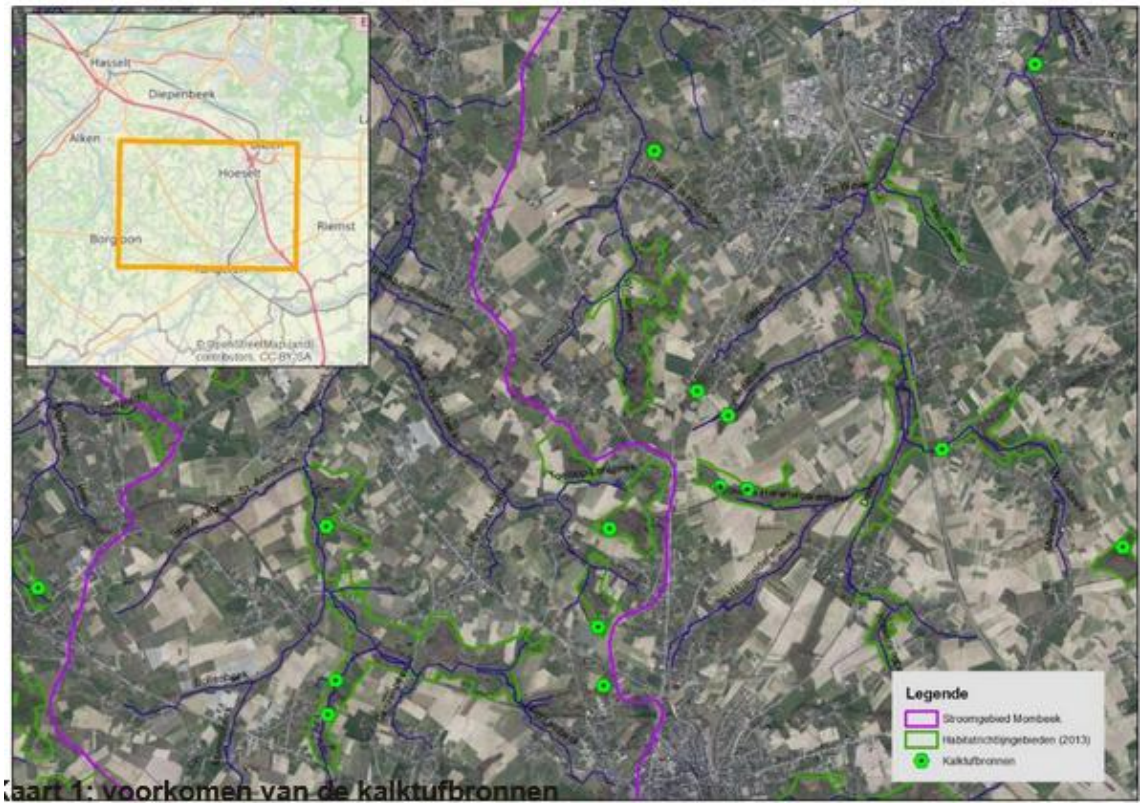
1 DOEL VAN DE STUDIE

De studieopdracht situeert zich in de ruime omgeving van het Mombeekbekken; met name ook in het Demerbekken aan de oostzijde en het Herkbekken aan de westzijde.

In de regio Haspengouw is er sprake van het voorkomen van bronnen, waaronder een aantal Kalktufbronnen (HT 7220). Er is voor deze regio echter weinig bekend over het functioneren en vooral over de kwaliteit van het al dan niet ontwikkelde habitattype. Dit ondanks het feit dat het habitat 7220 een prioritair habitat is voor Europa en het aangemeld is voor de Speciale BeschermingsZones (SBZ's) van Haspengouw.

Deel 2 van de "Ecohydrologische studie Haspengouw: vallei van de Mombeek en bronnenonderzoek" voorziet in het verzamelen van kennis en het interpreteren ervan.

Voor de aanvang van deze studie werd binnen ANB-rondvraag gedaan naar kandidaat-locaties voor het habitattype 7220. Het vermoedelijke voorkomen van kalktufbronnen in studiegebied is aangeduid in Figuur 1.



Figuur 1: Voorkomen van de kalktufbronnen (bron: Bestek nr. ANB-GGW-2021-164 - Perceel 1).

Er werd specifiek gevraagd om volgende aspecten grondig te bekijken:

- Een overzicht maken van de bronnen op basis van de geologische setting;
- In beeld brengen van de geohydrologische randvoorwaarden van de bronnen, meer bepaald de grootte en ligging van de intrekgebieden;
- Inzicht krijgen in de huidige ecologische kwaliteit en het eco- en geohydrologisch functioneren van de bronnen;

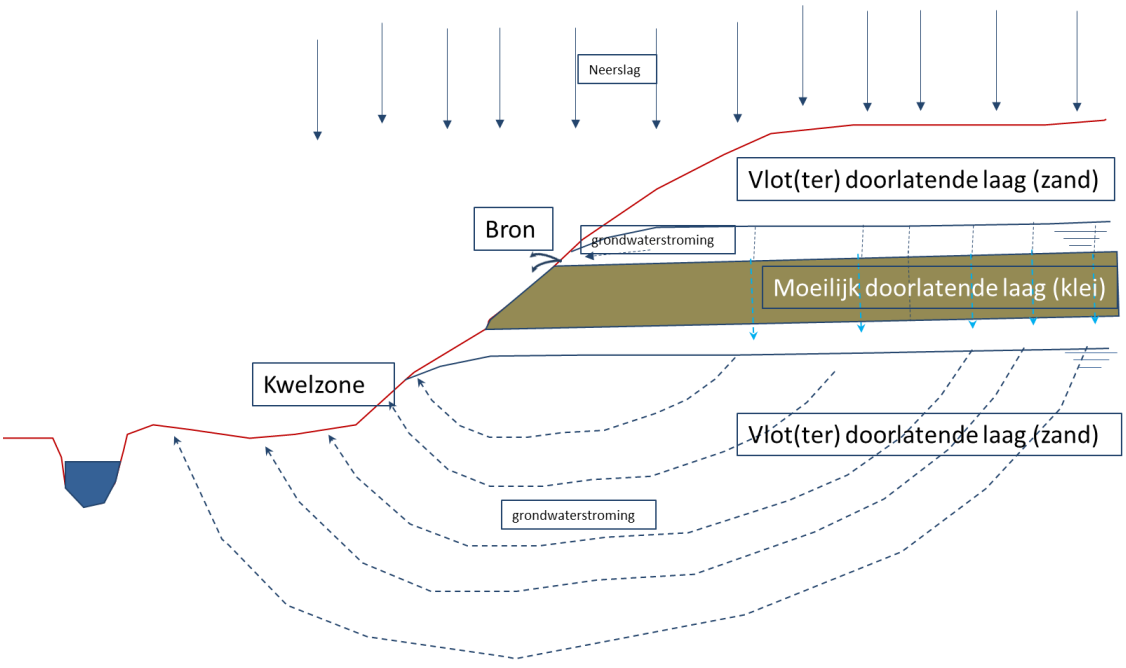
- Opmaken van een classificatie van de bronnen naar herstelkansen en kwaliteit;
- Onderzoeken en bepalen van de intrekgebieden van een selectie van de bronnen (in functie van kwaliteit);
- Selecteren en beschrijven van kansrijke maatregelen, zowel voor inrichting als beheer op landschapsniveau voor behoud en/of herstel van de bronnen;
- Verbanden leggen met andere mogelijke inrichtingsmaatregelen in functie van landbouw en/of bosuitbreiding;
- Aangeven van kennislacunes en (eventueel) gewenst vervolgonderzoek.

2 INTRO: BRONNEN VERSUS KWELZONES

Een belangrijk deel van het neerslagwater dat infiltreert, dringt dieper door in de ondergrond tot het op een ondoorlatende of slecht doorlatende laag botst. Daar accumuleert het bovenop. Op plaatsen waar door erosieprocessen een ondoorlatende laag de topografie snijdt, loopt het grondwater van die ondoorlatende laag af. Als dat uitstromen van water geconcentreerd op één locatie gebeurt, wordt dat een “bron” genoemd. Doorgaans zit daar ook een flink debiet (een paar liter per seconde) achter. Een bron in onze regio is dus het gravitair (i.e. onder invloed van zwaartekracht) zijdelings uit de watervoerende laag uitstromen van grondwater over een ondoordringbare laag. Dat uittreden van water hoeft niet altijd in een duidelijk zichtbaar “punt” te zijn. Het kan ook wat diffuser gebeuren, doorgaans als het debiet niet zo groot is, in een natte, drassige zone van beperkte omvang een paar (tientallen) vierkante meters op een hoger gelegen locatie in het landschap.

Een bron is iets anders dan kwel. Kwel is het uittreden van grondwater vanuit de diepte, (nagenoeg altijd) tegen de zwaartekracht in. Kwelwater treedt per definitie diffuus (en niet in één duidelijk punt) uit (Figuur 2).

Een bron komt dus voor op plaatsen waar overgangen tussen een watervoerende laag (aquifer) en een onderliggende, ondoorlatende laag (aquitard) dagzomen. Dat gebeurt meer bepaald op locaties waar de topografie die overgangen in de ondergrond snijdt, op hellingen dus (Figuur 2). Afhankelijk van waar die ondoorlatende laag dagzoomt, kan een bron hoog op de flank liggen, ergens halverwege de flank of helemaal onderaan. Er kunnen twee of meer verschillende bronniveaus optreden als de topografie twee (of meer) moeilijk(er) doorlatende lagen snijdt.



Figuur 2: Algemeen principe van bron versus kwel.

Een bron kan permanent of tijdelijk zijn. Als de dikte van de watervoerende laag of de -oppervlakte ervan te klein zijn, dan valt een bron (in de zomer) droog. De afvoer van bronwater is daarbij hoger dan de voeding via infiltrerend neerslagwater. Dan is er sprake van een tijdelijke

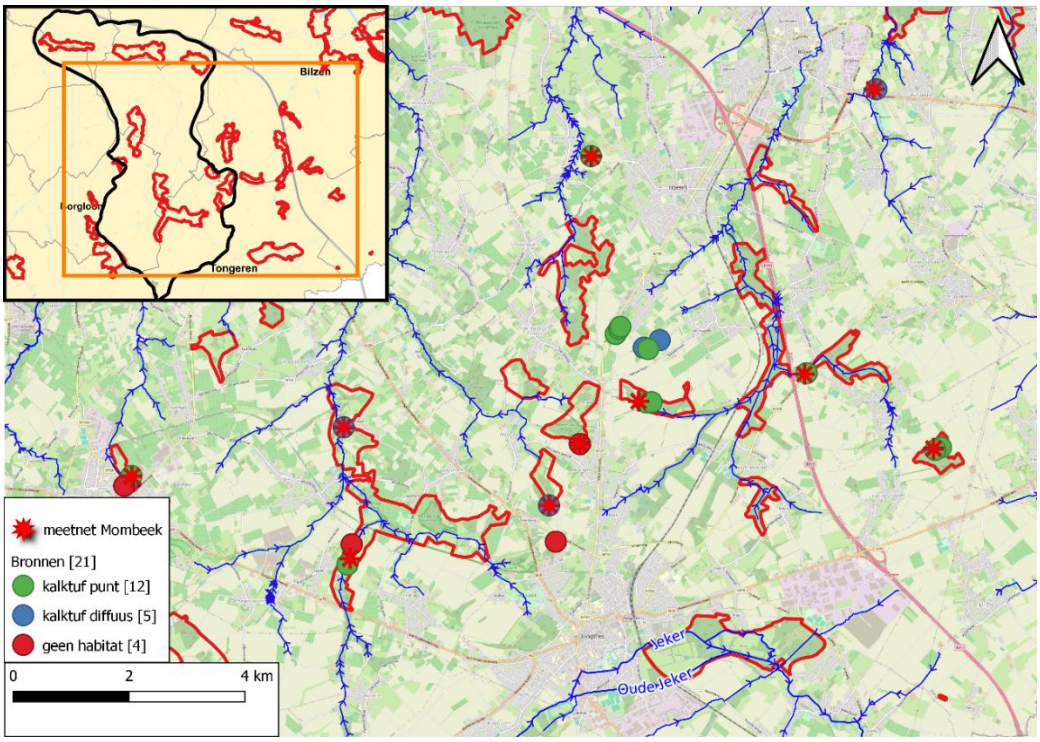
bron. Afhankelijk van de aanvulling van de watervoerende laag waaruit het bronwater afkomstige is kan een bron korte of lange tijd droogvallen c.q. korte of lange tijd water afvoeren. De droogval of de periode waarin water afgevoerd wordt, kan sterk verschillen in lengte afhankelijk van die grondwateraanvulling. Als de lagen dik en uitgestrekt genoeg zijn om jaarrond water af te voeren, is er sprake van een permanente bron.

Het uitstromende bronwater sleurt partikeltjes van verschillende textuur (hoofdzakelijk zand, maar ook andere partikeltjes) met zich mee. De fijnere partikeltjes (leem, klei, organisch materiaal) worden met het bronwater verder afgevoerd; in het bronbeekje zelf bedekken de zwaardere partikeltjes (zand en kleine grindkorreltjes) de bodem. Dat proces is intussen al vele duizenden jaren aan de gang en heeft ervoor gezorgd dat er grote hoeveelheden zandig materiaal werd verplaatst en afgevoerd. Daardoor snijdt de bron zich achterwaarts in, in de helling waarop ze uittreedt. Hoe groter het volume uittredend water (en ook hoe zandiger de watervoerende laag waar het bronwater uitkomt), hoe groter de erosieve krachten en hoe dieper de achterwaartse insnijding van de bronnen in de helling. Hoe groter het debiet hoe gemakkelijker en verder het verplaatste materiaal getransporteerd wordt. Bij kleine(re) bronnen ontstaat een soort waaiervormig terras net onder het bronniveau waar het erosiemateriaal wordt opgestapeld; een soort puinkegel of puinterras.

Het brondebiet hangt in grote mate samen met de helling van de kleilaag waarover het bronwater afstroomt en uittreedt. Het hangt verder ook af van de hydraulische geleidbaarheid van de watervoerende laag waaruit het bronwater komt en de omvang van het infiltratiegebied. Als die watervoerende laag slechts een klein “geologisch eilandje” vormt op de top van een heuvel, is de kans groter dat de bron droogvalt. In Haspengouw zijn er nogal wat bronnen op de toppen of in ieder geval hoger op de flanken van de doorgaans vrij smalle heuvels. De watervoerende lagen zijn hier veelal (kleinere of grotere) geologische eilanden. Gezien de uitgesproken topografie en de vrij complexe tertiaire geologie in Haspengouw, gebeurt het hier niet zelden dat er op één zelfde helling verschillende bronniveaus te vinden zijn.

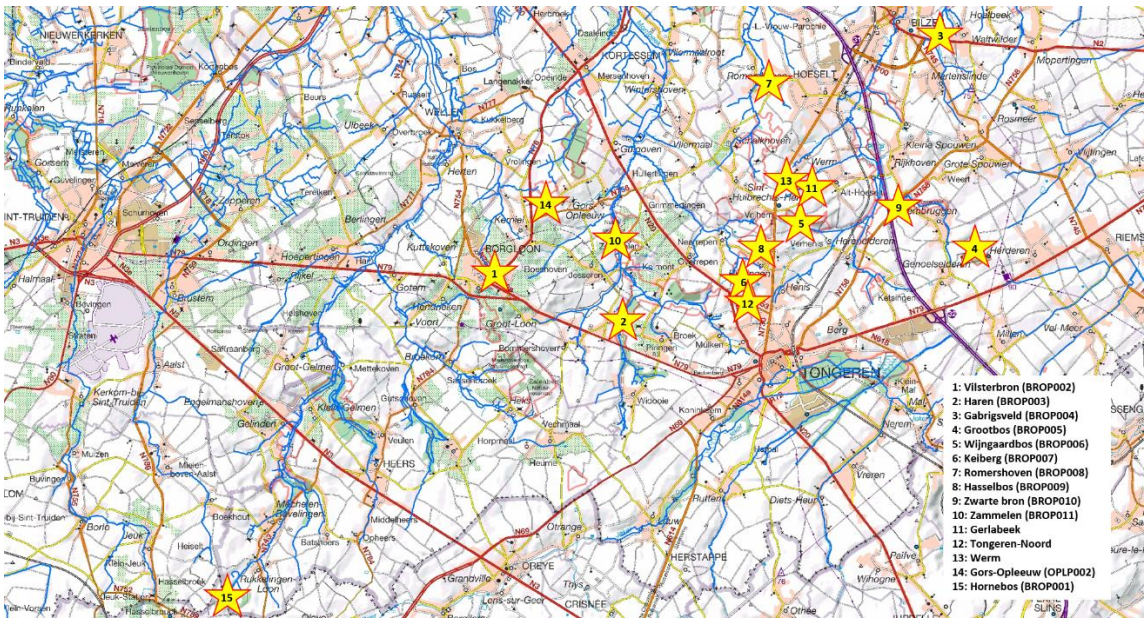
3 SITUERING VAN DE TE ONDERZOEKEN BRONLOCATIES

In het kader van deze studie werd door de opdrachtgever gevraagd om 11 bronlocaties te bestuderen. Die zijn niet allemaal gelegen in het bekken van de Mombeek, maar situeren zich ook in de naburige bekkens van de Kleine Herk, de Herk, de (Oostelijke) Winterbeek en bovenloop van de Demer. Op basis van de gebiedskennis voor aanvang van de studie (ANB, INBO, Regionaal Landschap Haspengouw & Voeren, plaatselijke medewerkers van terrein beherende verenigingen) werd een inschatting gemaakt van interessante bronlocaties (Figuur 3).



Figuur 3: 21 door terreinkenners geselecteerde bronlocaties in Haspengouw (op basis van expertkennis voorafgaand aan deze studie) met inschatting van de aanwezigheid van habitattype 7220 – Kalktuf. Rood sterretje: 10 geïnstalleerde piëzometers in bronnen (Hornebos buiten beeld in het westen). Rode polygonen zijn SBZ-H deelgebieden.

Bij de opstart van de studie kwamen nog een aantal andere locaties op de voorgrond, die om verschillende redenen, mee bekeken werden. Een overzicht van alle bestudeerde locaties wordt gegeven in Figuur 4.



Figuur 4: Overzicht van de finaal in deze studie bekeken bronlocaties.

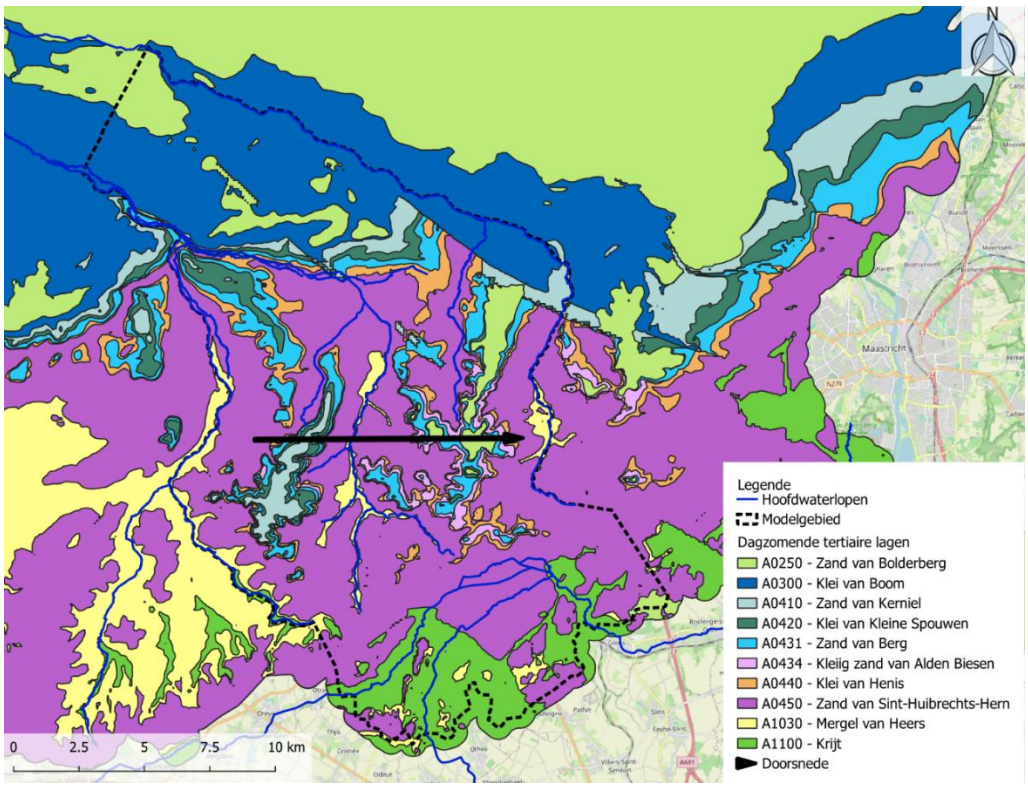
Naast de door de opdrachtgever geselecteerde en met hydrologische meetpunten uitgeruste 11 locaties (Vilsterbron) (1), Haren (2), Gabrigsveld (3), Grootbos (4), Wijngaardbos (5), Keiberg (6), Romershoven (7), Hasselbos (8), Zwarte Bron (9), Zammelen (10) en Hornebos (15), worden ook de meetgegevens van een ANB-project in de bronnen langs de bovenloop van de Gerlabeek (11) kort beschreven. Het was een project dat liep voor de aanvang van deze studie waarin uitgetest werd wat de meerwaarde van continue nitraatmetingen in grondwater (samenwerking met iFlux) zou kunnen zijn. Deze bronlocaties liggen midden tussen de, in deze studie onderzochte locaties. De bronlocaties van Werm (13) en van Tongeren-Noord (12) doken in de loop van het project op tijdens werkgroep discussies en werden eveneens kort toegelicht. Ten slotte is er nog de site van Gors-Opleeuw (14) die in het verleden op initiatief van de VLM al gedurende ruim een decennium bemeten werd. Het is op deze locatie dat het concept “Bilzenbronnen” ontstond. Uitleg hierover wordt verwezen naar het toenmalig advies en rapport (De Becker, 2006 & 2009).

4 GEOHYDROLOGISCHE CONTEXT VAN DE BRONNEN IN HASPENGOUW

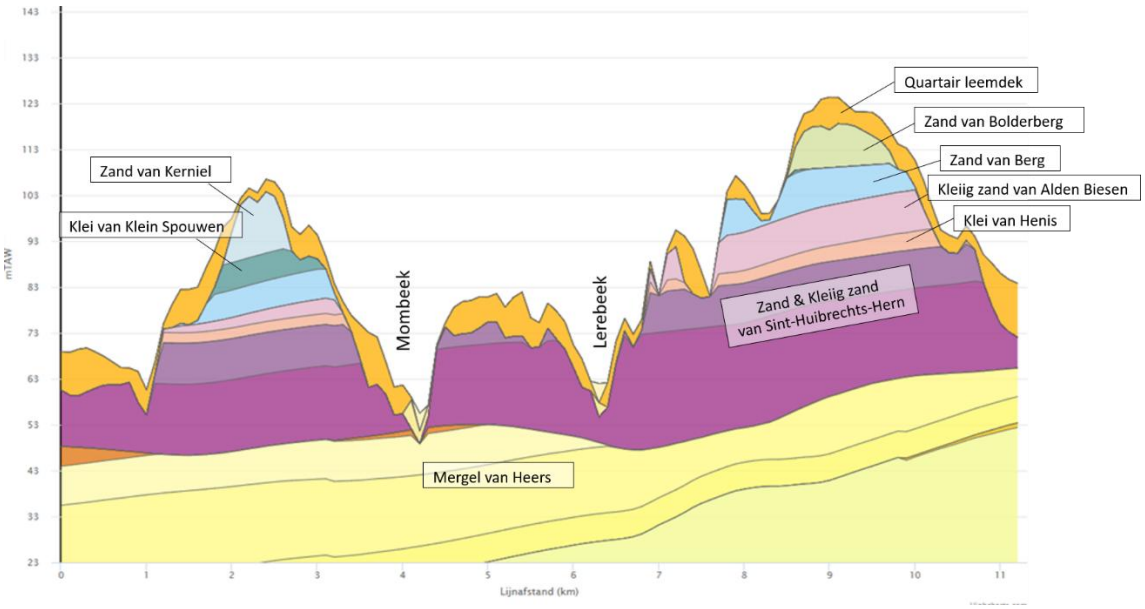
Neerslag die op de heuvels terechtkomt zal, als die niet oppervlakkig afstroomt of verdampt, via evapotranspiratie in de ondergrond percoleren en op een tussenliggende aquitard botsen. Het water zal doorheen de aquitard dringen of ondergronds over de aquitard afstromen tot het punt waar de aquitard is weg geërodeerd aan de valleiflank. Daar komt het grondwater aan de oppervlakte als bron, dit kan een puntbron of een diffuse bronzone zijn, of komt het onder de quartaire lemige toplaag in de onderliggende watervoerende laag terecht en dringt het verder naar beneden tot de volgende kleilaag.

Dit leidt, zeker in het stroomopwaartse, zuidelijk deel van de Mombeekvallei, tot een grondwatersysteem dat duidelijk opgedeeld kan worden in twee afzonderlijke deelsystemen. Enerzijds is er het deelsysteem op de heuvels met de continue in- en uitstroom van grondwater doorheen de afwisseling van zand- en kleilagen, en anderzijds is er het valleisysteem met de Mombeek, dat zich volledig onder de Klei van Henis bevindt. Dit valleisysteem krijgt een continue toevoer van grondwater vanuit het heuvelsysteem, namelijk het water dat als Bilzen/Borgloon-bronnen boven op de Klei van Henis afstroomt, en bijkomend het water dat doorheen de Klei van Henis infiltreert en het onderliggende zand van Sint-Huibrechts-Hern voedt. Omgekeerd heeft het valleisysteem, en eventuele ecohydrologische herstelmaatregelen die hierin worden geïmplementeerd, geen invloed op het grondwaterregime op de heuvels.

Figuur 5 geeft dit duidelijk weer voor het zuidelijke deel van de Mombeekvallei. Ter hoogte van de heuvels zijn “eilanden” te zien waar de lagen boven het Zand van Sint-Huibrechts-Hern niet zijn geërodeerd en waar dus grondwater blijft staan boven op de Klei van Henis. Dit zijn afzonderlijke grondwatersystemen (zie ook de doorsnede in Figuur 6).



Figuur 5: Dagzomende hydrogeologische eenheden voor Haspengouw volgens het H3Dv2.1.

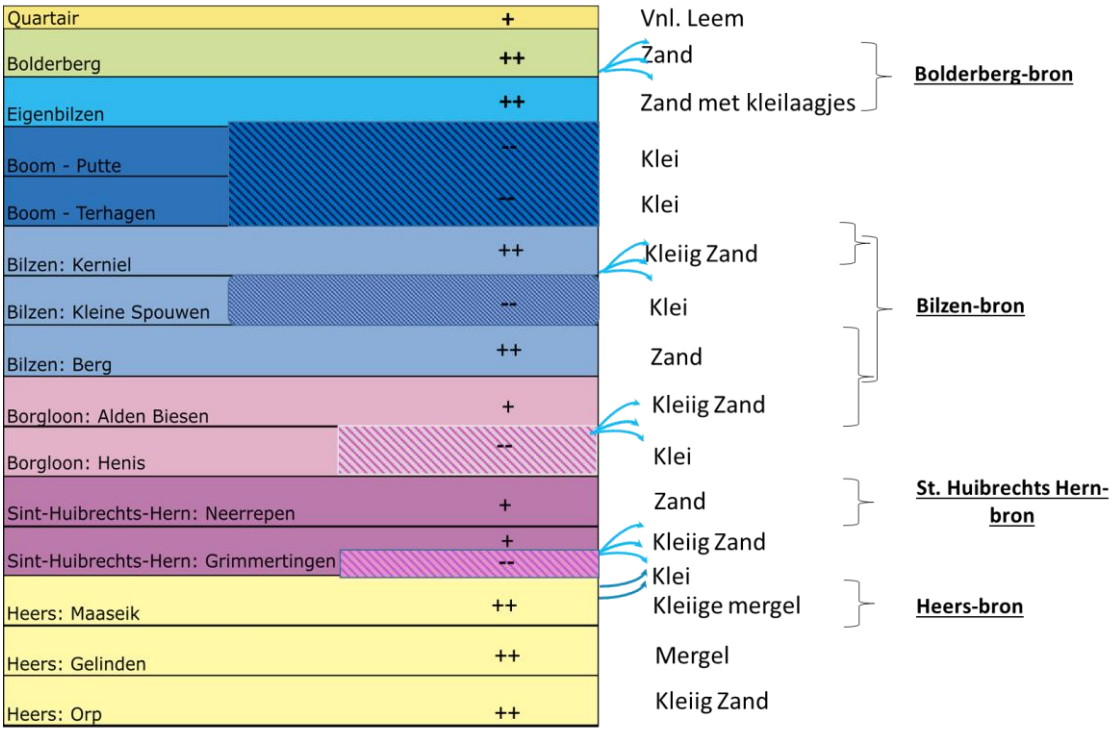


Figuur 6: Verticale doorsnede volgens de pijl in Figuur 5 met identificatie van de tertiair geologische lagen.

Voor het bronnenonderzoek zijn binnen het modelgebied twee “eilanden” van groot belang, gezien hier gekende kalktufbronnen voorkomen (zie Figuur 11). Het gaat enerzijds over een geologisch eiland dat de heuvelrug tussen de Herk en de Mombeek omvat, ter hoogte van (deel)gemeenten Borgloon, Groot-Loon, Kerniel, Gors-Opleeuw en Guigoven. Hier komen, boven op de Klei van Henis, nog het Kleiig zand van Alden Biesen, het zand van Berg, de Klei van

Kleine-Spouwen en het Zand van Kerniel voor. De Vilsterbron is aan de rand van dit eiland gelegen. Anderzijds is er een groter eiland tussen de Mombeek en de Demer gelegen, ter hoogte van Tongeren, Henis, Sint-Huibrechts-Hern, Werm, Schalkhoven, Hoeselt en Bilzen. Hier komen bijna dezelfde lagen voor als in het westelijke eiland, alleen het Zand van Kerniel komt hier niet voor en is op de hoogste heuveltoppen vervangen door het goed doorlatende Zand van Bolderberg. In het noorden duikt dit eiland weg onder de Boomse klei. Er zijn acht gekende bronnen die aan de rand van dit eiland ontspringen. Ter hoogte van beide eilanden komt boven op de tertiaire lagen een lemige eolische deklaag voor van variabele dikte.

In Figuur 7 wordt een schematisch overzicht gegeven van alle geologische lagen die in het bekken van de Mombeek mogelijks een rol spelen in de werking van de bronnen. In de figuur wordt een ruwe indicatie gegeven van de mineralenrijkdom van de watervoerende laag. (- = mineraalarm, + = matig mineraalrijk en ++ = mineraalrijk). Die mineralenrijkdom zal in belangrijke mate bepalen wat de mineralensamenstelling is van het bronwater.



Figuur 7: Samenvattende (en geïnterpreteerde) dwarsdoorsnede van de voorkomende geologische lagen met belangrijkste textuur en mate van watervoerendheid (t.t.z. slecht (--), matig (+) of goed (++)) in het Mombeekbekken en ruime omgeving (naar www.DOV.be/lithostratigrafie). Niet alle lagen komen overal voor. Arcering duidt op aquitards met daarboven steeds de mogelijke bronniveaus (blauwe neerwaartse pijltjes – de opwaartse pijltjes voor de formatie van Heers wijzen in "semi-artesische" bronnen.

Algemeen gesteld kunnen 4, mogelijks 5 verschillende bronniveaus (blauwe pijltjes) onderscheiden worden.

Bolderberg-(Eigenbilzen-)bronnen: Bovenaan liggen een paar uitzonderlijke "geologische eilandjes" met uitgesproken mineraalarme zanden van de formatie van Bolderberg. In het uiterste noorden van het studiegebied (met name in Gabrigsveld) komt onder de formatie van Bolderberg de ietwat mineraalrijkere zanden van de formatie van Eigenbilzen voor. De formatie van Bolderberg komt verder door naar het zuiden voor als "toppen" van heuvels (zie bv Keiberg).

Het zijn daar echt kleine eilandjes die eerder toevallig aan erosie ontsnapt lijken. Beiden worden onderaan begrensd door de Boomse klei, een afzetting die in de Kempen zeer belangrijk is als afsluitende laag onderaan de geohydrologische systemen daar. Hier komt ze maar beperkt voor, eveneens als vrij kleine eilanden boven op het volgende watervoerende pakket.

Bilzen-(Borgloon)-bronnen: Onder de Boomse klei zit de formatie van Bilzen die in regel uit (sterk) mineraalrijke sedimenten bestaat. Ze wordt opgesplitst in drie zgn. “leden”. Bovenaan is dat het mineraalrijke, zandige lid van Kerniel, daaronder een kleiafzetting van het lid van Kleine Spouwen en nog lager opnieuw een zandlaag van het lid van Berg. Het gros van de bronnen in dit deel van Haspengouw wordt gevoed met water dat afkomstig is uit de formatie van Bilzen, en meer bepaald uit de zanden van Berg en van Kerniel. De klei van het lid van Kleine Spouwen fungeert als ondoordringbare laag waarop het bronwater (uit het zand van Kerniel) afstroomt. Die klei komt grosso modo enkel voor in het westen van het studiegebied De onderliggende zanden van Berg en de zanden van het lid van Alden Biesen (dat is het bovenste lid van de formatie van Borgloon) zijn dan wederom een mineraalrijk watervoerend pakket. Het daar ondergelegen lid van Henis (het onderste deel van de formatie van Borgloon) is een kleiafzetting die, waar ze dagzoomd, aanleiding geeft tot het ontstaan van een derde bronniveau. Deze twee bronniveau’ s uit de formatie van Bilzen en Borgloon zijn in het terrein (ook hydrochemisch) niet van elkaar te onderscheiden en ze worden hier samen beschouwd onder de “Bilzenbronnen”

Sint-Huibrechts-Hern (SHH)-Bronnen: Onder deze formaties komt de uitgestrekte en vrijwel continu aanwezige formatie van Sint-Huibrechts-Hern voor. Ook die is (vergelijkbaar met de formatie van Eigenbilzen en de formatie van Diest in de Kempen) matig mineraalrijk. Onderaan is deze formatie uitgesproken kleirijk (het zgn. Lid van Grimmertingen). Dat lid vormt een heuse, vrij continue kleilaag inclusief bronniveau, waar die kleilaag dagzoomd. Er treedt dan bronwater uit dat duidelijk minder mineraalrijk is dan het water afkomstig uit het vorige bronniveau (de Bilzenbronnen). Dit zou het onderste bronniveau (Sint-Huibrechts-Hern bron) kunnen genoemd worden. Er is in de selectie van de te bestuderen bronnen maar een voor beeld (Haren) van dit type bron. Daarnaast zijn er nog andere goede voorbeelden aan de zuidrand van de vallei van de Fonteinbeek of ook de zuidrand van het focusgebied van Wimmertingen.

Heers-bronnen: Nog dieper ligt de formatie van Heers. Dit is een uitgesproken kalkrijke formatie en het water dat eruit afkomstig is, is dan ook zeer mineraalrijk. Deze geologische laag wordt in het zuiden van het studiegebied, in de bovenloopjes van het Mombeekbekken oppervlakkig aangesneden in de valleien. Aan de voet van de valleiflank waar deze formatie aan de oppervlakte komt te liggen, ontstaan er soms bronnen met zeer kalkrijk water zoals in Zammelen en de Zwarte bron. Het heeft er alle schijn van dat het Heers-water onder spanning staat (een afgesloten watervoerend pakket of “confined aquifer” is). Waar het afsluitende (kleiige) lid van Grimmertingen weg geërodeerd is, dagzoomd de formatie van Heers en het grondwater dat klaarblijkelijk onder overdruk staat, welt op vanuit de ondergrond. Dat geeft aanleiding tot een fenomeen dat goed op bronnen lijkt, maar van een heel andere geohydrologische herkomst is dan de hierboven beschreven bronnen. Het is grondwater dat hier en daar onder hydrostatische overdruk uittreedt tegen de zwaartekracht in, wat eerder aansluit bij de definitie van kwel, maar dan geconcentreerd in een puntlocatie. We hebben hier dus eerder te maken met een vorm van zgn. “artesisch” grondwater.

Op basis van die informatie kunnen de verschillende bronnen die in dit rapport aan bod komen, worden toegewezen aan één van de vier watervoerende lagen zoals hierboven beschreven.

Tabel 1: Overzicht van de verschillende in deze studie behandelde bronnen, het eventuele hydrologische meetpunt en de watervoerende laag.

Loc. in Figuur 4	naam bron	Meetpunt	AQUIFER
1	Vilsterbron	BROP002	BILZEN
2	Haren	BROP003	SHH
3	Gabrigsveld	BROP004	BILZEN
4	Grootbos	BROP005	BILZEN
5	Wijngaardbos	BROP006	BILZEN
6	Keiberg	BROP007	BOLDERBERG
7	Romershoven	BROP008	BILZEN
8	Hasselbos	BROP009	BILZEN
9	Zwarte Bron	BROP010	HEERS
10	Zammelen	BROP011	HEERS
11	Gerlabeek	-	BILZEN
12	Tongeren Noord	-	BILZEN
13	Werm	-	BILZEN
14	Gors-Opleeuw	OPLP001	BILZEN
15	Hornebos	BROP001	HEERS

5 HYDROCHEMIE

Op basis van de tertiair geologische kaart wordt grotendeels duidelijk wat de watervoerende laag moet zijn van een bepaalde bron. Nochtans is dat soms niet zo eenvoudig als het er op het eerste gezicht uitziet. Vandaar dat er ook gekeken wordt naar de chemische samenstelling van het grondwater. In Tabel 2 zijn de chemische analyses van de verschillende bronnen gegroepeerd per (vermoedelijke) watervoerende laag (uit Tabel 1).

Tabel 2: Samenvattende statistieken (mediaanwaarde) voor de chemische samenstelling van de watervoerende lagen op basis van bronwater (voor alle (minimum 3) staalnamen over de periode 2021-2023).

watervoerende laag & (# locaties)	EC_{25} (µS/cm)	pHL	HCO_3 (mg/l)	NO_3-N (mg/l)	NO_2-N (mg/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
Bolderberg (1)	103	5,9	25	0,12	0,015	0,02	0,015	22	0,5	4,4	0,2	12,3	1,64	1,06	0,050
Bilzen (7)	1024	7,2	482	4,58	0,015	0,02	0,015	101	41,6	14,2	1,6	179,6	19,68	0,05	0,050
St. Huibrechts Hern (1)	686	7,3	422	0,05	0,015	0,02	0,015	47	13,9	7,3	1,8	118,4	16,28	0,24	0,460
Heers (3)	919	7,1	487	2,50	0,015	0,02	0,015	86	44,0	12,0	1,0	163,7	19,01	0,05	0,098

Uit de samenvattende statistieken (Tabel 2) blijkt dat op basis van mineralenconcentraties (Ca, Mg, HCO_3) en elektrische geleidbaarheid (EC_{25}) de herkomst van het bronwater vrij eenduidig valt te achterhalen. In het verdere verloop van dit rapport worden de chemische analyseresultaten per gebied in detail besproken.

5.1 KALKTUF OF GEEN KALKTUF?

Al die verschillende watervoerende lagen hebben elk hun eigen specifieke mineralensamenstelling en geven bijgevolg specifieke verschillen in chemische samenstelling van het uittredende bronwater. Afhankelijk van de mineralensamenstelling van de watervoerende laag waar het bronwater doorgestroomd heeft, zal het mineraalrijk of mineraalarm zijn (of een tussenpositie innemen). Als het bronwater rijk is aan calcium en bicarbonaat, dan ontsnapt er bij het uittreden doorgaans CO_2 aan de lucht en raakt het oververzadigd met calsiet ($CaCO_3$ of calciumcarbonaat) dat neerslaat onder de vorm van kalktuf. De neerslagreactie ziet eruit als volgt:

$$Ca^{2+} + 2(HCO_3)^- \underset{\text{Kalksteenoplossing}}{\overset{\text{Kalktufneerslag}}{\Leftrightarrow}} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Kalktuf is een poreus sedimentair gesteente dat ontstaat door afzetting van calciumcarbonaat in bronnen en bovenlopen van beekjes met kalkrijk water.

In Haspengouw zijn een aantal watervoerende tertiair geologische formaties aanwezig die uitgesproken mineraalrijk zijn, andere zijn dat wat minder. Echt mineraalarme watervoerende lagen zijn hier, met uitzondering van de zanden van Bolderberg, niet te vinden. De mineraalrijke afzettingen zijn met name de formaties van Bilzen en van Heers.

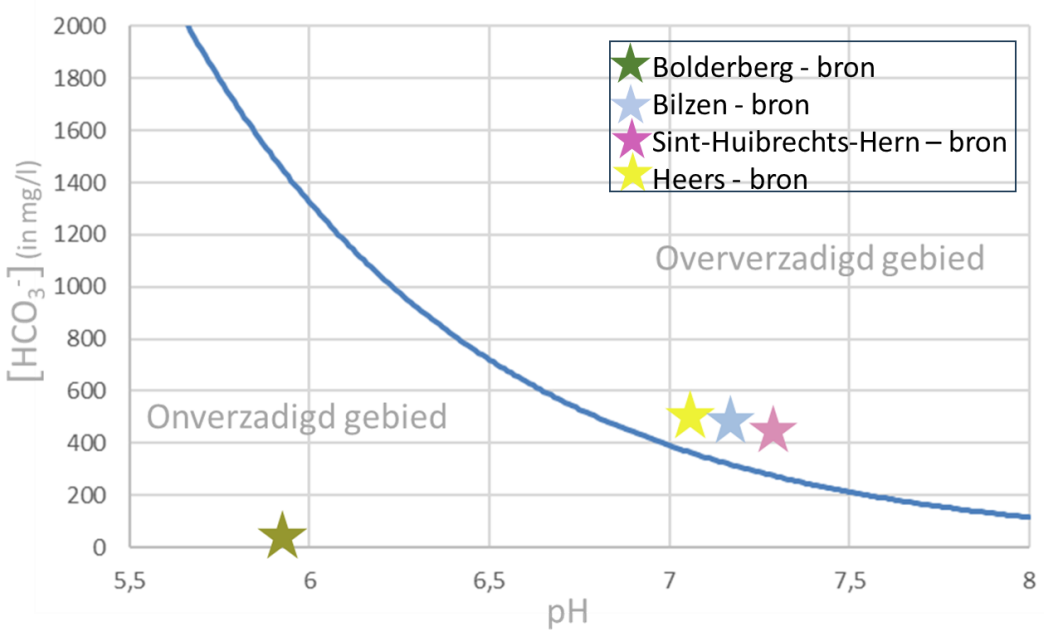
Elders in Vlaanderen komen nog kalkrijke tertiair geologische formaties voor (bv. formaties van Brussel, Lede, Landen, Vaals & Krijt). In het zuiden van België (Gaume), maar ook in de Duitse Eifel en de Franse Lorraine nemen die kalktufafzettingen vaak een aanzienlijke omvang aan. Ze

kunnen opstapelen tot rotsachtige formaties, travertijn genoemd, van vele tientallen kubieke meters. In Vlaanderen is dat nergens het geval, ook niet in Haspengouw. Hier gaat het om bescheiden afzettingen in laagjes van een paar millimeter tot hooguit een paar centimeter dik op takjes, blaadjes of levende mossen in bronbeekjes. In de meeste gevallen gaat het over een afzetting die er als een laagje stof uitziet. De formatie van St. Huibrechts Hern is een voorbeeld van een wat minder mineraalrijke, watervoerende laag. Toch vormt het uittredend bronwater ook hier aanleiding tot afzettingen van kalktuf (zie Figuur 8).

Of de chemische samenstelling van specifiek mineraalrijk bronwater aanleiding geeft tot het afzetten van kalktuf, kan ingeschat worden op basis van thermodynamische wetmatigheden. Met behulp van de formule van de zgn. “Temkin adsorptie formule” (Masel 1996) kan berekend worden wanneer een waterstaal oververzadigd is aan carbonaat en dus aanleiding kan geven tot het vormen van kalkneerslag.

$$[HCO_3^-]_{verz} = 2*10^6*e^{(-1,22*pH)}$$

Het gaat om reversibele processen, met name adsorptie en resorptie in aquatische omgeving. Voor kalkafzetting wordt dat gestuurd door de partiele drukken van gassen in de vloeistof. Verandert die partiële druk, dan verandert de sorptietoestand.



Figuur 8: Verzadigingscurve voor bicarbonaat in relatie tot pH (volgens de Temkin-formule) met weergave van de gemiddelde chemische samenstelling van de vier bestudeerde brontypes in Haspengouw.

Dit is een wat ingewikkelde, technische manier om aan te geven dat als een vloeistof (in ons geval grondwater) calcium en carbonaat bevat, die ionen kunnen neerslaan onder de vorm van kalk (i.c. kalktuf of travertijn) dan wel dat die travertijn opnieuw in oplossing kan gaan.

Dat proces wordt hoofdzakelijk gestuurd door pH en de concentratie koolzuurgas (concentratie of ~ partiele druk CO_2 in het water). Dat proces wordt dus beschreven op een vereenvoudigde manier door de bovenstaande formule en levert voor deze studie een samenvattende **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Hierop is duidelijk te zien dat water uit drie van de vier

brontypes (met name, Bilzen-, St. Huibrechts Hern- & Heers-bronnen in het oververzadigde gebied liggen en bijgevolg aanleiding kunnen geven tot vorming van kalk(tuf)neerslag. Alleen het water uit bronnen gevoed vanuit de formatie van Bolderberg ligt in het onverzadigde gebied, waar geen sprake is van kalk(tuf)neerslag (bron 6 Keiberg, BROP007X)

Als de verzadigde concentratie overschreden wordt voor een bepaalde pH, is er mogelijks sprake van neerslagvorming. Noteer dat dit een inschatting is. De formule geldt immers voor een bepaald type ruw oppervlak (dus voor zgn. "labo- omstandigheden") en voor isothermische omstandigheden, waaraan in de dagelijkse praktijk nagenoeg nooit voldaan wordt. Dee neerslag ontstaat niet zomaar. Er moeten ietsje ruwe oppervlakken voor handen zijn waarop die neerslag zich kan afzetten (i.c. de bronbeekbodem met steentjes, takjes, stengeltjes, plantjes en mosjes).

5.2 NUTRIËNTENAANRIJKING OF NIET?

Tot nu toe werd enkel gekeken naar de mineralensamenstelling van het grondwater. In regel hebben we hier dus te maken met (erg) mineraalrijk grondwater.

In onze contreien komen, onder "normale omstandigheden" (i.e. als er geen sprake zou zijn van menselijke beïnvloeding), nutriënten slechts in hele lage concentraties voor in grondwater.

Het Vlaamse (en bij uitbreiding nagenoeg het hele West-Europese) landschap is echter sterk door menselijke activiteiten beïnvloed. Dat leidt tot tal van negatieve effecten waaronder de (soms massale) aanwezigheid van nutriënten in bodem en grondwater.

Klassiek worden stikstof-, fosfor- en kaliumverbindingen als nutriënten gezien. In landbouw worden die drie steeds samen genoemd als zgn. NPK-meststoffen

5.2.1 Nutriënten op basis van stikstof

In grondwater worden hoofdzakelijk drie verschijningsvormen van stikstofverbindingen gevonden: ammonium, nitraat en nitriet. Uiteraard zijn er nog andere verschijningsvormen, maar die zijn zonder uitzondering van minder acuut belang.

Ammonium (NH_4^+-N) is van nature relatief weinig aanwezig in grondwater. Het is een positief ion en zit grotendeels gebonden op de bodembestanddelen (die in regel negatief geladen zijn via het zgn. klei-humuscomplex). Er is een uitwisseling tussen de op de bodem gebonden ammonium en het ammonium in oplossing in bodemvocht. Als een natuurgebied erg nat is, is bodemvocht hetzelfde als grondwater. De ammonium zit dan in het grondwater. Een normale (niet aangerijkte) concentratie bedraagt *< 0,5 mg NH_4^+-N/l*).

Nitraat (NO_3^--N) komt van nature nauwelijks tot niet voor in grondwater in onze streken. Onder natuurlijke omstandigheden (dus niet negatief door de mens beïnvloed) zou de concentratie van *NO_3^--N niet hoger dan 0.3 mg N/l* bedragen (Bobbink et al 2013).

Ammonium kan, in vochtige tot droge omstandigheden (dus in natuurgebieden waar het grondwaterpeil ten minste een deel van het jaar een paar tientallen centimeter onder maaiveld zakt) omgezet naar nitraat (NO_3^-). Dat proces wordt nitrificatie genoemd (Reactie 1).

Reactie 1: $2\ NH_4^+ + 3\ O_2 \leftrightarrow 2\ NO_3^- + 4\ H^+ + 2\ H2O$

In gebieden waarin de grondwatertafel schommelt (dat zijn de overgrote meerderheid van onze natte gebieden) treedt nitrificatie op maar ook (en dikwijls snel daaropvolgend) denitrificatie

waarbij nitraat verder omgezet wordt naar stikstofgas (N_2) of als lachgas (N_2O) die ontsnappen naar de atmosfeer.

Nitraat is negatief geladen en bindt bijgevolg niet aan de (negatief geladen) bodem. Het is met andere woorden erg mobiel. Het spoelt uit en stroomt mee met het grondwater. In aanwezigheid van pyriet (dat is een ijzer-zwavel (FeS_2)-houdend mineraal dat in nagenoeg elke watervoerende laag in Vlaanderen van nature in enorme hoeveelheden aanwezig is) wordt het in zure omstandigheden afgebroken en ontstaat er sulfaat en stikstofgas (Elberling et al 1994, Lucassen 2004).

Reactie 2: $14\ NO_3^- + 5\ FeS_2 + 4\ H^+ \leftrightarrow 10\ SO_4^{2-} + 5\ Fe^{2+} + 7\ N_2\nearrow + 2\ H_2O$

Nitriet-N (NO_2-N) komt van nature helemaal niet voor wat in de praktijk van chemische analysen betekent dat de concentratie van nitriet lager moet zijn dan de bepaalbaarheidsgrens van de analyseapparatuur (op het INBO is *dat < 0.01 mg nitriet-N/l*). Als nitriet vastgesteld wordt, dan moet dat te maken hebben met de directe instroom van huishoudelijk of dierlijke mest waar het wel in voorkomt. Nitriet is echter chemisch reactief waardoor het, afhankelijk van de omstandigheden vrij snel wordt omgezet naar nitraat, ammonium of stikstofgas. Meten van verhoogde nitrietconcentraties in grondwater betekent dus een actieve bron van vervuiling in of in de directe omgeving van het gebied in kwestie.

Het is opvallend dat het water van zgn. Bilzenbronnen, afkomstig uit de watervoerende laag van de formatie van Bilzen (het dominante brontype in deze regio en nagenoeg overal de bovenste watervoerende laag) sterk aangerijkt is met nitraat. Dat wijst op structurele overbemesting vanuit de landbouw. Dat is in overeenstemming met de vaststellingen uit het MAP meetnet en de chemische analyseresultaten van het grondwater in de deelrapporten voor de zeven focusgebieden van deze studie. Er is slechts één bestudeerde Bolderbergbron (i.c. de Keiberg), waarin heel lage nitraat-concentraties voorkomen.

Er is eveneens maar één bestudeerde St. Huibrechts Hern-bron (i.c. Haren) waarin geen nitraten gemeten worden.

In de Heersbronnen zitten sporadisch (soms sterk) verhoogde nitraatconcentraties (i.c. Zammelen). Vermoedelijk is voor dit specifieke geval sprake van bijmenging met vervuild plaatselijk infiltrerend water vanuit bewoning in de oude kern van Zammelen dat via de formatie van St. Huibrechts-Hern in deze bron terechtkomt.

5.2.2 Nutriënten op basis van fosfor

De enige wateroplosbare verschijningsvorm van fosfaten in grondwater doet zich voor onder de vorm van zgn. orthofosfaat. In ongestoorde omstandigheden komt dat niet of nauwelijks voor, wat in de praktijk betekent dat de waarde om de bepaalbaarheidsgrens van de analyseapparatuur schommelt (op het INBO is dat *<0.015 mg orthofosfaat-P/l*). Alle bronnen voldoen hieraan.

5.2.3 Nutriënten op basis van kalium

Als er over plantenvoedingsstoffen gesproken wordt, dan worden stikstof, fosfor en kalium doorgaans in één adem genoemd. In de ecohydrologie wordt er nauwelijks aandacht besteed aan de laatste, omdat er in onze contreien vooralsnog geen gevallen bekend zijn van kalium limitatie of overschotten. Kalium (K+) draagt een negatieve lading en bindt vlot op de (negatief geladen) bodem. Hoge concentraties in grondwater zijn het gevolg van hoge verzadiging van het bodemcomplex met kalium. Wat hier de probleemgrens is, is niet bekend.

5.2.4 Hoe zit het met sulfaat?

Er is sinds een paar decennia steeds sprake van sulfaat als het over nutriënten in het grondwater gaat. Hoewel sulfaat niet beschouwd kan worden als een nutriënt, speelt het toch een erg belangrijke onrechtstreekse rol in de nutriëntenbeschikbaarheid in natte natuurgebieden.

Sulfaat (SO_4^{2-}) komt in onze streken van nature voor in grondwater maar in beperkte concentraties. Het is negatief geladen en bindt dus niet aan de bodem. Het spoelt gemakkelijk uit met grondwater en wordt over grote afstanden met dat grondwater getransporteerd om zo in kwelgebieden aan de oppervlakte te komen. Omwille van de verregaande industrialisatie de voorbije eeuw, zijn die concentraties spectaculair gestegen tot soms meerdere honderden mg SO_4^{2-}/l. Pre-industriële concentraties in West-Europa worden geschat op ca. 15 mg/l. Overal in onze contreien zijn deze concentraties gedurende de vele voorbije decennia opgelopen tot meer dan het 10 à 15-voudige als gevolg van zwavel- en stikstofdepositie en overbemesting (zie o.a. Van Beek et al. 1989; De Schutter 1995; Broers & Peet 2003). De laatste jaren is er duidelijk verbetering opgetreden als gevolg van de vele beleidsmaatregelen tegen zure (zwavel)depositie, overbemesting e.a. Toch zijn er nog steeds (en soms sterk) verhoogde sulfaatconcentraties te meten in het grondwater. Dat is dan het gevolg van afbraak van nitraat in infiltrerend grondwater (Reactie 2). Die nitraat is afkomstig van overbemesting van overbemesting van landbouwbouwgronden in het infiltratiegebied en in mindere mate ook door invang van droge en natte atmosferische depositie via bossen. Naaldbossen hebben een belangrijkere invang dan loofbossen omwille van de hogere leaf area index (LAI = oppervlakte van de bladoppervlakte/oppervlakte onderliggend maaiveld), vnl. in het winterhalfjaar.

Eenmaal dat sulfaat in het grondwater, infiltreert het verder en komt in het kwelgebied terug aan de oppervlakte. Daar heeft het een negatief effect op de nutriëntenbeschikbaarheid en wel op twee manieren:

In bodems van kalkarme systemen (i.e. Vlaamse zandstreek en Kempen, en dus niet van toepassing in Haspengouw) zit het grootste deel van de fosfaten gebonden aan ijzer en aluminium in de ondergrond. Aanvoer van sulfaat via grondwater zorgt voor verdringing van de gebonden fosfaten en dus vrijstelling van plant beschikbare fosfaten in het systeem (Lucassen 2004) – dit proces wordt “interne eutrofiëring” genoemd.

In bodems die rijk zijn aan organisch materiaal (zoals in de meeste natte natuurgebieden in Vlaanderen) zal aanvoer van sulfaat via grondwater zorgen voor versnelde mineralisatie van het organisch materiaal, zeker in zuurdere omstandigheden (zie Reactie 2). Alle mineralen en nutriënten die opgeslagen zitten in dat organisch materiaal, worden vrijgezet en zorgen voor een bijkomende beschikbaarheid van nutriënten. Bovendien wordt er bij dit proces een pH- en bicarbonaatverhoging gerealiseerd. Dit proces wordt interne alkalinisering genoemd (Smolders 1995). Daardoor wordt de afbraak van organisch materiaal via micro-organismen gestimuleerd waardoor het mineralisatieproces beter verloopt en dus de vrijstelling van nutriënten nog groter wordt. Dit leidt potentieel ook tot bijkomende verhoogde calcium en bicarbonaatgehalte in het grondwater (Cirkel & Beek, 2012; van Dijk *et al.*, 2019). Zo is het in Haspengouw met name opvallend dat in de formatie van Bilzen de calcium-concentraties oplopen tot waarden die hoger liggen dan in de mergelafzettingen van de formatie van Heers. Het heeft er alle schijn van dat het volledige watervoerende pakket van Bilzen, door nitraatverontreiniging en interne alkalinisering hogere calcium- en ook bicarbonaatconcentraties vertoont dan van nature het geval zou zijn. Het is daarbij niet duidelijk of bij opnieuw verlaagde sulfaatconcentraties, er nog steeds sprake zou zijn van travertijnafzetting in deze bronnen.

Verhoogde sulfaatconcentraties zijn bijna altijd terug te voeren op instroom van nitraat in het infiltratiegebied en zijn dus een betrouwbare aanwijzing voor een nitraatproblematiek in het grondwatersysteem van het betrokken natuurgebied.

6 BEPALING VAN INFILTRATIEGEBIED VAN DE BRONNEN

De grootste drukken inzake instandhouding van kalktufbronnen in Europa zijn momenteel de achteruitgang in areaal en de abiotische kwaliteit (Paelinckx *et al.*, 2019), als gevolg van de verminderde aanvoer van grondwater, maar vooral als gevolg van een stijgende nutriëntenbelasting. In Vlaanderen is dit niet anders. Het is dan ook van groot belang om een beeld te krijgen van de omvang van de infiltratiegebieden voor deze bronnen, waarbinnen gericht maatregelen kunnen genomen worden naar grondwateraanvoer én naar de kwaliteit ervan. Kennis van knelpunten binnen infiltratiegebieden die kunnen leiden tot een vermindering van de waterreserves zoals drainage, grondwater- en oppervlaktewateronttrekkingen, toename van verharde oppervlakte of landgebruikstypes met verminderde grondwatervoeding zijn daarbij erg belangrijk. Ook risico's in verband met verslechtering van de waterkwaliteit, zoals verhoogde nutriëntenconcentraties worden best in het infiltratiegebied in beeld gebracht.

Voor het bepalen van de infiltratiegebieden werd in dit rapport gebruik gemaakt van twee methoden: Er is vertrokken van een (sterk) benaderende methode gebaseerd op het debiet van de bron (de Mars *et al.*, 2017b; Van Den Keybus *et al.*, 2021). Daarnaast werd gewerkt met afbakenen van infiltratiegebieden op basis van een geohydrologisch gebaseerd mathematisch grondwatermodel.

6.1 BEPALING VAN HET INFILTRATIEGEBIED VAN BRONNEN MET BEHULP VAN DEBIETSMETINGEN

Op voorstel van het INBO werd een, in Nederland gangbare methode voor inschatten van de omvang van het infiltratiegebied van een bron op basis van het debiet (de Mars et al, 2017c), uitgetest.

Aan de hand van de gemiddelde grondwatervoeding van de terreinen in de onmiddellijke omgeving van de bron in kwestie en het gemeten gemiddelde debiet van de bron(beek) wordt de oppervlaktegrootte-orde van het infiltratiegebied bepaald. Dit is dus een theoretische oppervlakte waarbij ervan uitgegaan wordt dat al het water dat infiltreert in dit gebied daadwerkelijk ook het brondebiet levert.

Met behulp van een V-schot (zie Afbeelding 2) wordt de waterloop afgedamd waardoor het water enkel nog over de V-vormige insnijding kan lopen. Na een zekere tijd is de overlopende waterkolom in evenwicht met de aanvoer van het bronwater. Die aanvoer is afhankelijk van het debiet volgens de formule:

$$Q = 1{,}38 * h^{2{,}48}$$

waarbij Q het debiet is in m³/s en h de hoogte in meter van de waterkolom in het V-schot.

Er wordt verder vanuit gegaan dat het debiet afhankelijk is van de langjarige gemiddelde grondwatervoeding in het intrekgebied van de bron en de oppervlakte van het infiltratiegebied volgens de formule:

$$A = Q/(\frac{R}{365 * 24 * 60 * 60 * 0{,}0001})$$

Waarbij A de oppervlakte van het intrekgebied is in ha, Q is hier de basisafvoer in l/s en R de langjarige gemiddelde grondwatervoeding in mm/jaar.



Afbeelding 2: Werkwijze van de debietmetingen met behulp een V-vormig afdammingsschot. Door de hoogte van de waterkolom die doorheen het schot loopt te meten kan het debiet bepaald worden.

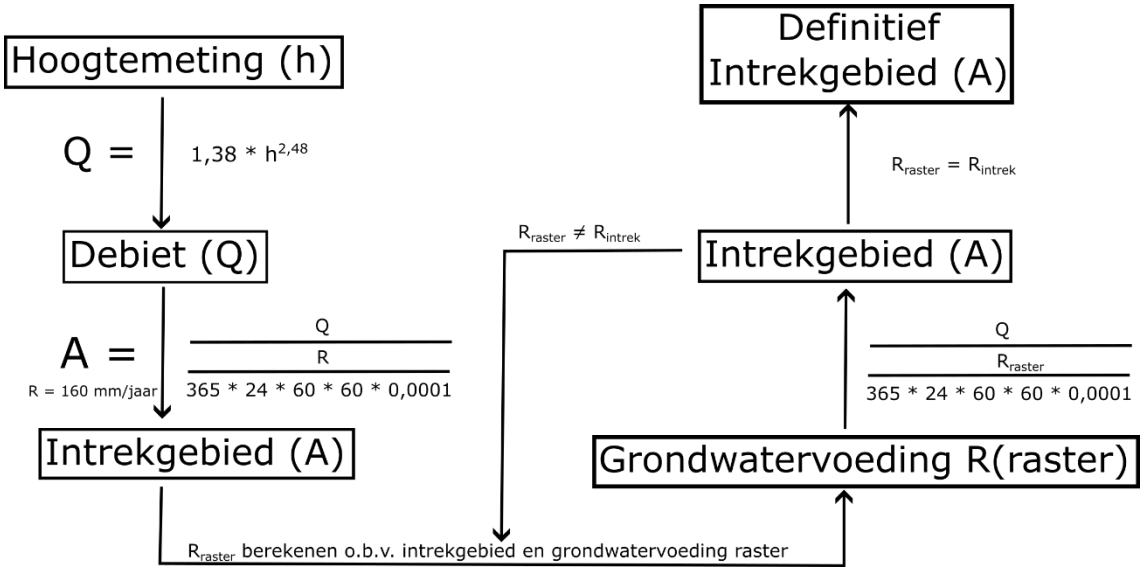
Hierna wordt bij benadering de ligging van het gebied bepaald met het geologisch 3D-lagenmodel van Vlaanderen versie 3 (Deckers *et al.*, 2019).

Om de grondwatervoeding binnen het nog onbekende infiltratiegebied te kwantificeren wordt gebruik gemaakt van het Vlaams Grondwater Model (VGM) (Meyus *et al.*, 2004). In dit model wordt voor heel Vlaanderen onder meer de grondwatervoeding berekend. Dat gebeurt op een resolutie van 50m x 50m waarbij rekening gehouden wordt met neerslag, potentiële evaporatietranspiratie, windsnelheid, temperatuur, topografie, grondwaterdiepte, bodemeigenschappen, landgebruik en de oppervlakkige afvoercoëfficiënt. De resulterende rastercellen krijgen dus op basis van deze factoren een specifieke grondwatervoedingswaarde toegewezen.

Voor de berekening van de gemiddelde grondwatervoeding in het intrekgebied van een bron wordt eerst een theoretische oppervlakte bepaald op basis van een fictieve grondwatervoeding van 160 mm/jaar. Aangezien 160 mm/jaar een lagere grondwatervoeding is dan wat er verwacht wordt voor Haspengouw, wordt de oppervlakte voor het infiltratiegebied daardoor initieel overschat. Hierna wordt in GIS een cirkelvormige polygoon ingetekend met deze maximale oppervlakte. Voor dit polygoon wordt met behulp van een raster op basis van het grondwatervoedingsmodel de gemiddelde grondwatervoeding (R_{raster}) bepaald. Deze gemiddelde grondwatervoeding ligt in realiteit altijd hoger dan 160 mm/jaar. Hiermee wordt dan opnieuw een (kleinere) oppervlakte berekend voor het infiltratiegebied.

Met dit nieuw berekende infiltratiegebied kan dan opnieuw, met behulp van het raster, de gemiddelde grondwatervoeding bepaald worden (R_{intrek}). Deze stappen worden herhaald totdat de gemiddelde grondwatervoeding van het infiltratiegebied op basis van het raster convergeert met deze waarvan de oppervlakte berekend wordt (R_{raster} = R_{intrek}). Door dus initieel een onderschatting van de grondwatervoeding van 160 mm/jaar te gebruiken, zal het

infiltratiegebied eerst te groot berekend worden. Via deze methode wordt de fout op het kiezen van een grondwatervoedingswaarde verkleind aangezien de voeding eigenlijk niet geweten kan zijn zolang men niet het infiltratiegebied kent. Omgekeerd, de oppervlakte van het infiltratiegebied kan pas berekend worden als de grondwatervoeding gekend is.



Figuur 9: Beslisschema voor de berekening van het infiltratiegebied.

Deze debiet-gebaseerde methode geeft louter een ruwe inschatting van de oppervlakte van het infiltratiegebied van een bron omdat ze onderhevig is aan verschillen in neerslagpatronen, een foutmarge bij het aflezen van de meetlat, en de mogelijkheid om de waterloop volledig af te dammen. Deze onzekerheden kunnen elkaar versterken wat kan leiden tot zeer grote afwijkingen (Van Den Keybus *et al.*, 2021). In theorie is het volledige debiet afkomstig van de uitstroom van grondwater. Het debiet van de meeste bronnen in onze streken is echter vaak beïnvloed door neerslag. Bij regenval zal het debiet dus tijdelijk stijgen. Om “normale uitstroom” te kunnen meten, is een periode van een paar weken zonder neerslag voorafgaand aan de meting ideaal. Om die reden werden de metingen meerdere keren uitgevoerd en werd de oppervlakte berekend met de hoogste debietwaarde.

Uit deze methode volgt een oppervlakteberekening van het infiltratiegebied. De exacte ligging/situering wordt niet objectief gegeven. De ligging van de infiltratiegebieden wordt tenslotte gekeken naar het geologisch 3D-model van de ondergrond (rekening houdend met de algemene geologische scheefstelling van de aquitard) en de topografie ter hoogte van het maaiveld.

6.2 SIMULATIE VAN DE INTREKGEBIEDEN MET BEHULP VAN EEN REGIONAAL GRONDWATERMODEL

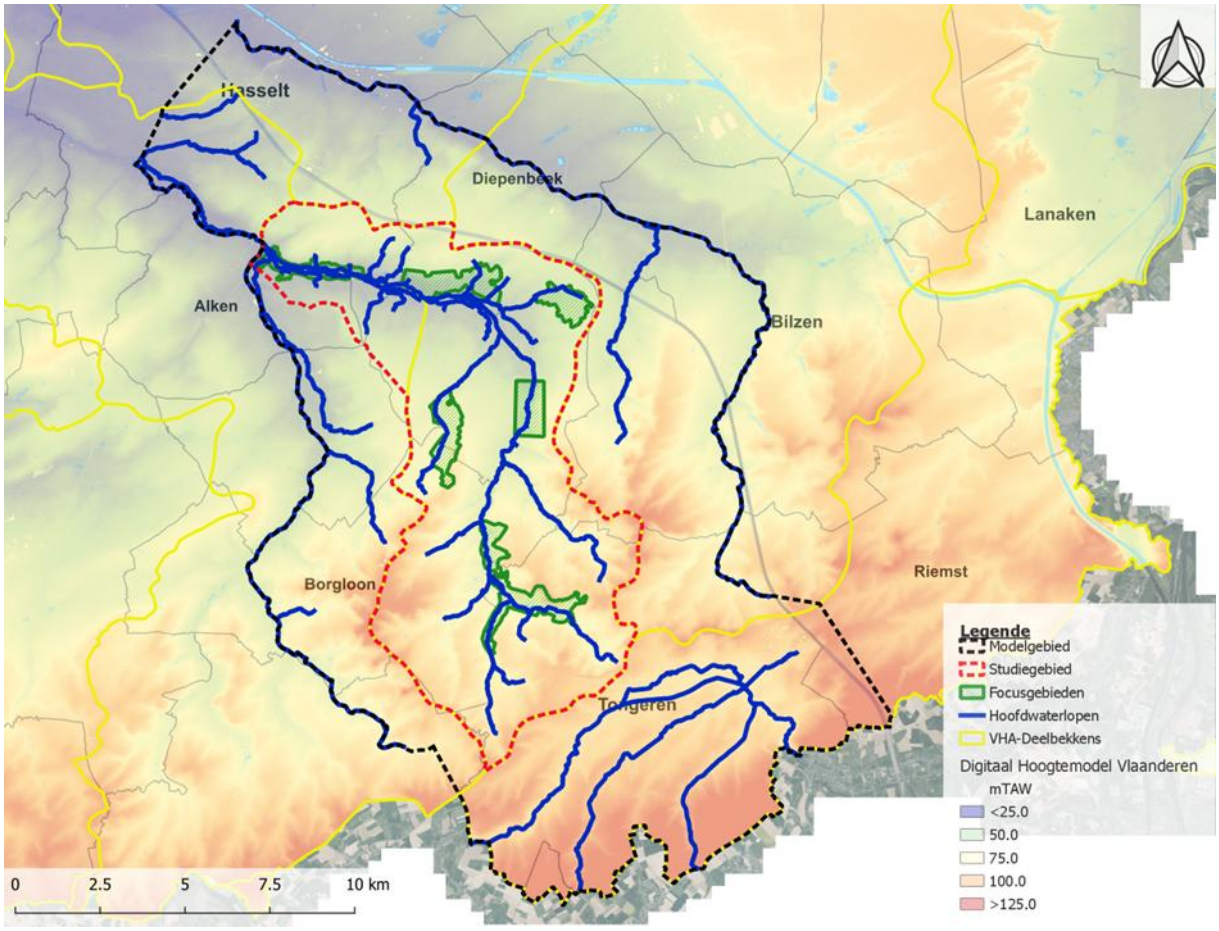
6.2.1 Inleiding

Er werd een regionaal grondwatermodel opgesteld van de ruime omgeving van de Mombeekvallei om een beter inzicht te krijgen in de werking van het ecohydrologisch systeem. Met dit grondwatermodel wordt inzicht verworven in de huidige grondwaterhuishouding en wordt de impact van herstel- of herinrichtingsmaatregelen op het grondwaterregime bekeken ter hoogte van focusgebieden voor natuur. Eén van de vragen die met het grondwatermodel

beantwoord wordt is het bepalen van de intrekgebieden van de bronnen en wordt de reistijd ingeschat tussen de intrekzones en het uitstromen aan de bron, wat in dit rapport toegelicht wordt.

De afbakening van het regionale modelgebied is weergegeven in Figuur 10. Er werd meer dan enkel het stroomgebied van de Mombeek meegenomen, omdat de Mombeekvallei geen afgesloten grondwatersysteem vormt. Zo wordt de Krijt-aquifer, die in het gehele modelgebied voorkomt, in belangrijke mate gevoed in het gebied ten zuiden van de Mombeekvallei waar het Krijt dagzoomt onder de quartaire afzettingen. De modelranden werden als volgt gekozen:

- De noordgrens en de oostgrens van het model vallen samen met de loop van de Demer;
- De zuidwestelijke rand volgt de grenzen van het VHA-deelbekken Maas;
- In het zuidoosten wordt de modelrand ter hoogte van de hoogtekam of waterscheiding gekozen;
- De westelijke modelrand valt samen met de loop van de Herkebeek in het zuiden en de Herk in het noorden;
- In het noordoosten wordt de modelrand loodrecht op de topografie gekozen.

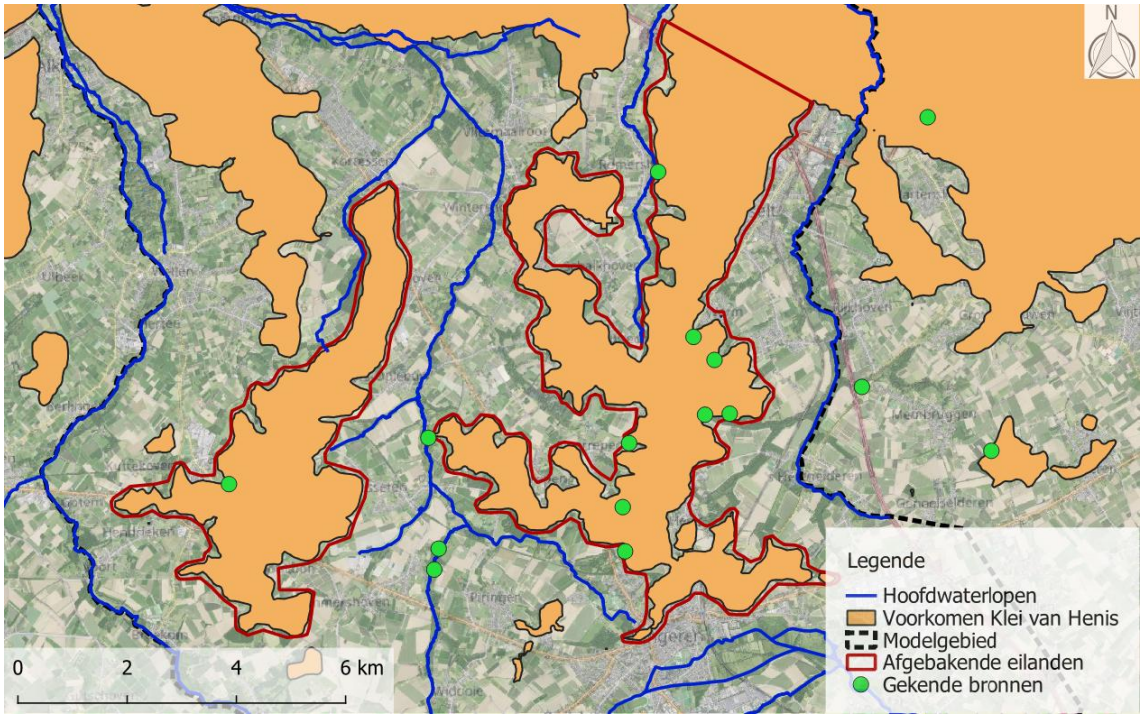


Figuur 10: Modelgebied van het regionaal grondwatermodel.

6.2.2 Hydro-geologische context

Zoals hierboven besproken (§ 1.2) is de hydrogeologische opbouw ter hoogte van de Mombeekvallei en de omringende valleien een complexe afwisseling van watervoerende zandlagen en waterremmende kleilagen. Op valleiflanken waar een overgang tussen een watervoerende laag bovenaan en een waterremmende laag onderaan dagzoomd, kunnen bronnen voorkomen.

Aangezien de eilanden boven de klei van Henis op de heuvels een quasi gescheiden systeem vormen van het valleisysteem, werden er aparte ”eilandmodellen” opgesteld voor deze eilanden. Dit is model-technisch veel efficiënter en op deze manier kan de grondwaterstroming in deze eilanden veel gedetailleerder worden gesimuleerd. Een kanttekening moet gemaakt worden dat met deze eilandmodellen alleen de bronnen gesimuleerd kunnen worden waarvan het aangevoerde water afkomstig is van boven de Klei van Henis (of hoger gelegen lagen). Het water uit de drie lagergelegen bronnen aan de Mombeek is afkomstig uit de Formaties van Heers en Sint-Huibrechts-Hern. De drie bronnen ten oosten van de Demer (Gabrigsveld, Grootbos & Zwarte Bron zie Figuur 3) zijn niet binnen het modelgebied gelegen en worden dus ook niet gesimuleerd. De bronnen in Haren en Zammelen zijn gelegen in de vallei, waardoor deze evenmin volgens deze methode in beeld konden worden gebracht.

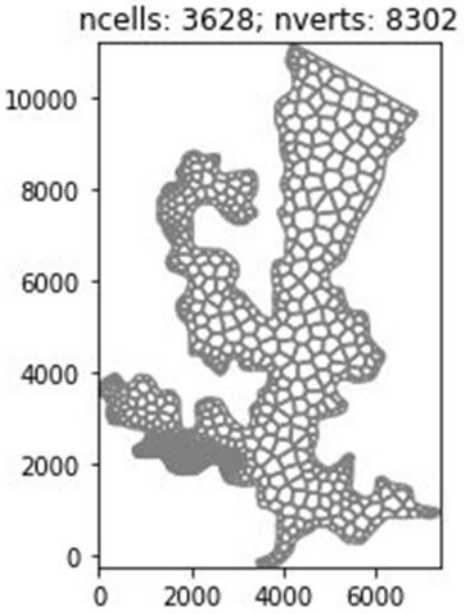


Figuur 11: Afbakening van de “eilanden” boven op het Zand van Sint-Huibrechts-Hern.

6.2.3 Opbouw van de grondwatermodellen van de eilanden

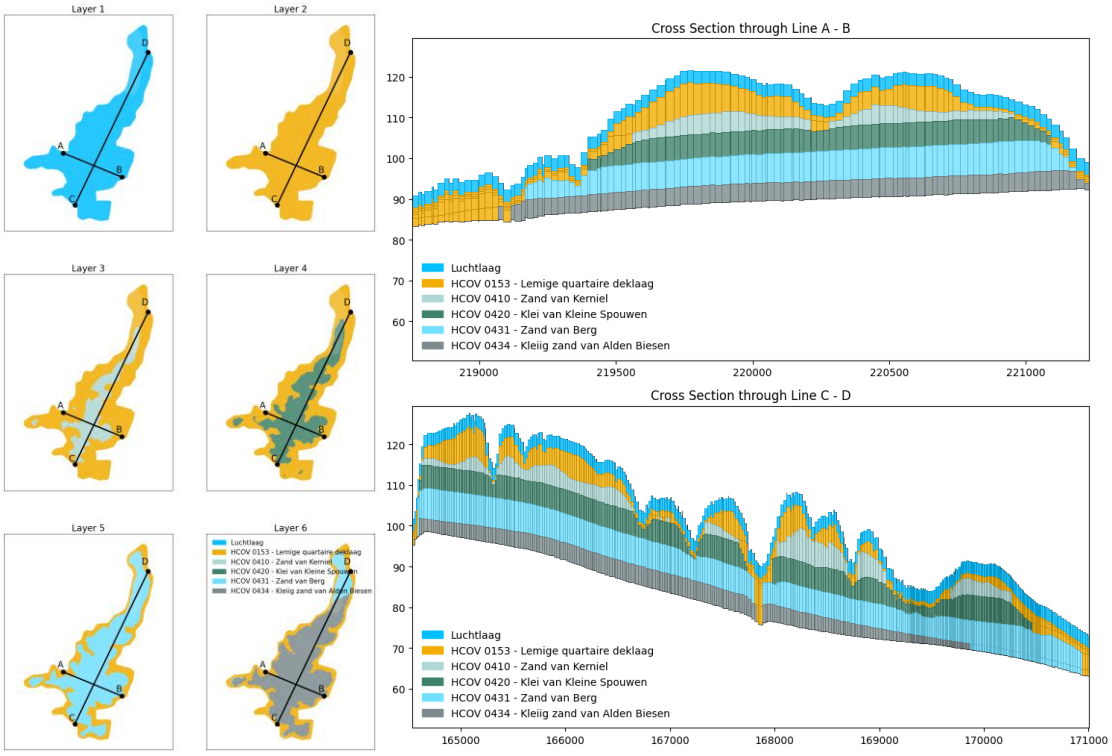
Voor de simulaties wordt gebruik gemaakt van de MODFLOW 6 rekencode. Het opstellen en het aansturen van het model gebeurt via het open-source python-pakket FloPy. Het voordeel van het meer recente MODFLOW 6 is dat deze code toelaat de grillige vorm van de eilanden te benaderen met de modelrand via verfijningen met een Voronoi-grid, waarbij dus wordt afgeweken van de standaard rechthoekige cellen (zie Figuur 12 voor een voorbeeld van het

oostelijke eiland, de cellen in het gebruikte grondwatermodel zijn nog vele malen kleiner). Deze indeling laat ook toe de cellen lokaal te verfijnen ter hoogte van interessegebieden.



Figuur 12: Weergave van een Voronoi-grid voor het oostelijke eilandmodel.

De verticale opdeling werd overgenomen van het H3Dv2-model voor de betreffende lagen. De bovenkant van het model werd ingevoerd via het Digitaal Hoogtemodel, al werd hierboven nog een luchtlaag van 2 m dik toegevoegd. Vanaf het maaiveld wordt voor elke hydrogeologische eenheid een aparte laag voorzien. De hoogte en dikte van de modellagen variëren mee met de hoogtes en diktes in het H3D-model, om de werkelijkheid zo goed mogelijk te kunnen benaderen. Figuur 13 geeft een verticale doorsnede weer van het westelijke eilandmodel. Er is sprake van zes lagen: een luchtlaag, een laag quartaire leem, een laag voor het Zand van Kerniel (waar dit voorkomt), een laag voor de Klei van Kleine Spouwen, een laag voor het Zand van Berg en Kleiig zand van Alden Biesen. Waar de betreffende geologische laag niet voorkomt, wordt een zeer dunne laag quartaire leem aangenomen. Ook in het oostelijke eilandmodel is er sprake van 6 lagen.



Figuur 13: Laagindeling van het westelijke eilandmodel.

De stationaire grondwatervoeding in het model werd overgenomen uit het Vlaams Grondwatervoedingsmodel opgesteld met WetSpass. De afstroming naar de valleien en de infiltratie doorheen de Klei van Henis wordt in het model benaderd door het voorzien van een

drainage-randvoorwaarde in de onderste modellaag. Waar de Klei van Henis niet voorkomt, wordt aan deze drainage een hoge conductantie toegekend. Dit simuleert de afstroming. Waar de Klei van Henis wel voorkomt, wordt aan deze drainage een lage conductantie toegekend die omgekeerd evenredig is aan de dikte van de kleilaag op die specifieke locatie volgens het H3D-model. Hoe dikker de kleilaag, hoe lager de conductantie en dus hoe minder infiltratie op die locatie (uitgaande van dezelfde verticale doorlatendheid van de klei).

Aan de verschillende hydrogeologische lagen zijn hydraulische parameters toegekend zoals te vinden in literatuur (Lebbe & Vandenbohede, 2004). Op basis van peilgegevens van openbaar beschikbare peilbuizen die binnen de modelgebieden gelegen zijn, werden de modellen nog licht stationair bijgekalibreerd. De uiteindelijk gebruikte doorlatendheden zijn weergegeven in Tabel 3. De gesimuleerde stationaire grondwatertafel is weergegeven voor de gehele eilanden (Figuur 14 en Figuur 15). Dit zijn stationaire stijghoogtes, gebaseerd op een gemiddelde grondwatervoeding door neerslag. Er wordt dus geen seizoenale variatie in rekening gebracht.

Tabel 3: Gebruikte hydraulische parameters in het grondwatermodel voor de verschillende Hydro geologische lagen.

HCOV	Hydrogeologische laag	Horizontale doorlatendheid (m/d)		Verticale doorlatendheid (m/d)		Effectieve porositeit (-)	
		Literatuur	Model	Literatuur	Model	Literatuur	Model
	Luchtlaag	-	100	-	100	-	1
153	Quartair leem	-	0.1	-	0.01	0.05	0.05
253	Zand van Bolderberg	10	8	0.5	2.5	0.08	0.15
410	Zand van Kerniel	1.7	1.5	0.0425	0.4	0.08	0.15
420	Klei van Kleine-Spouwen	0.005	0.005	0.00032	0.0003	0.0004	0.01
431	Zand van Berg	1.7	3	0.04	1	0.1	0.15
434	Kleiig Zand van Alden Biesen		0.2		0.02	0.1	0.08
440	Klei van Henis	0.004	-	0.0004	0.0001	0.0005	-

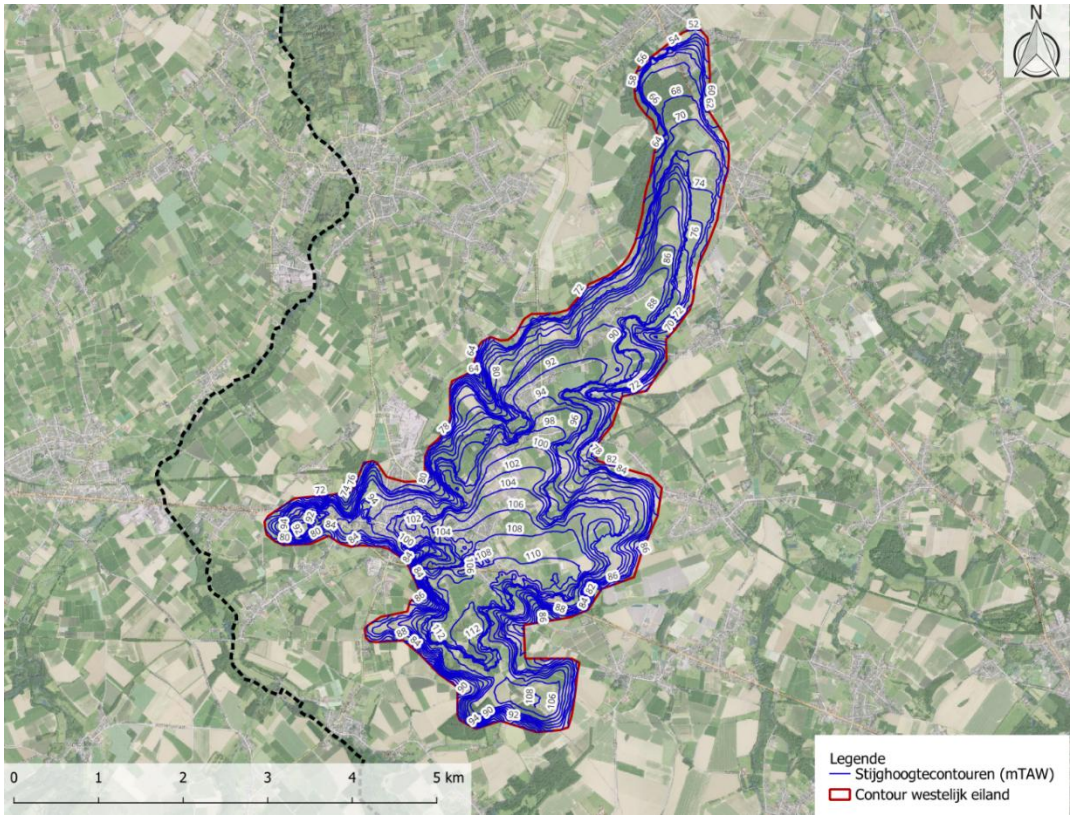
Om de infiltratiegebieden te modelleren werd gebruik gemaakt van een stroombaanberekening in het stationaire grondwatermodel. Een stroombaanberekening volgt het pad dat een fictief deeltje zou volgen in de grondwaterstroming, om zo de stroombanen weer te geven. Er werd over het gehele modelgebied dergelijke fictieve deeltjes ingevoerd op een regelmatig raster met een resolutie van 100 bij 100 m. Vanuit ieder fictief deeltje wordt de verplaatsing berekend vanaf de grondwatertafel onder invloed van de grondwaterflux (Figuur 16).

Aan de hand van de flux en de effectieve porositeit kan hieraan vervolgens een reistijd toegekend worden. Voor iedere bron waarvan het instroomgebied vervat zit in de eilandmodellen wordt in het volgend hoofdstuk over de gebiedbesprekingen een meer gedetailleerde beschrijving gemaakt van het instroomgebied. De berekende reistijden dienen wel als eerder indicatief te worden beschouwd, aangezien de onzekerheid op de parameters een grote invloed heeft op deze tijden.

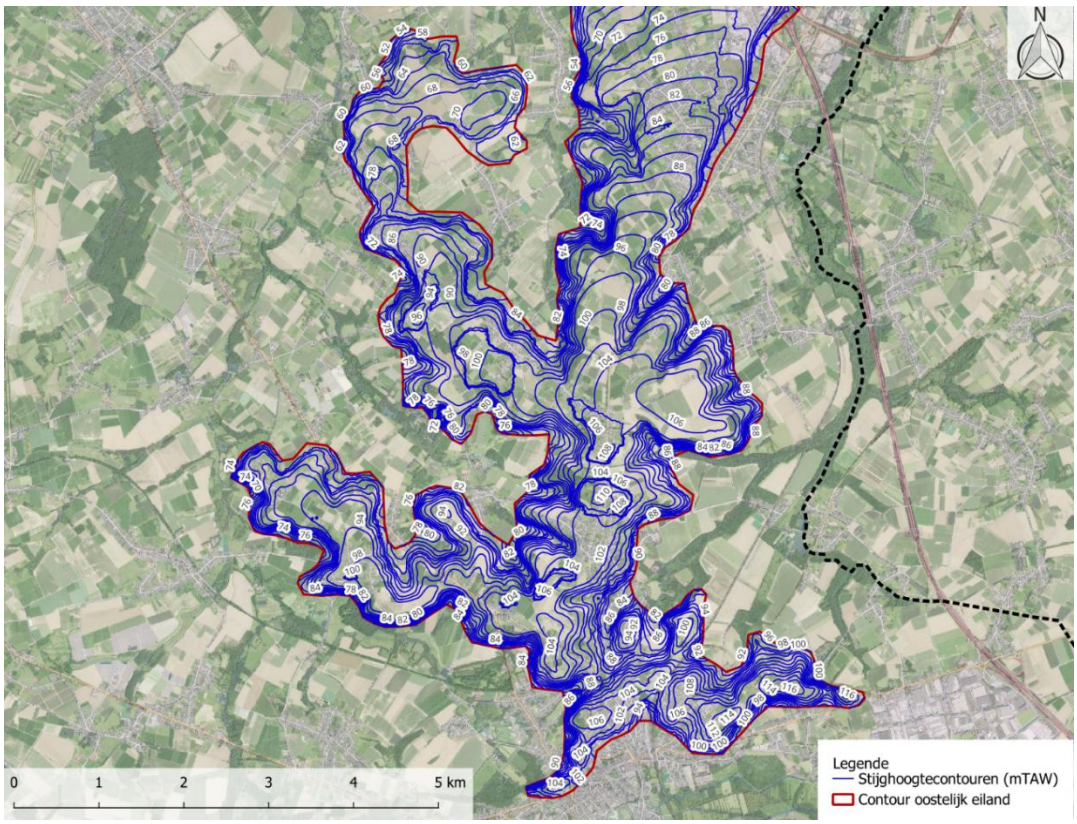
Hierbij dienen enkele belangrijke kanttekeningen te worden gemaakt, die bij interpretatie van de resultaten in het achterhoofd gehouden moeten worden:

- De startpunten bevinden zich aan de grondwatertafel, niet aan het maaiveld. De initiële infiltratie doorheen de onverzadigde zone of gedeeltelijke run-off zijn niet meegenomen in de stroombaananalyse en de berekening van de reistijden.
- Wat aan de hand van de stroombaananalyse in het grondwatermodel berekend wordt, is de algemene beweging van grondwaterdeeltjes in de ondergrond. Dit geeft een beeld van waar het water in bronzones afkomstig is. Een deel van dit water zal via de bronnetjes aan het maaiveld verschijnen. Een ander deel zal ondergronds verderstromen, of zal diffuus in ander een deel van de bronzone aan het oppervlak

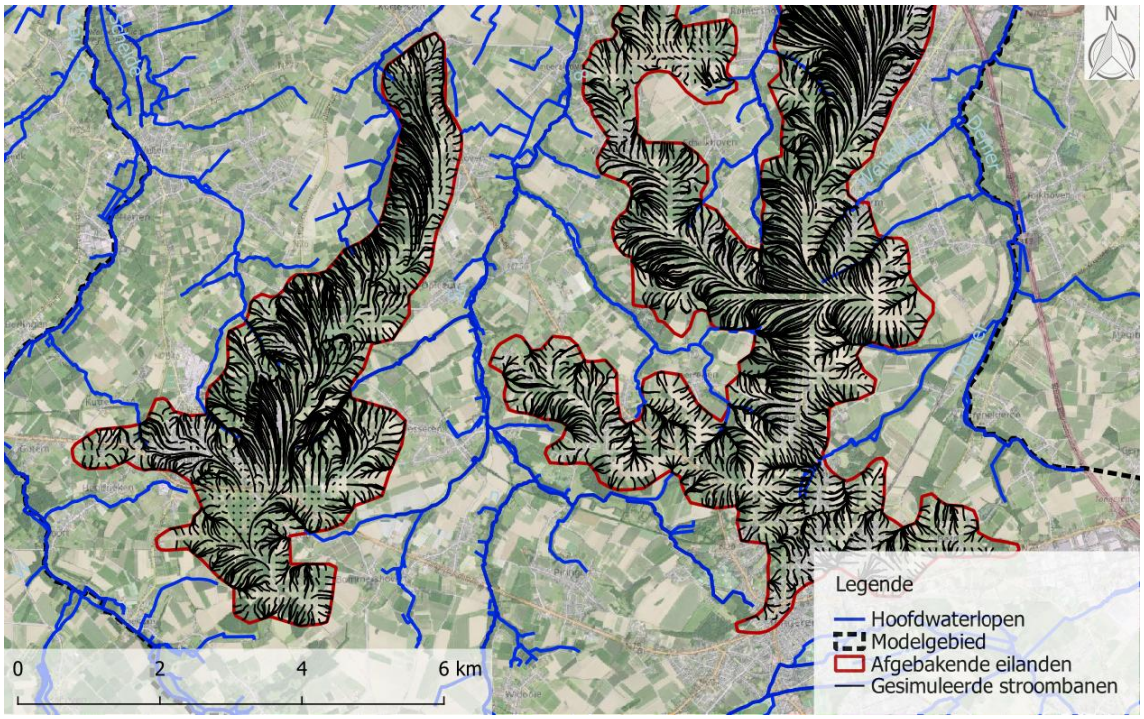
verschijnen. De exacte locatie van de bronnetjes is immers afhankelijk van zeer lokale geologische omstandigheden (bvb. het al dan niet zeer lokaal afwezig zijn van de quartaire leemlaag), terwijl het grondwatermodel is opgemaakt op basis van de regionale H3D-gegevens, die de lokale omstandigheden niet altijd goed benadert. De berekende inzijgzones van de brondgebieden via het grondwatermodel zullen bijgevolg altijd groter zijn dan berekend aan de hand van debietmetingen van het effectieve water dat uit de bronnen afkomstig is. Naar kwaliteit van het bronwater toe kan de volledige weergave van het brongebied wel een grote meerwaarde hebben in vergelijking met de instroomgebiedbepaling aan de hand van debietmetingen.



Figuur 14: Kaart van de stationaire stijghoogte-isohypsen (in m T.A.W.) voor het westelijk eiland.



Figuur 15: Kaart van de stationaire stijghoogte-isohypsen (in m T.A.W.) voor het oostelijk eiland.



Figuur 16: Gesimuleerde stroombanen voor de twee geohydrologische eilanden.

6.3 BEDENKINGEN BIJ DE BEIDE METHODEN

Bij de bepaling van het infiltratiegebied van bronnen met behulp van debietsmetingen staat of valt de nauwkeurigheid van de berekening met de veronderstelling dat het volledige brondebiet effectief uittreedt in de vorm van een bronbeekje en dat dat debiet correct en volledig te meten is. In werkelijkheid is dit niet het geval. Immers, in de meeste gevallen is de dagzomende kleilaag waar het veronderstelde brondebiet afvalt (en uittreedt) bedekt met afgeschoven materiaal (zgn. herwerkt quartair materiaal) dat het uittreden van bronwater belemmerd. Een (doorgaans belangrijk) deel van het uittredende water zal ondergronds van de kleilaag afvallen en verdwijnen naar de onderliggende watervoerende laag (onder de kleilaag). slechts een deel van het toestromende bronwater zal met andere woorden ook echt uittreden en een bronbeekje vormen waarvan het debiet kan bemeten worden.

Tijdens het meten van dat brondebiet (Afbeelding 2) werd vastgesteld dat het bijzonder moeilijk was om lekverliezen in de opstelling te vermijden. Bovendien is het correct meten van erg kleine debieten bijzonder lastig. Hoe kleiner het debiet hoe -groter de impact van meetfouten op het eindresultaat.

Deze drie “fouten” gecombineerd zorgen ervoor dat de werkelijke oppervlakte van het infiltratiegebied dus groter zal zijn dan wat door deze methode gesuggereerd wordt. In het beste geval krijg je bijgevolg een onderschatte oppervlakte van het infiltratiegebied en bovendien zegt deze benadering niets over de exacte ligging van het infiltratiegebied (of over de reistijden).

Voordeel is wel dat deze methode goedkoop is.

De voorkeur wordt hier gegeven aan de resultaten van de simulaties met het regionaal grondwatermodel zoals voorgesteld in § 1.4.2. Nadeel is uiteraard de vrij hoge kostprijs hiervan.

7 LOKALE STAAT VAN INSTANDHOUDING

Het vegetatieaspect in goed ontwikkelde bronbeekjes wordt in hoofdzaak bepaald door bronbos-mos- en -plantensoorten. Het gaat dikwijls om een karakteristieke mossenflora met soorten als Geveerd diknerfmos en Beekdikkopmos en bronplanten zoals Bittere veldkers, Verspreidbladig en Paarbladig goudveil en Reuzenpaardenstaart. Het bostype in kwestie is dan het habitattype 91EO_vc “Goudveil-Essenbos”. Het ligt dikwijls ingebed als een lang smal lint in een matrix van 9160 ‘Eiken-Haagbeukenbos” of 91EO_va “Vogelkers-Essen of Essen-Iepenbos”. Wanneer er duidelijke kalkafzetting optreedt en de oppervlakte hiervan voldoende groot is (minimaal 10 m^2) wordt de bron of bronbeek in Vlaanderen als habitattype 7220 geclassificeerd, “Kalktufbronnen met tufsteenformatie”.



Afbeelding 1: Kalktufsteenafzetting met Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) ter hoogte van de Vilsterbron (Borgloon).

Voor de ontwikkeling van kalktufvegetaties volgens de definitie van habitattype 7220, is het belangrijk dat de bronnen het ganse jaar door blijven stromen, met een voldoende hoog debiet om de vorming van kalktuf toe te laten. Bronnen liggen doorgaans in gradiëntrijk terrein met aanzienlijke hoogteverschillen op relatief korte afstand. De hoeveelheid uittredend bronwater vormt in onze streken meestal slechts bronbeekjes van hooguit een paar centimeter diepte en een breedte van enkele decimeters. Het gros van het organische materiaal wordt onmiddellijk afgevoerd, evenals fijnere bodempartikeltjes. Dat geeft bronbeekjes hun karakteristiek uiterlijk van kraakheldere, zachtjes kabbelende minibeekjes. Wat achterblijft op de bodem van dergelijke bronbeekjes zijn grotere bodempartikels zoals de grofste zandfractie maar ook grotere korrels en steentjes (grind eigenlijk). Die fijne grinden en zandsteenknolletjes vormen in combinatie met het daar permanent overheen kabbelende, mineraalrijke water de ideale standplaats voor de ontwikkeling van mosvegetaties met een aantal specifieke bladmossoorten zoals Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), Geveerd diknerfmos (*Palustriellla commutata*) en Gewoon diknerfmos (Cratoneuron filicinum). Maar ook folieuze en thalleuze levermossen zoals Groot en Klein varentjesmos (*Plagiochilla* sp.), lippenmos (*Chiloscyphus* sp.) en Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endivifolia*).

Het is de bedoeling om in dit rapport een selectie van de meest interessante bronlocaties te bespreken via een bondige ecohydrologische systeembeschrijving. Voor alle locaties wordt

nagegaan of het al dan niet om het habitattype 7220 gaat. Indien een locatie als habitattype 7220 geclassificeerd kan worden, zal ook de lokale staat van instandhouding beoordeeld worden aan de hand van de beoordelingsmatrix voor de lokale staat van instandhouding (Oosterlynck *et al.*, 2020).

Voor de bronnen die kwalificeren als habitattype 7220 (Kalktufbronnen met tufsteenformatie), wordt de lokale staat van instandhouding beoordeeld op basis van de criteria opgelijst in Oosterlynck *et al.*, 2020 (zie Tabel 5). De eindbeoordeling, waarbij de criteria worden geïntegreerd tot één eindoordeel gunstig of ongunstig is conform aan de werkwijze voor de EU-rapportage en het meetnet habitatkwaliteit zoals beschreven in Paelinckx *et al.*, 2019. Hierbij krijgen de indicatoren een gewicht in functie van hun belang (Tabel 4).

Integratie van LSVI-indicatoren voor vegetatie, habitatstructuur en verstoring tot één beoordeling per habitatlocatie gebeurt volgens de volgende stappen:

1a) tenminste één zeer belangrijke indicator ongunstig → ONGUNSTIGE LSVI
1b) geen enkele zeer belangrijke indicator ongunstig → 2
2a) de helft of meer van de indicatoren zijn ongunstig → ONGUNSTIGE LSVI
2b) minder dan de helft van de indicatoren ongunstig → GUNSTIGE LSVI

Tabel 4: Belang van verschillende indicatoren voor de habitatkwaliteit voor habitat 7220: kalktufbronnen met tufsteenformatie (Paelinckx et al., 2019) (b = belangrijk/zb = zeer belangrijk).

Criterium	**Indicator**	**Belang**
Structuur	Aard van de kalkafzettingen	zb
Structuur	Bedekking kalktuf	zb
Vegetatie	Aantal sleutelsoorten (waaronder karakteristieke mossen 7220)	b
Vegetatie	Bedekking sleutelsoorten	b
Verstoring	Dynamiek	zb
Verstoring	Eutrofiëring	zb
Verstoring	Structuurschade	b
Typische soorten	Flora & fauna (niveau VL)	b
Ruimtelijke samenhang	B-criterium (opp. Habitat op niveau VL)	zb
Ruimtelijke samenhang	A-criterium (opp. habitatcluster op niveau VL)	b

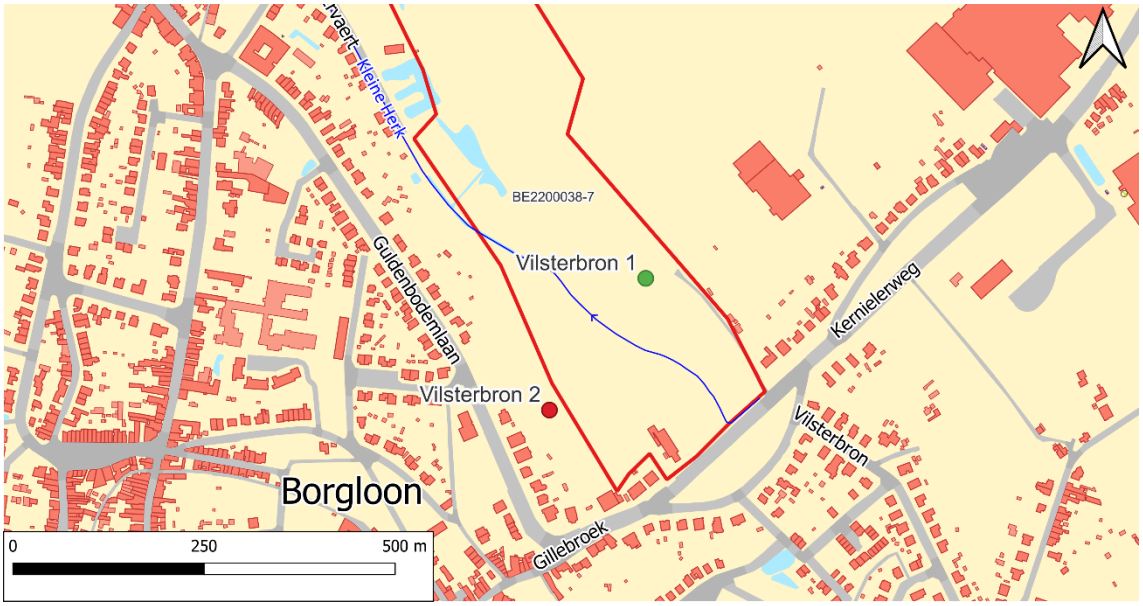
Tabel 5: Habitatkarakteristieken en beoordelingswijze voor habitattype 7220: Kalktufbronnen met tufsteenformatie.

Criterium	Beschrijving	Gunstige staat	Opmerkingen
Sleutelsoorten	Mossen en levermossen: Echt vetmos (*Aneura pinguis*), Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), Kegelmos (*Conocephalum conicum*), Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Tufmos (*Eucladium verticillatum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata, Palustriella falcata*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	het is noodzakelijk de mos-sleutelsoorten op naam te brengen om de LSVI te kunnen bepalen
bedekking sleutelsoorten		bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	
aard van de kalkafzettingen	De aanwezigheid van kalktufformaties waarvan de oorsprong/oorzaak van de afzetting (takjes, steen, mos) niet meer herkenbaar is (= historische tufvorming) en/of duidelijke kalkafzettingen in levende moskussens of op takjes en steentjes (= recente tufvorming). Onder een duidelijke kalkzetting wordt verstaan bij niet-mossubstraten dat op het merendeel van het substraat kalkafzetting plaatsvindt en bij afzetting in moskussens dat de meerderheid van de mosstengels met een kalkneerslag zijn omhuld.	actieve tufvorming aanwezig	fossiele kalktufafzettingen worden hier niet meegerekend
bedekking kalktuf		≥10%	goed ontwikkelde kalktufformaties zijn gekenmerkt door een hoge bedekking met karakteristieke
Dynamiek	afzetting van slib, zand, … : het bedekken van de kalkafzettingen door allerlei met het water aangevoerde substraten	hooguit zeer schaars	
Structuur	zichtbare tekenen van brand, spoorvorming door voer-/werktuigen, vertrappeling, overbetreding of afval	structuurschade hooguit zeer schaars	
Eutrofiëring	draadalgen (bv. *Enteromorpha spp.*)	afwezig	
invasieve exoten	Japanse duizendknoop (*Fallopia japonica*), Sachalinse duizendknoop (*Fallopia sachalinensis*), Boheemse duizendknoop *(Fallopia x bohemica* (*F. japonica x sacchalinensis*)) Reuzenberenklauw (*Heracleum mantegazzianum*), Canadese guldenroede (*Solidago canadensis*), Reuzenbalsemien (*Impatiens glandulifera*), Schijnaardbei (*Duchesnea indica*), Bonte gele dovenetel (*Lamium galeobdolon* subsp. *argentatum*), Douglaspluimspirea (*Spiraea douglasii*), Moerasaronskelk (*Lysichiton americanus*),…	≤10%	

8 GEBIEDSBESPREKINGEN

8.1 DE VILSTERBRON (BRON 1, BILZEN-BRON)

De Vilsterbron is gelegen nabij het centrum van Borgloon in het habitatrichtlijndeelgebied BE2200038-7 “Bossen en kalkgraslanden van Haspengouw”. Er zijn twee puntlocaties waar grondwater uittreedt.



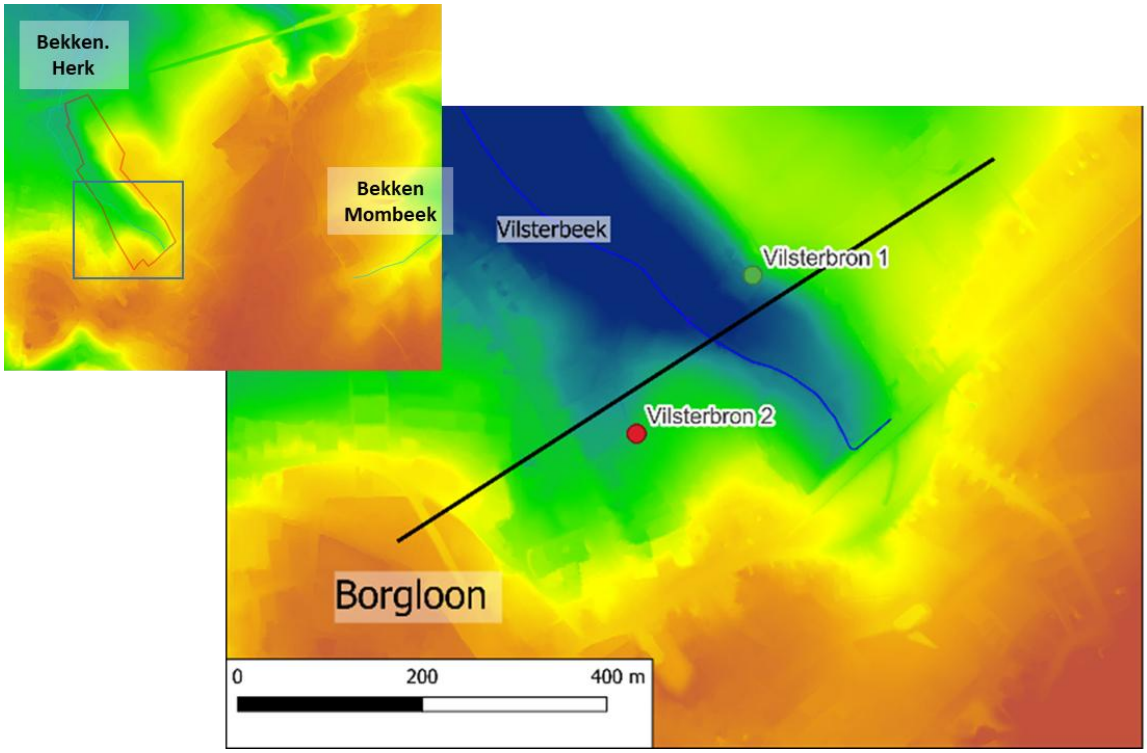
Figuur 17: Situering van de te onderzoeken Vilsterbron 1 (groen met BROP002) en Vilsterbron 2 (rood, zonder meetpunt) op de GRB-basiskaart met aanduiding van het SBZ-gebied.

8.1.1 Topografie en Hydrografie

De bronlocaties zijn gelegen in het dalhoofd van een smal, diep valleitje dat ingesneden is in het grillig afgeboorde plateau die de scheiding vormt tussen het bekken van de Herk aan de westzijde en het bekken van de Mombeek aan de oostzijde (Zie Figuur 18). De eerste locatie, Vilsterbron 1, bevindt zich ten noorden van de Kleine Herk (Vilsterbeek) en ligt op de zuidzuidwest georiënteerde helling. De tweede puntlocatie, Vilsterbron 2, ligt op de noord georiënteerde flank en aan de west- of zuidzijde van de Kleine Herk/Vilsterbeek. Bij Vilsterbron 1 werd een piëzometer (BROP002) geplaatst. In de Vlaamse Hydrologische Atlas wordt de beek aangeduid met Kleine Herk (Figuur 17). De “Kleine Herk” (of ook Vilsterbeek genoemd) is een beekje dat hier ontspringt en in noordelijke richting stroomt en uiteindelijk uitkomt in de Herk. Deze Kleine Herk is dus niet te verwarren met de Kleine Herk die samenvloeit met de Oude Mombeek in Alken (zie deelrapport: Wimmertingen).

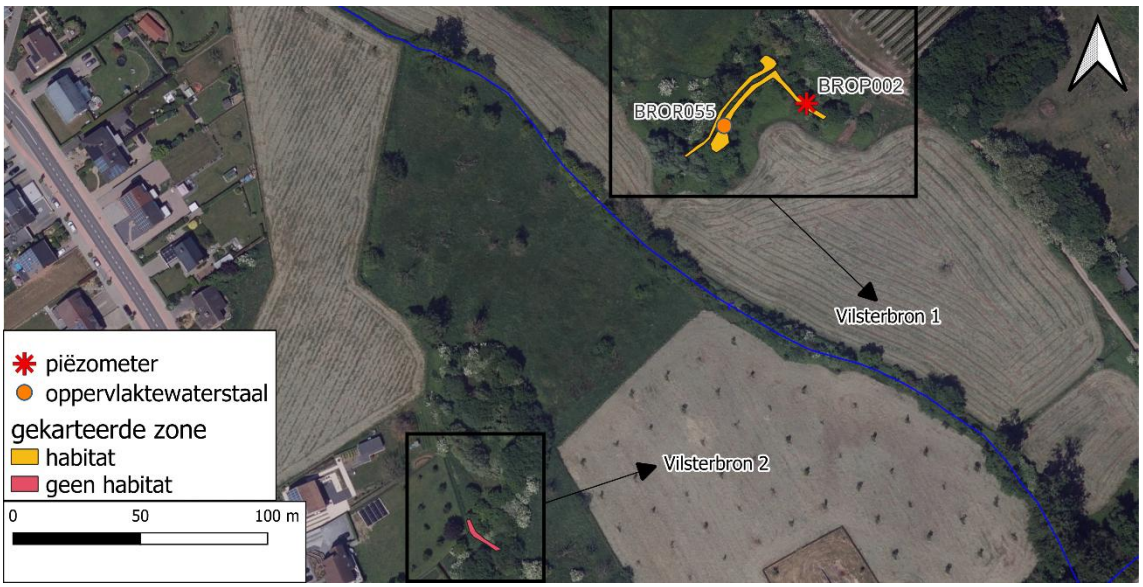
Vilsterbron 1 is nog een vrij natuurlijke ogende, (zeker de laatste jaren) weinig door de mens aangepaste bron op een zuidwest geëxposeerde helling. De stroomafwaartse deel van het bronbeekje werd in het verleden met zekerheid uitgegraven en deels ingebuis om het water snel af te leiden naar een lagergelegen veedrinkpoel en om een grote brede drassige zone in het grasland zo toegankelijk mogelijk te maken voor machines en vee. Het systeem van buizen is

vandaag echter sterk verzakt en verbrokkeld. Bij Vilsterbron 2 bestaat het bronhoofd uit een betonnen cilinder die in het bronhoofd gestoken is om te dienen als veedrinkput.



Figuur 18: Detailtopografie in de omgeving van Borgloon met aanduiding het dwarsprofiel uit **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** (uit DHM Vlaanderen II).

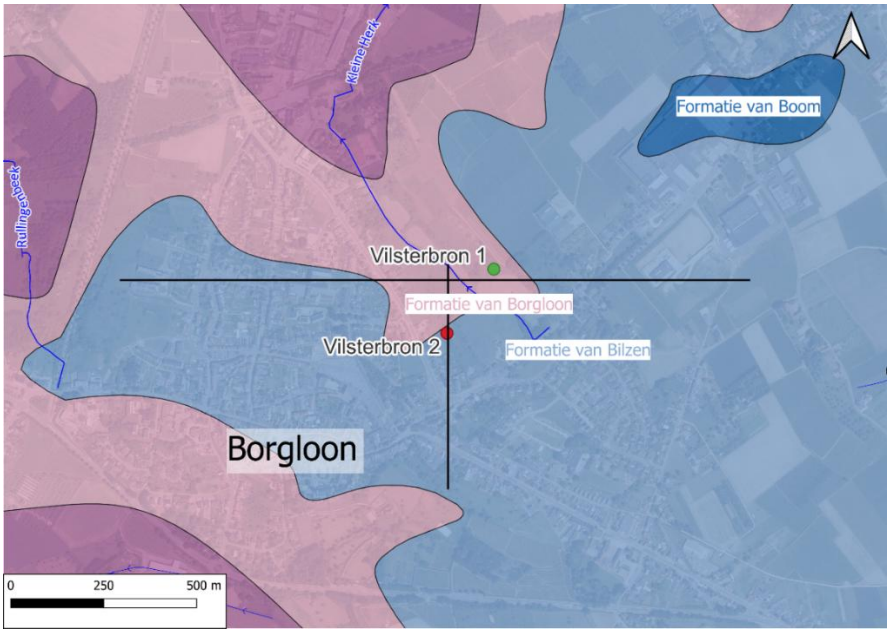
Figuur 19 geeft de topografisch ingemeten bronzones weer aan Vilsterbron 1 en Vilsterbron 2 weer. Vilsterbron 1 bestaat uit twee parallelle bronzones die hoog op de helling ontspringen en van de helling aflopen. De westelijke bronzone heeft een oppervlakte van 95.9 m^2. De oostelijke zone is een stuk groter en omvat het bronhoofd en de bronbeek die net boven een uitgegraven poel lager op de helling, iets breder wordt. Deze zone heeft een oppervlakte van ongeveer 165 m^2. De totale oppervlakte bedraagt dus ca. 260 m^2. Vilsterbron 2 is een stuk kleiner, deze heeft slechts een oppervlakte van 33.3 m^2.



Figuur 19: Ingemeten bronzones aan Vilsterbron 1 (met piëzometer BROP002 en bronbeekwatermeetpunt BROR055) en Vilsterbron 2.

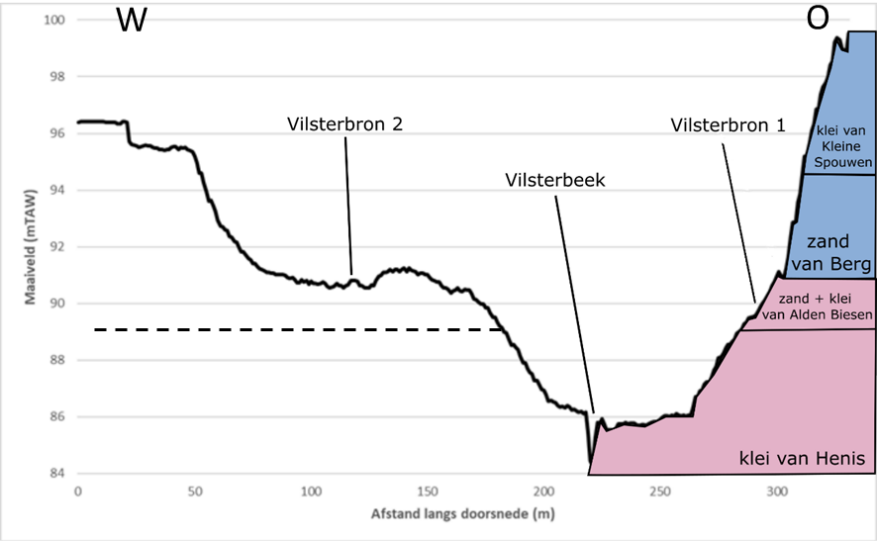
8.1.2 Geohydrologie

Het grondwater lijkt hier afkomstig uit de zandige leden van de formaties van Bilzen & Borgloon; meer bepaald uit het onderste lid van de formatie van Bilzen (het lid van Berg) en uit het bovenste lid van de formatie van Borgloon (het lid van Alden-Biesen). De klei van Borgloon (Lid van Henis) dagzoomt hier vrij hoog op de helling. Het is die slecht doorlatende kleilaag waarop het infiltrerende grondwater botst en zijdelings uitstroomt. Zo ontstaan de Vilsterbronnen.

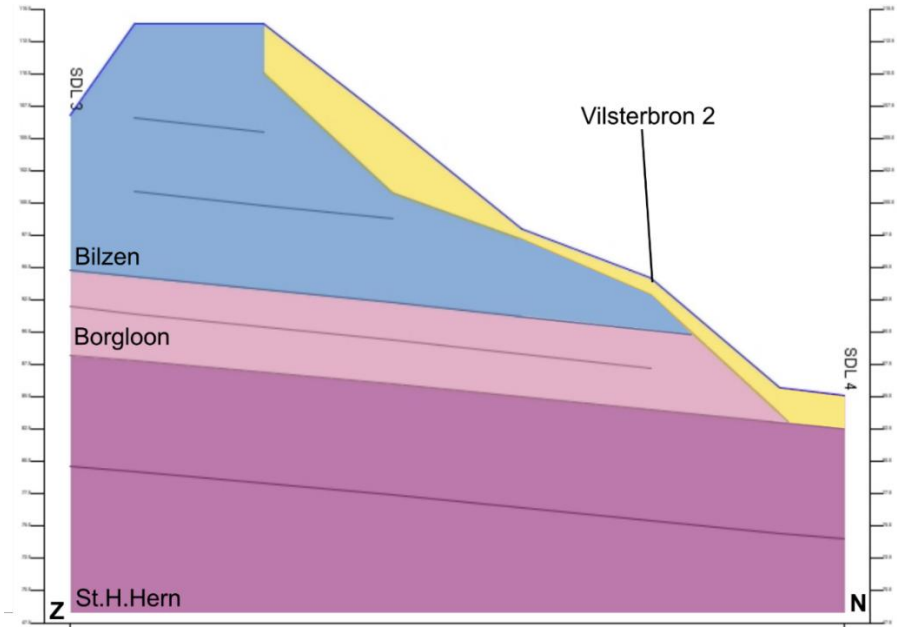


Figuur 20: Tertiair geologische afzettingen t.h.v. de Vilsterbron met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnedes (zie Figuur 21 en Figuur 22).

Figuur 21 toont de WO-georiënteerde geologische dwarsdoorsnede ter hoogte van de Vilsterbronnen 1 & 2. Op het plateau ligt een laag quartair dekmateriaal (leem) met daaronder de Formaties van Bilzen en Borgloon.



Figuur 21: Overzicht van de tertiair geologische formaties op WO-gerichte dwarsdoorsnede bij benadering t.h.v. de Vilsterbron (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 20.



Figuur 22: Overzicht van de tertiair geologische formaties op ZN-gerichte dwarsdoorsnede t.h.v. Vilsterbron 2 (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 20.

Figuur 22 toont een ZN-georiënteerde dwarsdoorsnede. De bronlocatie van Vilsterbron 2 staat aangegeven op dit schema. Hieruit blijkt dat deze een paar meter hoger (94.87 m T.A.W.) ligt dan Vilsterbron 1. De bron heeft meer dan waarschijnlijk dezelfde geohydrologische oorsprong als Vilsterbron 1 (grens tussen Formatie van Bilzen en Borgloon), maar vermoedelijk ligt er hier

meer herwerkt quartair dekmateriaal dat de uitstroom belemmert waardoor er wat voor de uitstroom, waardoor er wat opstuwing ontstaat.

Het gaat in beide gevallen om zgn. “Bilzen-bronnen”

8.1.3 Grondwater

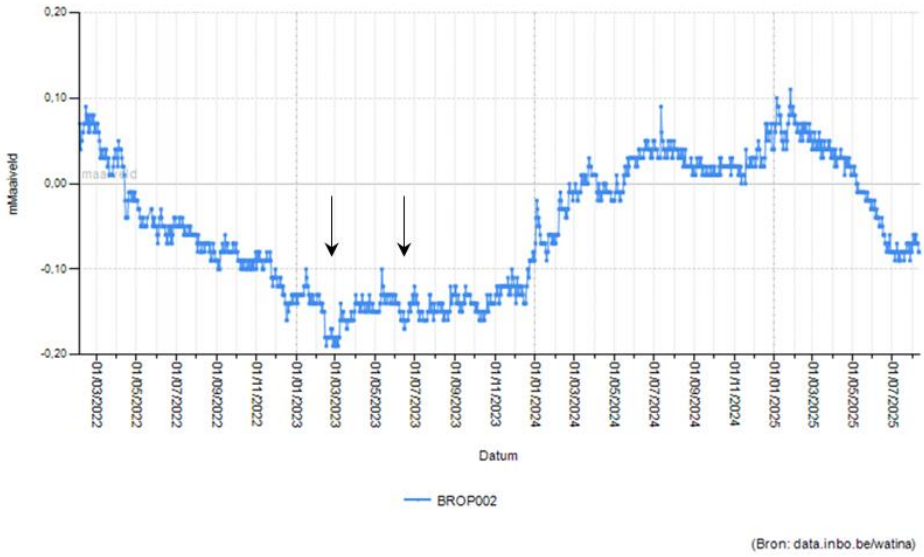
Om inzicht te krijgen in de ecohydrologische systeemwerking van de bronlocatie werd een piëzometer (BROP002) geplaatst aan het bronhoofd van Vilsterbron 1. De peildata worden gebruikt om het grondwaterregime van deze bron in beeld te brengen.



Afbeelding 2: Zicht op piëzometer BROP002 aan Vilsterbron 1 (23 februari 2023).

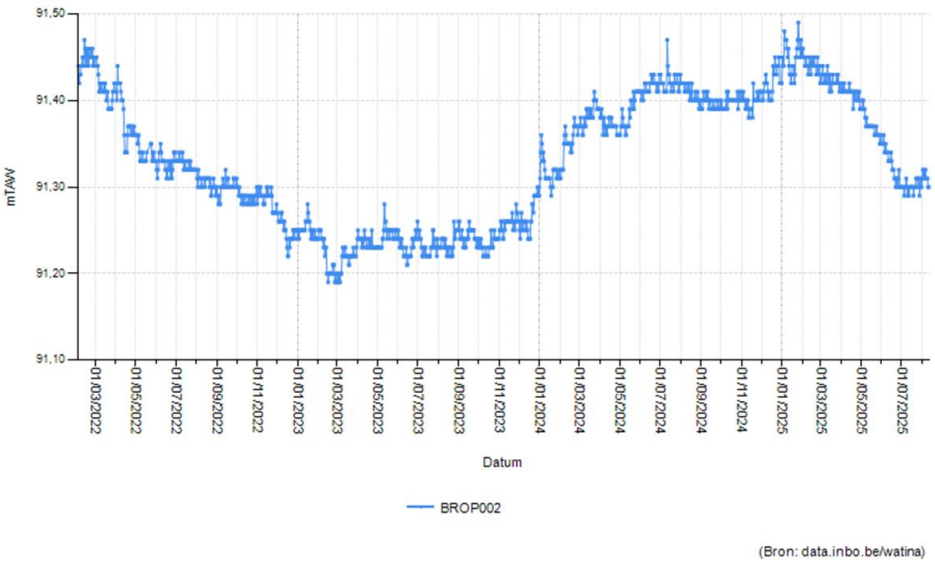
8.1.3.1 Grondwaterpeilen

In Figuur 23 staat de tijdreeks van grondwaterpeilmetingen voor piëzometer BROP002 afgebeeld. Opvallend is de afwezigheid van jaarlijkse schommelingen (geen jaarlijkse periodiciteit).



Figuur 23: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP002 met aanduiding van het tijdstip van de debietmetingen in het bronbeekje van de Vilsterbron 1.

De peilen zakken vanaf het begin van de meetperiode (begin februari 2022 tot eind december 2024 om dan abrupt weer te stijgen begin april 2025 om vervolgens weer te dalen. Op de tijdreeks zijn doorheen de volledige meetperiode kleine neerslagpiekjes zichtbaar maar hebben ze geen groot effect op het grondwaterpeil. In de tijdreeks is geen duidelijke seizoenaliteit op te merken.



Figuur 24: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP002) aan de Vilsterbron.

Het grondwaterniveau in het watervoerende pakket waaruit het bronwater komt, wordt dus wordt dus niet of nauwelijks beïnvloed door evapotranspiratie gedurende de zomer. Dat peil fluctueert (met vertraging) onder invloed van de veranderingen in netto neerslag (of neerslagoverschot).

In Figuur 24 is de tijdreeks met de stijghoogten van het grondwater (in m T.A.W.) weergegeven. Het maaiveld ligt op een hoogte van 91.38 m T.A.W.

8.1.3.2 Grondwaterkwaliteit

In meetpunt BROP002 werden in het kader van deze studie vier grondwaterstalen (23/5/2022, 16/2/2023, 16/5/2023 en 22/8/2023) genomen. Alle analyseresultaten zijn weergegeven in Tabel 6.

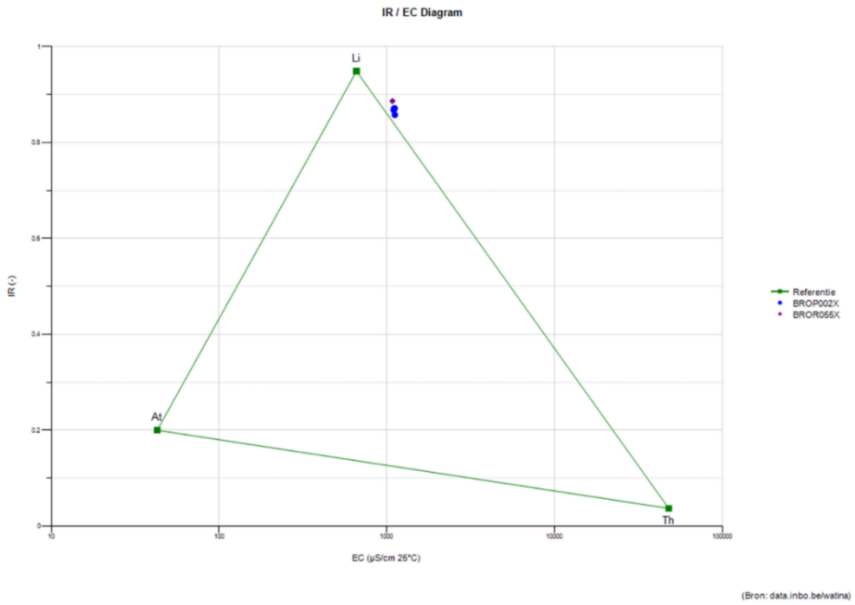
Het oppervlaktewaterstaal (BROR055) werd genomen in het bronbeekje van Vilsterbron 1 stroomafwaarts van het actuele meetpunt BROP002, werd genomen in kader van een studie rond typering van kalktufbronnen in Vlaanderen (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012).

Tabel 6: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP002) en bronbeekwater (BROP055) in de Vilsterbron.

Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
16/11/2011	BROR055	1079	7,8	484	8,90	0,015	0,04	0,015	122	47,2	23,3	3,4	208,7	24,67	0,05	-
23/05/2022	BROP002	1112	7,1	540	8,30	0,015	0,02	0,015	111	47,7	26,4	2,3	182,7	22,54	0,05	0,05
16/02/2023	BROP002	1114	7,4	514	9,20	0,009	0,02	0,015	109	50,5	28,9	2,3	171,9	24,13	0,05	0,05
16/05/2023	BROP002	1104	7,2	521	9,03	0,015	0,02	0,015	107	49,4	27,6	2,5	189,1	24,07	0,05	0,05
22/08/2023	BROP002	1096	7,2	507	9,30	0,007	0,02	0,015	117	50,7	27,0	2,4	188,5	24,14	0,05	0,05

De elektrische geleidbaarheid van het bronbeek- en grondwater ligt rond 1100 µS/cm. Een hoge geleidbaarheid van het water in afwezigheid van vervuiling wijst op een zeer mineraalrijk grondwater, wat in overeenstemming is met de geohydrologische afkomst (formatie van Bilzen en Borgloon). Het gaat hier dus om een zgn. “Bilzenbron”.

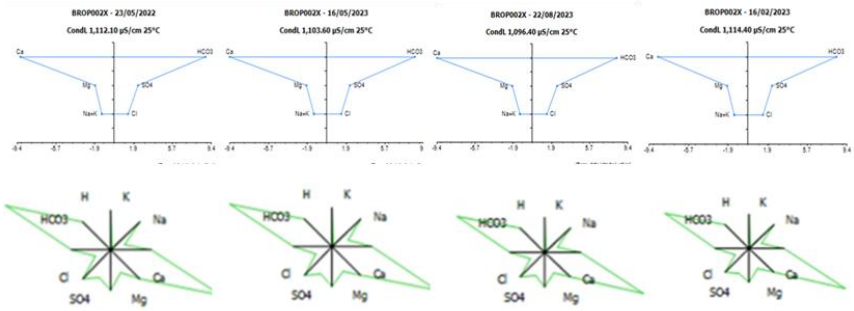
Op Figuur 25 wordt een IR/EC-diagram weergeven van de grondwaterstalen uit BROP002 en het bronbeekwaterstaal uit BROR055.



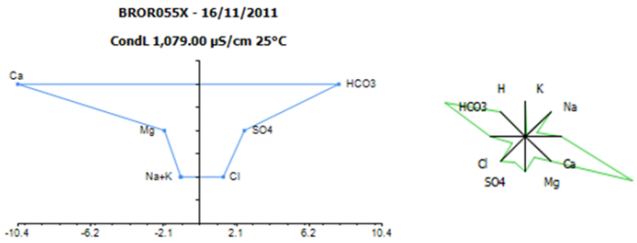
Figuur 25: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen (BROP002) & bronbeekwaterstaal (BROR055) voor de Vilsterbron.

Uit het IR/EC-diagram (Figuur 25) blijkt visueel eveneens dat de chemische samenstelling van het grondwater en het bronbeekwater weinig van mekaar verschillen, en lithoclien van karakter zijn. Qua chemische samenstelling wijzigt er kennelijk doorheen de tijd (alvast de voorbije 12 jaar) kennelijk weinig tot niet gewijzigd is.

Het lithoclien karakter van het grondwater wordt bevestigd in de corresponderende Stiff- en Maucha-diagrammen (resp. Figuur 26 & Figuur 27). Bij een Stiff-diagram krijgt lithoclien grondwater een soort van “paddenstoel”-vorm aangezien er verhoudingsgewijs veel meer calcium en bicarbonaat aanwezig zijn dan andere mineralen. Bij het Maucha-diagram vertaalt dit zich in een “vleermuis” vorm. De vormen zijn niet afwijkend van wat verwacht wordt voor lithoclien grondwater.

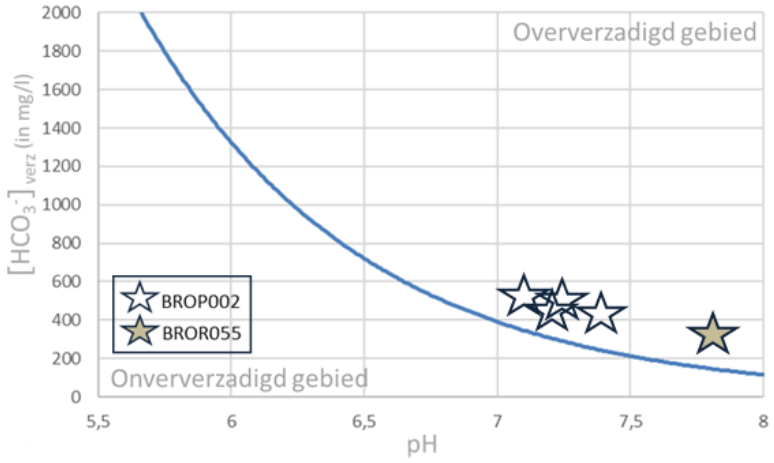


Figuur 26: Stiff-(boven) & Maucha-(onder) diagrammen voor grondwater uit BROP002 bij de Vilsterbron.



Figuur 27: Stiff-(links) & Maucha-(rechts) diagram van het bronbeekwater (BROR055) bij de Vilsterbron.

Dit uit zich in hoge concentraties bicarbonaat (HCO_3) en calcium (Ca). Het grondwater (en het uittredend bronwater) is hier oververzadigd met bicarbonaat (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** & Figuur 28), het is dan ook niet vreemd dat in deze bron en het afstromende bronbeekje zeer fraaie kaltufafzettingen te vinden zijn op de takjes, bladeren, mossen en steentjes.



Figuur 28: Situering van de Vilsterbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

De concentraties chloride (Cl) zijn ietwat verhoogd (waarden > 30-35 mg/l), wat mogelijk te verklaren is door antropogene beïnvloeding (bv. Kunstmeststoffen of strooizout).

Op vlak van nutriënten scoort deze bron matig. Nitriet (NO_2-N) en orthofosfaat (O-PO_4-P) werden niet en ammonium (NH_4-N) amper waargenomen. Er werden echter wel (erg) hoge nitraat (NO_3-N) concentraties (tussen 8.30 en 9.26 mg N/l) aangetroffen en die waren consistent hoog doorheen de tijd. Hier is dus al sinds geruime tijd sprake van nitraataanrijking van de watervoerende laag.

Ook de sulfaatconcentratie zijn met waarden die hoger zijn dan 80-100 mg/l duidelijk verhoogd. Die hogere sulfaatconcentraties zullen ook bijdragen aan de erg hoge elektrische geleidbaarheden (wegens verhoogde calcium en bicarbonaatconcentraties, zie § 5.2.4.).

8.1.3.3 Debietmetingen en bepaling infiltratiegebied

Aan Vilsterbron 1 werden twee debietmetingen (23/02/2023 en 12/06/2023) uitgevoerd, aan Vilsterbron 2 werd slechts éénmaal (23/02/2023) (zie bijlage 1 voor overzicht van alle

debietmetingen). Vilsterbron 1 had een aanmerkelijk hoger debiet. Vermoedelijk is het infiltratiegebied dus ook groter. Voor de berekening van het infiltratiegebied wordt de grootste hoogtemeting genomen, voor Vilsterbron 1 was dat 29 mm op 12 juni 2023, voor Vilsterbron 2 was dat 12 mm op 23 februari 2023. Op basis van deze hoogtes werd het debiet van de bron bepaald. In bijlage 2 worden de uiteindelijke oppervlaktes van de infiltratiegebieden weergeven.

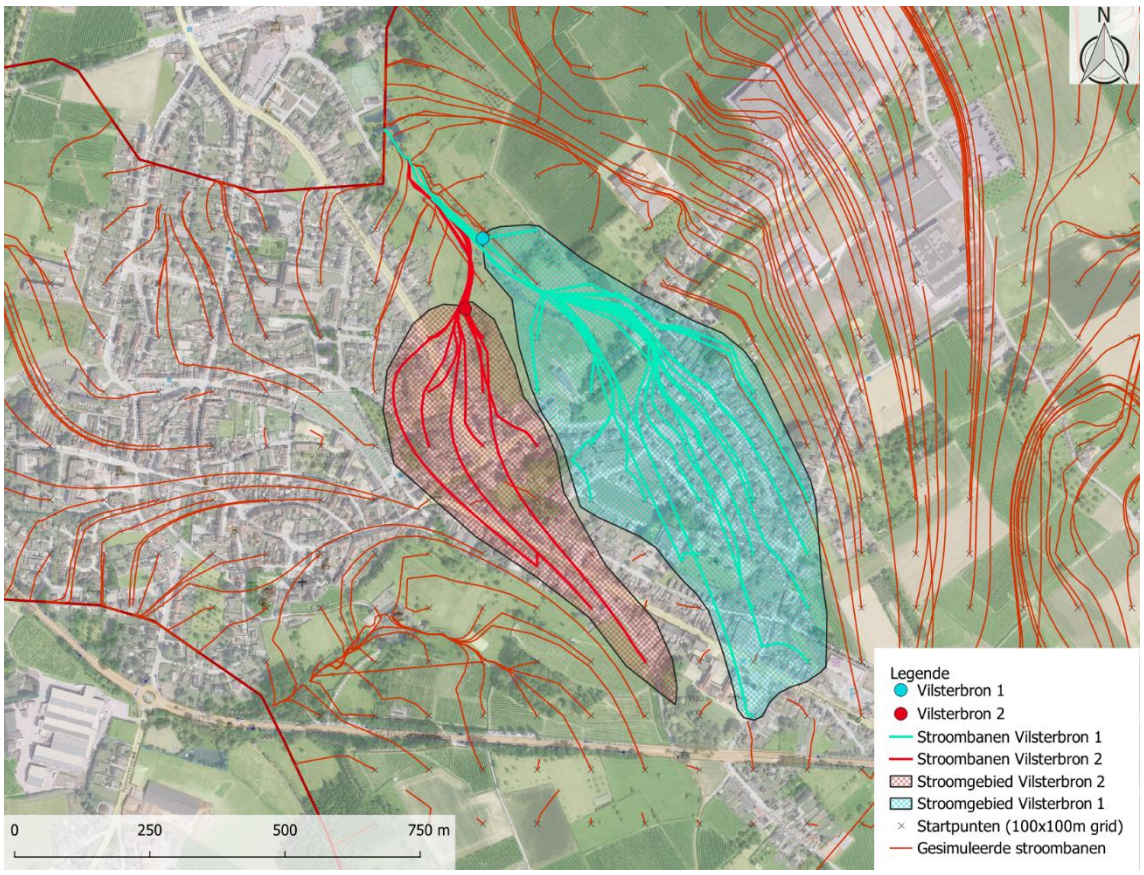


Afbeelding 3: Proefopstelling van de debietmeting bij Vilsterbron 1 (links) en Vilsterbron 2 (rechts)

Voor Vilsterbron 1 is dit een berekende theoretische oppervlakte van 3.94 hectare. Vilsterbron 2 is aanmerkelijk kleiner met een oppervlakte van 0.47 hectare. In de regio liggen geen gekende grondwaterwinningen. Intuïtief zou er gedacht kunnen worden dat het bronwater in Vilsterbron 1 vanonder het noordelijk gelegen landbouwgebied (laagstamboomgaarden) komt. Als deze veronderstellingen en berekeningen vergeleken worden met oppervlaktes van de stroombaananalyse met het grondwatermodel, dan is er een zeer groot verschil.

8.1.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

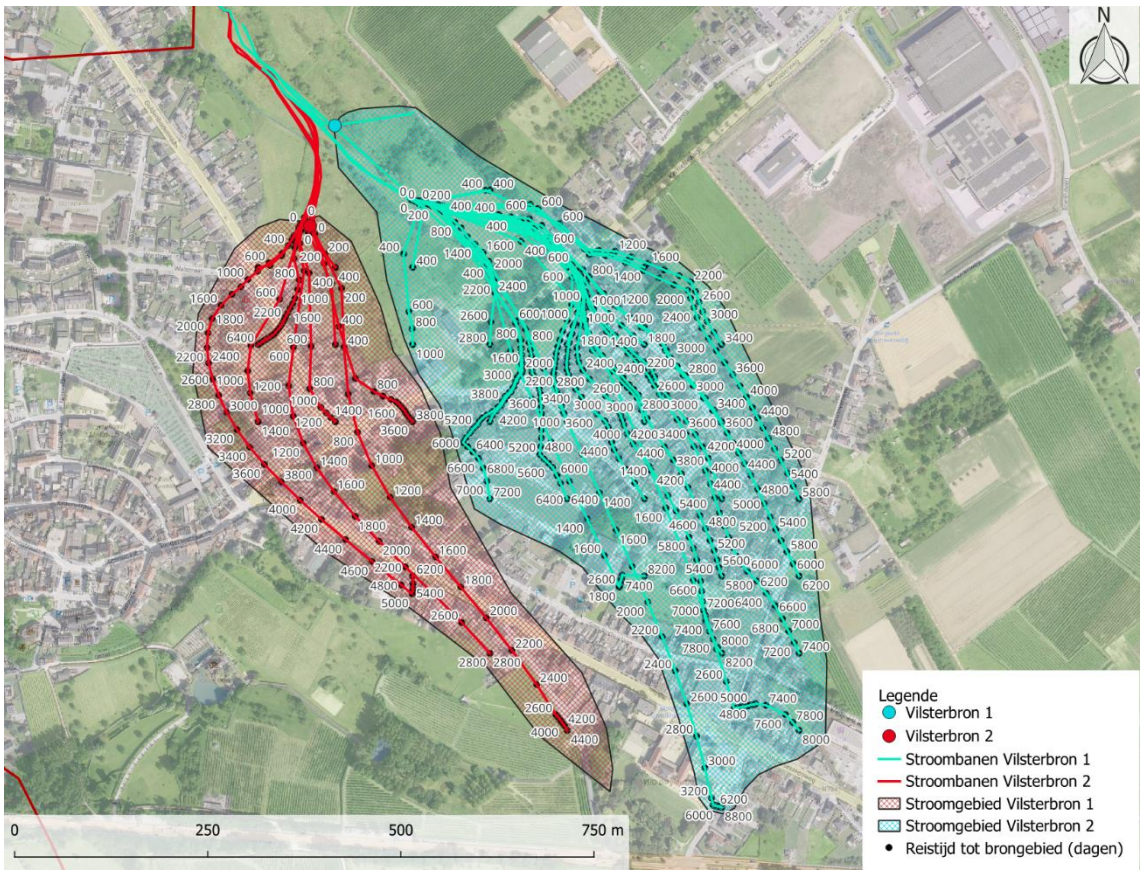
In Figuur 29 zijn de stroombanen geselecteerd die afstromen naar het brongebied van de Vilsterbron en werd er een afbakening gemaakt van het infiltratiegebied van de bronzone. Zoals eerder vermeld geeft dit een beeld van waar het water in de bronzone afkomstig is, maar mag er niet gesteld worden dat de gehele oppervlakte hieronder weergegeven afvoert naar alleen de Vilsterbronnen. Een groot deel van het water dat afstroomt zal ondergronds verder stromen, of komt diffuus aan het oppervlak in een ander deel van de bronzone van de Vilsterbeek. Wel kan omgekeerd gesteld worden dat het bronwater uit de Vilsterbron afkomstig is uit het stroomgebied hieronder afgebakend. Het gaat over een gebied met een oppervlakte van ca. 27 ha voor Vilsterbron 1, en ca. 14 ha voor Vilsterbron 2. Het gaat dichter bij het brongebied voornamelijk over landbouwgebied, al vormen de woonwijken nabij het dorpscentrum van Borgloon ook een belangrijk aandeel van het stroomgebied. Vermoedelijk is de nitraataanrijking van deze bronnen eerder afkomstig van huishoudelijk afvalwater dan vanuit landbouw



Figuur 29: Stroomgebieden van de Vilsterbron.

Aan de hand van de berekende grondwaterflux en de ingeschatte effectieve porositeit kan een (ruwe) inschatting gemaakt worden van de reistijd van het inzijggebied tot de bronzon (zie Figuur 30). Dicht bij de brongebieden gaat het over een reistijd van max. enkele jaren, al kan dit, zeker voor Vilsterbron 1, oplopen tot 20 jaar.

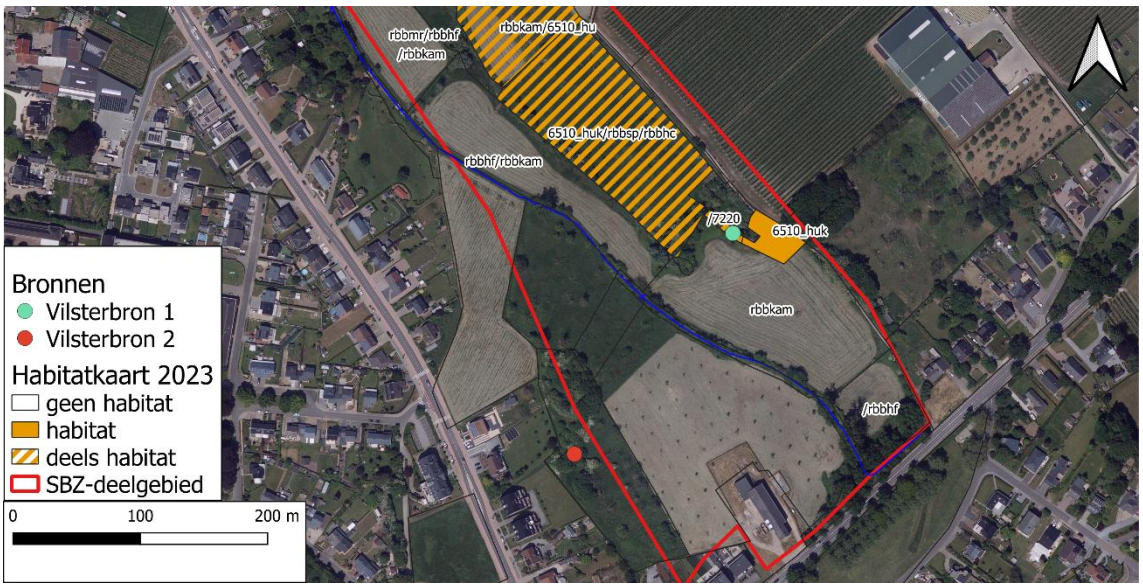
De berekening van het infiltratiegebied voor de Vilsterbron met een grondwatermodel, is een mooie illustratie van het belang van de inzet van zo'n instrument. Intuïtief zal er normaal verondersteld worden dat het bronwater hier afkomstig is vanuit het noorden (van onder de intensieve laagstam-fruitteelt. Het resultaat van de grondwatermodellering laat echter een beeld zien dat hier (letterlijk) haaks op staat.



Figuur 30: Reistijden uitgedrukt in dagen gerekend vanaf het brongebied.

8.1.4 Vegetatietypering

In Figuur 31 wordt de habitatkaart (versie 2023) ter hoogte van de Vilsterbron weergeven. Vilsterbron 1 is weergeven in een houtkant met eiken-haagbeukenbos kh(qa-) en een doornstruweel (rbbsp) op een talud. Langs de bronbeek loopt het struweel verder tot een poel waar het grondwater zich verzamelt. De percelen naast de bronbeek worden ingenomen door kamgrasland (rbbkam) en kalkrijk kamgrasland (6510_huk). Langs de beek en op het kalktuf groeien verschillende kenmerkende mossoorten waaronder Tufmos (*Eucladium verticillatum*), Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*), Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), en tevens ook Klein snavelmos (*Oxyrrhynchium pumilum*) en Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*). Alhoewel de totale bronzone vrij groot is (zo'n 260 m^2) is het aandeel mosbedekking vrij laag (2 tot 3%).



Figuur 31: Situering van beide Vilsterbronnen op de habitatkaart (versie 2023).

Vilsterbron 2 ligt in een complex van soortenarm permanent cultuurgrasland (hp) en een hoogstamboomgaard (kj). Aan het bronhoofd komt lokaal wat Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*) voor. Er is echter maar een zeer beperkte moslaag (< 1 % van totale bronzone) aanwezig.

8.1.5 Lokale staat van Instandhouding

Vilsterbron 1 heeft een vrij grote bronzone. De beek is overal ondiep en het (bron)beekmilieu gemiddeld 1.2 m tot 2 m breed. Bovenaan het bronhoofd is de beek het breedst. De totale oppervlakte bedraagt ongeveer 260 m². Er is veel kalktufafzetting onder de vorm van relatief fijn grind maar ook een massief blok kalktufgesteente dwars op de helling ter hoogte van het bronhoofd. Er zijn ten minste vier sleutelsoorten aanwezig in de bronzone (zie hierboven). De bedekking door de mossen is echter vrij beperkt. Momenteel wordt de bronzone niet verstoord en is er zeer weinig tot geen structuurschade vastgesteld. Er zijn effecten van eutrofiëring te bemerken. Zo groeien er onderaan de poel lokaal draadalgen en wordt de bronzone aan de oostelijke kant overwoekerd door braam. De bron voldoet aan alle criteria voor een gunstige kwaliteit behalve de bedekking van de moslaag door sleutelsoorten.

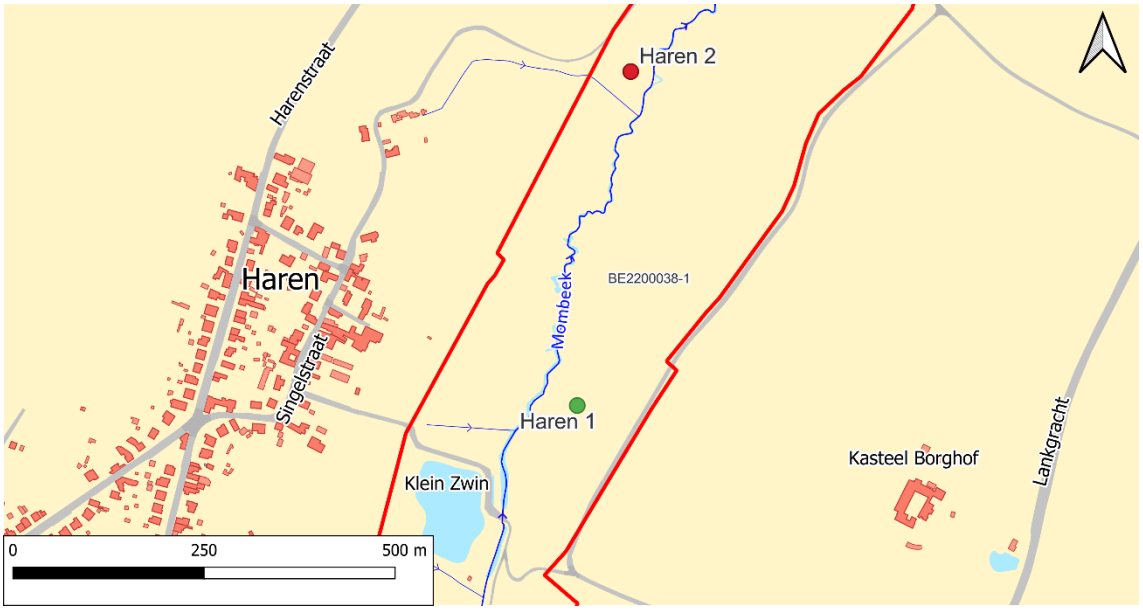
Het bronbeekje van Vilsterbron 2 ligt iets dieper ingesneden en is gemiddeld 30 tot 50 cm breed. De totale oppervlakte geschikt voor mossen is dus een stuk kleiner dan bij Vilsterbron 1. Er komt slechts één sleutelsoort (Beekdikkopmos) voor. Vilsterbron 2 kwalificeert om die redenen niet als habitattype 7220.

Tabel 7: Beoordelingsmatrix voor Vilsterbron 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	(veel) Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*),(veel) Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*), Tufmos (*Eucladium verticillatum*) en Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*)	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	totale moslaag = 2 – 3 % van de bronzone	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actieve kalktufafzetting	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	kalktufbedekking van ongeveer 90 %	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	80 % schaduw, geen gebiedsvreemde slib of zandafzettingen, geen inspoeling.	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	geen structuurschade, noch afval	JA
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	draadalgen lokaal frequent op kleine oppervlakte onderaan poel.	JA

8.2 HAREN (BRON 2, SINT-HUIBRECHTS-HERN-BRON)

Net ten oosten van het dorpje Haren, in de vallei van de Mombeek, liggen twee bronlocaties, aangeduid met Haren 1 en Haren 2 in Figuur 32. Beide locaties liggen in het habitatrichtlijndeelgebied BE2200038-1 bossen en kalkgraslanden van Haspengouw, het focusgebied Kolmont-Haren (zie deelrapport: Kolmont-Haren). Ten zuidwesten van de bron Haren 1 ligt een waterplas met de naam het "Klein Zwin". De bron, Haren 1, bestaat uit een bronhoofd met een kort bronbeekje dat uitmondt in de Mombeek. De bron Haren 2 is noordelijker gelegen (en eigenaardig genoeg) in het vlakke deel van de vallei. Na terreincontrole blijkt geen bron te zijn maar een drooggevallen grachtje waarin destijds wat kalktuf zou zijn aangetroffen. Haren 2 is actueel geen bronzone (en is er meer dan waarschijnlijk nooit een geweest) en werd daarom niet verder onderzocht in deze studie.

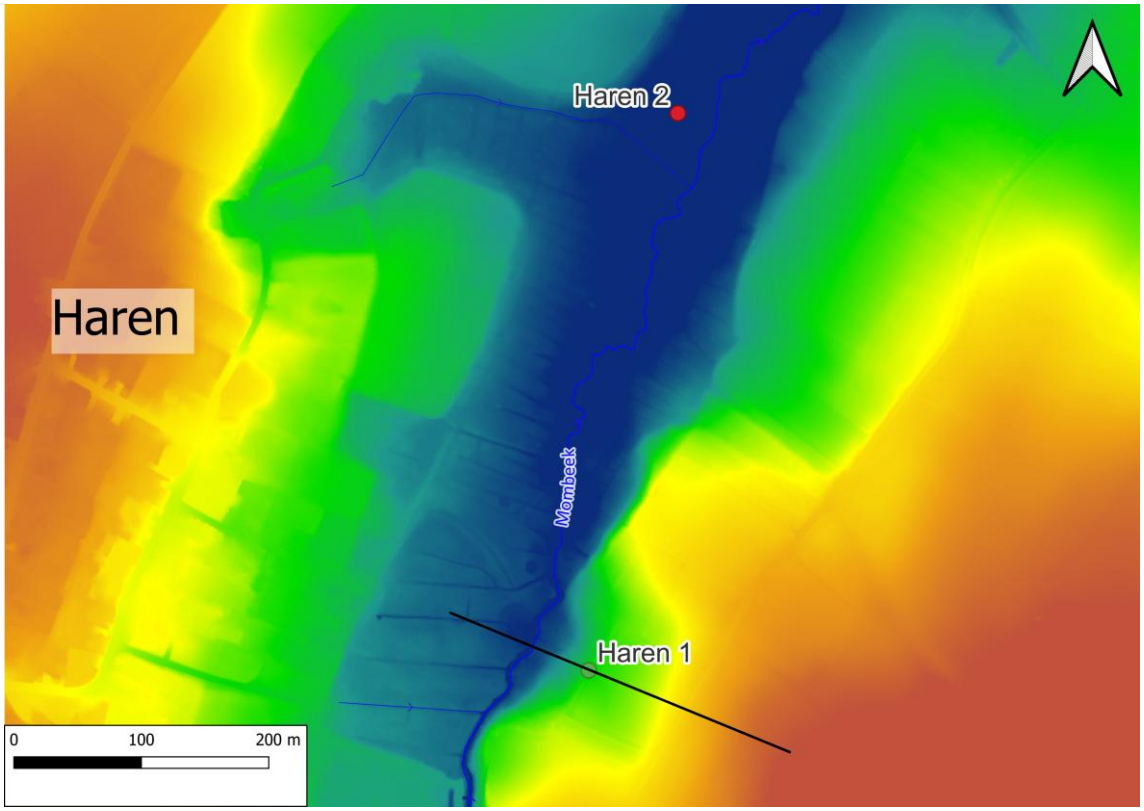


Figuur 32: Situering van de te onderzoeken bronlocaties in Haren op de GRB-basiskaart.

8.2.1 Topografie en Hydrografie

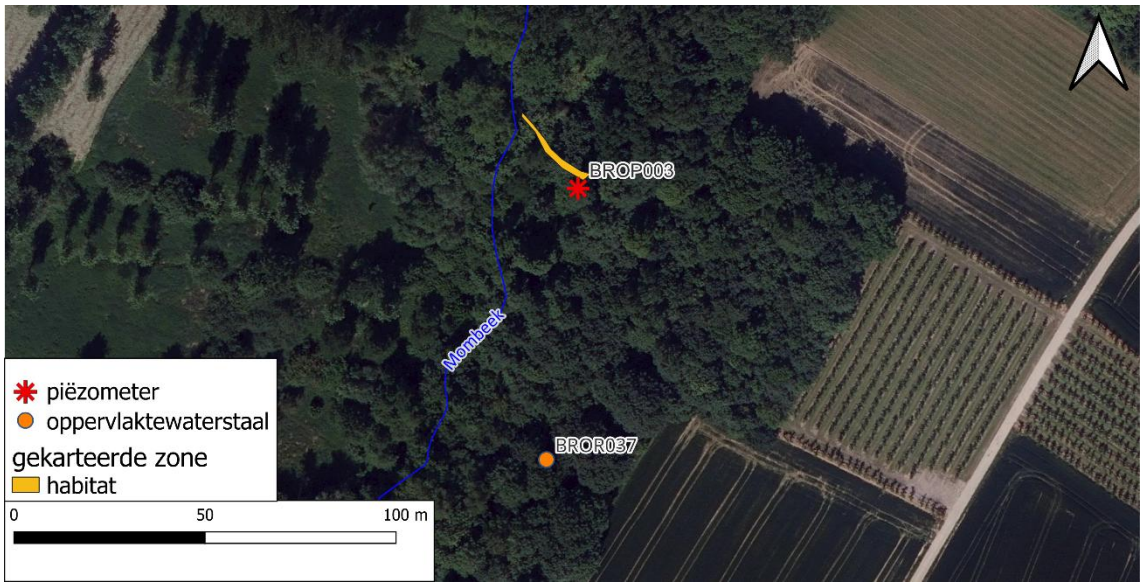
De bronlocatie van Haren 1 is gelegen tegen de steile oostelijke valleihelling van de Mombeek. Waar het grondwater uittreedt is een bronhoofd gevormd op een hoogte van 67.12 m T.A.W. waarvan het water in een bronbeekje terechtkomt. Dat loopt over een lengte van ca. twintig meter de helling af vooraleer het in de Mombeek valt. Op de westelijke oever wordt de vallei gekarakteriseerd door drainagestructuren aangelegd in functie van voormalige landbouw (zie Figuur 33). Aan de bron op de oostelijke oever komen geen drainagestructuren voor (vermoedelijk omdat de helling hier veel steiler en bebost is gebleven). Iets meer ten noorden waar de vallei breder wordt en het bos verdwenen is, komen dan wel weer drainagestructuren voor.

De bron zelf is onderhevig aan erosie. Door het uitstromen van (nochtans slechts een klein debiet) bronwater, wordt kennelijk nogal wat bodemmateriaal verzet, waardoor er regelmatig "instortingen en afschuivingen" plaatsvinden die ervoor zorgen dat de uitstroom op een bepaalde locatie blokkeert en het water weer op een andere plaats moet uittreden. Hierdoor ontstaat een buiten proporties groot "brongat".



Figuur 33: Detailtopografie in de omgeving van Haren met aanduiding van de Mombeek en de bronlocatie op een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II).

De bron aan Haren 1 is gelegen op een steilrand waardoor er slechts een zeer korte bronbeek (24 m) met een sterk verval (5 meter of 20%) aanwezig is. Het bronwater valt (letterlijk). De totale oppervlakte van de bronzone is hierdoor vrij beperkt en bedraagt ongeveer 40 m² (zie Figuur 34). Op hetzelfde helling, een paar tientallen tot een paar honderd meter meer naar het noorden, zijn er nog vergelijkbare bronnen te vinden.

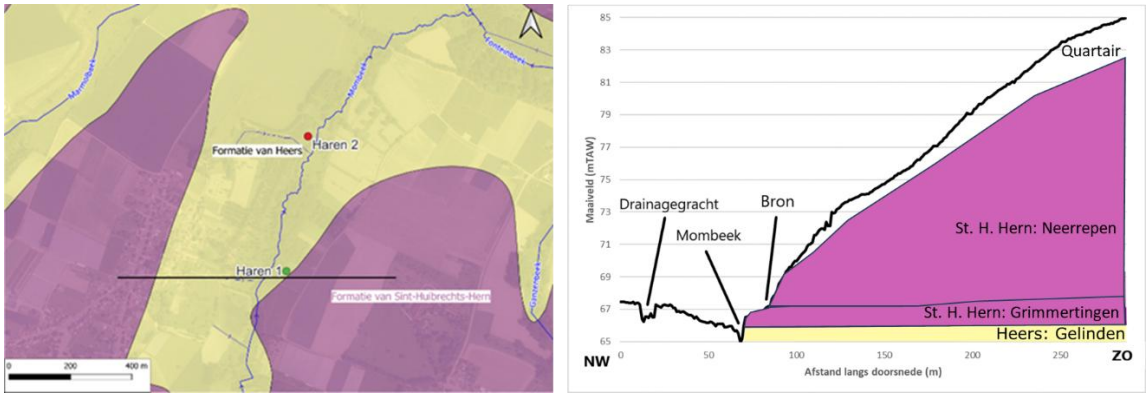


Figuur 34: Ingemeten bronzone van Haren 1 met aanduiding van de piëzometer BROP003 en bronbeekwatermeetpunt BROR037.

8.2.2 Geohydrologie

In Figuur 35 wordt een overzicht gegeven van de aanwezige tertiaire geologische formaties. De Formatie van Sint-Huibrechts-Hern dagzoomt hoger op de valleiflanken en strekt zich uit onder de plateau's. In de valleien is die formatie volledig weg geërodeerd tot op en in de Formatie van Heers. Het onderste lid van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern, met name het lid van Grimmertingen bestaat uit fijne, min of meer kleiige, glauconiet- en glimmer houdende zanden. De dikte varieert sterk van < 1 meter tot > 20 meter. Onder de plateaus komt het bovenste lid van de formatie van Sint-Huibrechts-Hern, met name het lid van Neerrepen voor. Dat bestaat uit los glauconiet houdend zand dat glimmer houdend en fijn gelaagd is. Bovenaan gaat het over in wit, homogeen zand. De bron ligt net op de scheiding tussen deze beide Sint-Huibrechts-Hern-leden. De watervoerende laag is hier dus het lid van Neerrepen. Het gaat hier m.a.w. om een zgn. Sint-Huibrechts-Hern-bron.

De Formatie van Heers (onder de formatie van Sint-Huibrechts-Hern) heeft een dikte van meer dan 15 meter. Bovenaan bestaat dat uit het lid van Gelinden (kalkrijke klei en mergel) met daaronder het lid van Orp (groen glauconiet houdend zand (Deckers *et al.*, 2019; Laga *et al.*, 2002)).In het functioneren van de bron speelt deze formaties verder geen enkele rol.



Figuur 35: Tertiair geologische afzettingen t.h.v. de bron van Haren met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede.

De vermoedelijke bron Haren 2 was meer dan waarschijnlijk opwellend water vanuit de formatie van Heers, de tertiair geologische laag die hier direct onder het alluvium dagzoomt.

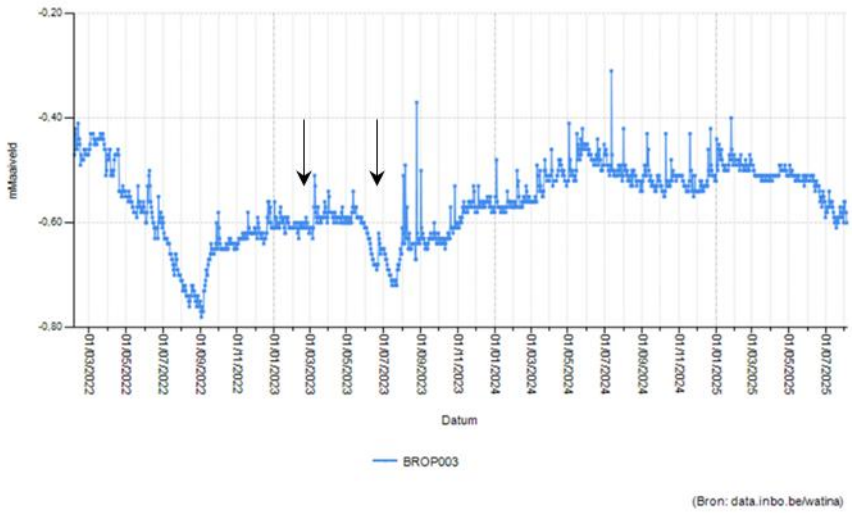
8.2.3 Grondwater

Er werd een piëzometer (BROP003) geplaatst aan het bronhoofd van Haren 1, op de oostelijke valleiflank van de Mombeek. Dit meetpunt was operationeel vanaf 5 februari 2022.

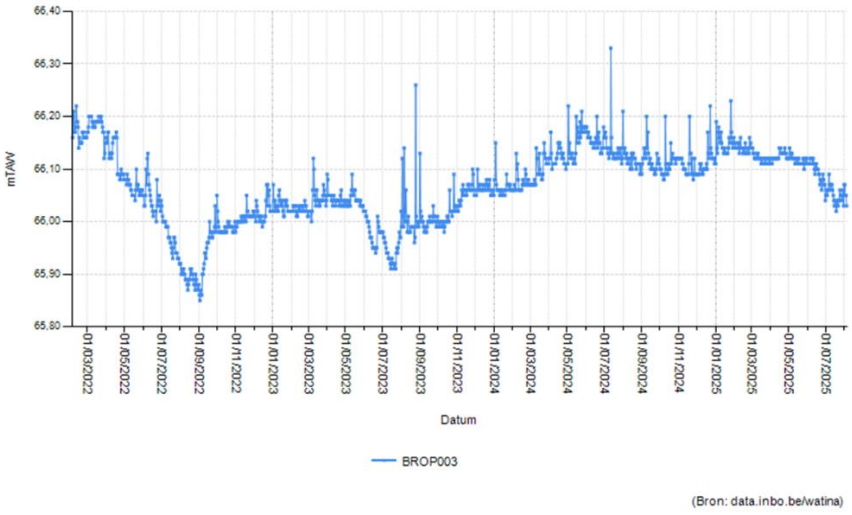
8.2.3.1 Grondwaterpeilen

Figuur 36 geeft de tijdreeks van het grondwaterpeil aan het bronhoofd van Haren 1 (BROP003) weer. De neerslagpiekjes (de korte, steil opwaartse sprongetjes in de tijdreeks) zijn hier ietsje hoger dan in de Vilsterbron, maar al bij al blijven ze beperkt. De tijdreeks vertoont over de meetperiode van ca 3 jaar een stijgende trend met daarbovenop een seizoenaal dipje telkens in de zomer. De grondwaterpeilen en dus ook het brondebiet van de bron van Haren 1 lijkt dus slechts lichtjes onder directe invloed te staan van neerslag.

Figuur 37 geeft de stijghoogte (in m T.A.W.) weer van het grondwater aan Haren 1. Het maaiveld bevindt zich op een hoogte van 66.67 m T.A.W.



Figuur 36: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP003 met aanduiding van het tijdstip van de debietmetingen in het bronbeekje van Haren.



Figuur 37: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in BROP003.

8.2.3.2 Grondwaterkwaliteit

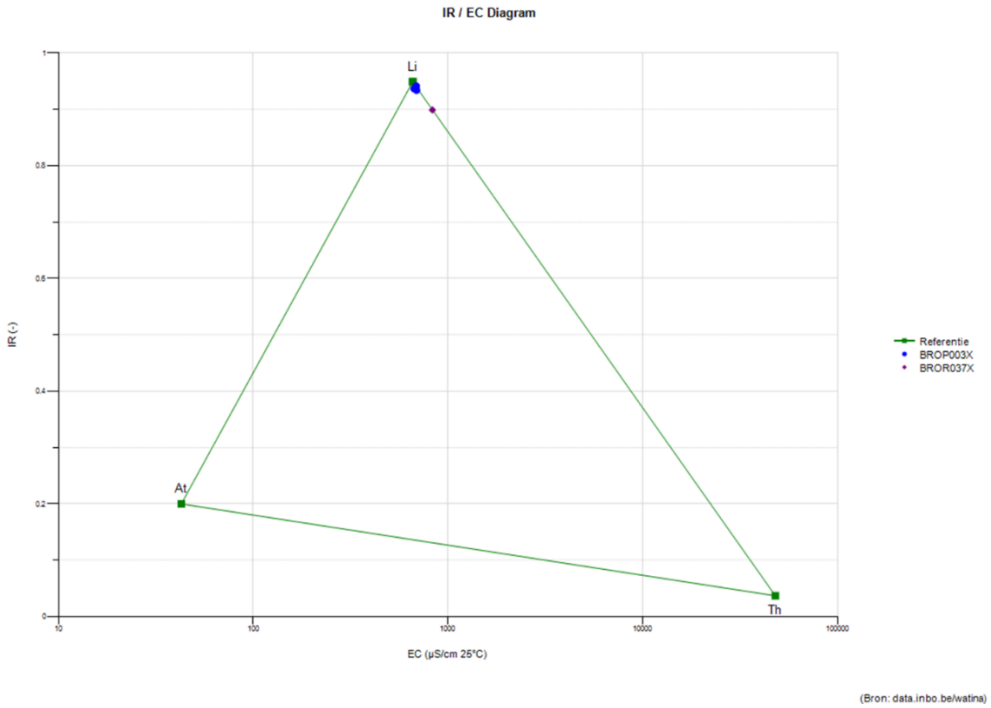
In Tabel 8 worden de chemische analyses voor de grondwaterstalen uit BROP003 en het oppervlaktewaterstaal uit BROR037 weergeven. Deze werden genomen op 16/02/2023, 16/05/2023 en 22/08/2023. Op 06/09/2011 werd ook een oppervlaktewaterstaal genomen aan het bronbeekje van iets zuidelijker gelegen bronnetje (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012).

Tabel 8: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP003) & het bronbeekwater (BROP037) in Haren-bron.

Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
06/09/2011	BROR037	831	7,1	403	6,06	0,015	0,16	0,016	64	29,0	9,9	1,3	146,0	17,50	0,05	-
16/02/2023	BROP003	689	7,4	426	0,01	0,015	0,02	0,015	50	14,8	7,5	1,7	118,4	16,28	0,05	0,46
16/05/2023	BROP003	686	7,3	422	0,05	0,015	0,02	0,015	44	13,4	7,3	1,8	121,8	16,41	0,24	0,38
22/08/2023	BROP003	669	7,2	416	0,07	0,015	0,09	0,015	47	13,9	7,0	2,1	116,2	16,12	0,73	0,76

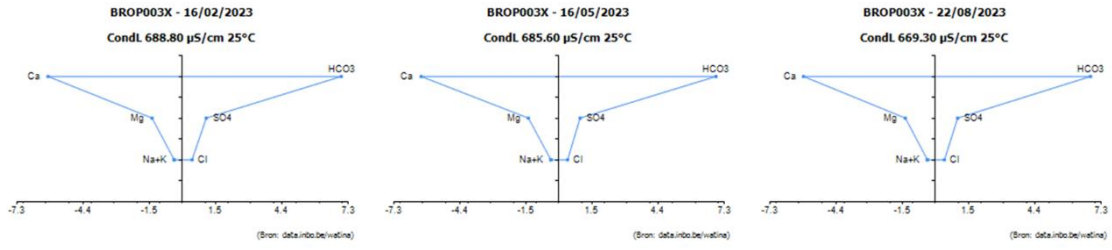
De elektrische geleidbaarheid van de grondwaterstalen zijn zeer gelijkaardig over de verschillende metingen. Een conductiviteit van 600-700 wijst op een minder mineraalrijk milieu dan bij de Vilsterbron, maar toch nog steeds mineraalrijk. Dit is consistent met de veronderstelling van een zgn. Sint-Huibrechts-Hern-bron.

In Figuur 38 wordt een IR/EC-diagram weergeven met daarop alle grondwaterstalen uit BROP003. Uit deze figuur blijkt alvast dat het hier gaat over lithoclien grondwater dat bijna gelijk is aan het lithoclien referentiepunt van dit type.

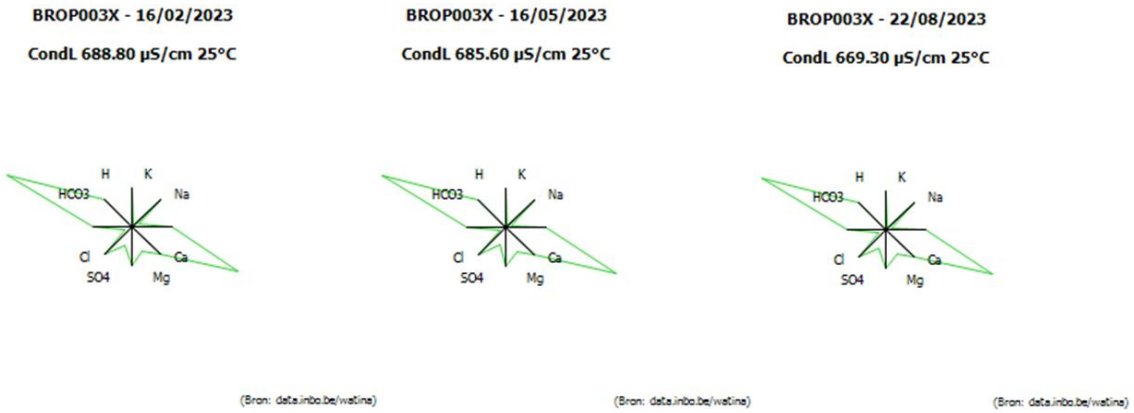


Figuur 38: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen uit BROP003 en oppervlaktewaterstaal BROR037.

Het lithoclien karakter van het grondwater kan ook visueel bevestigd worden door te kijken naar de bijhorende Stiff-en Maucha-diagrammen (Figuur 39 & Figuur 40). Bij een Stiff-diagram krijgt typisch lithoclien grondwater een soort van “paddenstoel” figuur aangezien er veel calcium en bicarbonaat aanwezig is ten op zicht van andere mineralen. Bij het Maucha-diagram vertaalt dit zich in een “vleermuis” vorm. Op het eerste gezicht lijkt er ook zeer weinig chloride (Cl) en sulfaat (SO_4) aanwezig te zijn in het grondwater.

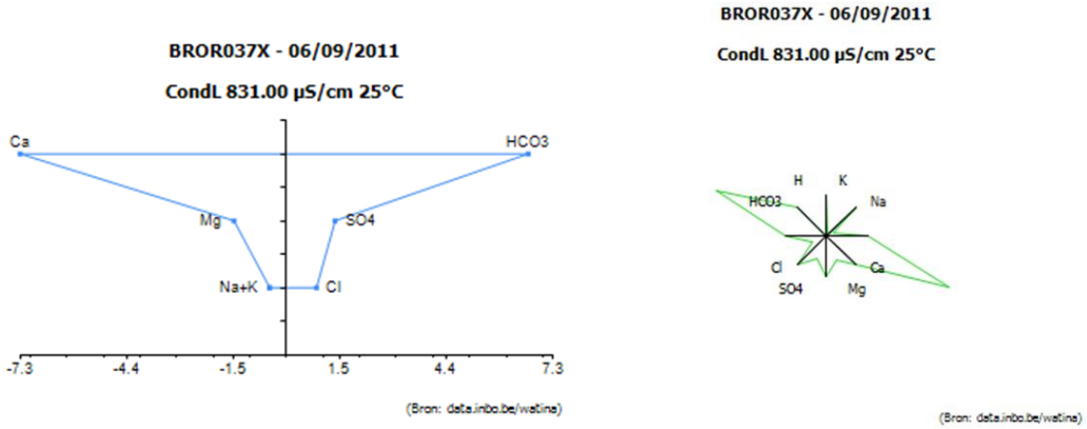


Figuur 39: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP003.



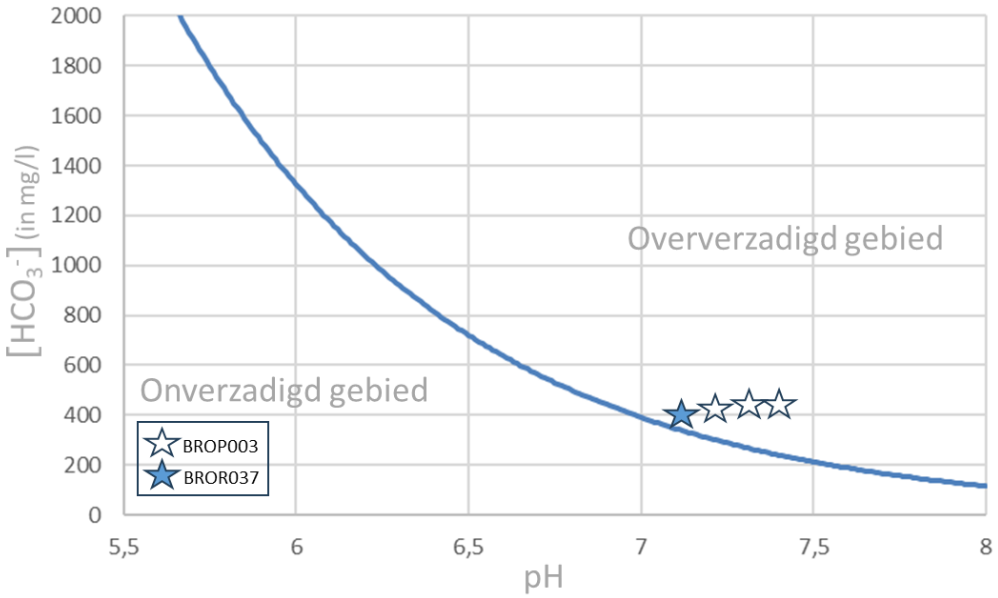
Figuur 40: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP003.

Op Figuur 41 wordt het Stiff- en het Maucha-diagram weergeven voor het oppervlaktewater dat in 2011 bemonsterd werd in de bronbeek die uit de Haren-bron stroomt (BROR037). De geleidbaarheid lag in die periode flink hoger in vergelijking met het grondwater in de bron in 2023. Er was toen sprake van meer vervuiling dan vandaag.



Figuur 41: Stiff- en Maucha-diagram van bronbeekwater aan de Harenbron (BROR037).

De bicarbonaatgehaltes (HCO_3) in grond- en bronbeekwater liggen boven 400 mg/l, wat de verzadigingsconcentratie is voor bicarbonaat bij een pH van 7.1-7.4 (Figuur 42). Het uittredende grondwater is oververzadigd aan bicarbonaat, neerslag van travertijn is ook vast te stellen in het terrein.



Figuur 42: Situering van de Harenbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

Op vlak van nutriënten is er geen detecteerbaar nitrietstikstof (NO_2-N) en fosfaat-fosfor (O-PO_4-P) aanwezig. De hoeveelheden nitraatstikstof (NO_3-N) en ammonium (NH_4-N) zijn zeer beperkt. Hier zijn dus amper nutriënten aanwezig in het grondwater. Ook andere vervuilende stoffen zoals sulfaat (SO_4) en chloride (Cl) zijn amper aanwezig. Het grondwater aan deze bron heeft dus een goede kwaliteit. Opvallend is wel dat er in het oppervlaktewaterstaal uit 2011 wel een flinke nitraatbelasting gemeten werd, in combinatie met hogere concentraties aan SO4, Cl en Ca. Dit is consistent met wat in § 5.2 beschreven staat als gevolg van denitrificatie van nitraat over pyriet en het proces van interne alkalinisering.

8.2.3.3 Debietmetingen en bepaling infiltratiegebied

In de bronbeek van Haren 1 werden twee debietmetingen (23/02/2023 en 12/06/2023) uitgevoerd. Voor de bepaling van het infiltratiegebied wordt de grootste hoogtemeting (hier 28.5 mm op 23 februari 2023) genomen. Voor een overzicht van alle debietmetingen, zie bijlage 1. De oppervlakte bedraagt 3.56 hectare en situeert zich vermoedelijk boven op de helling grotendeels in landbouwgebied (akkerbouw en fruitteelt).

8.2.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

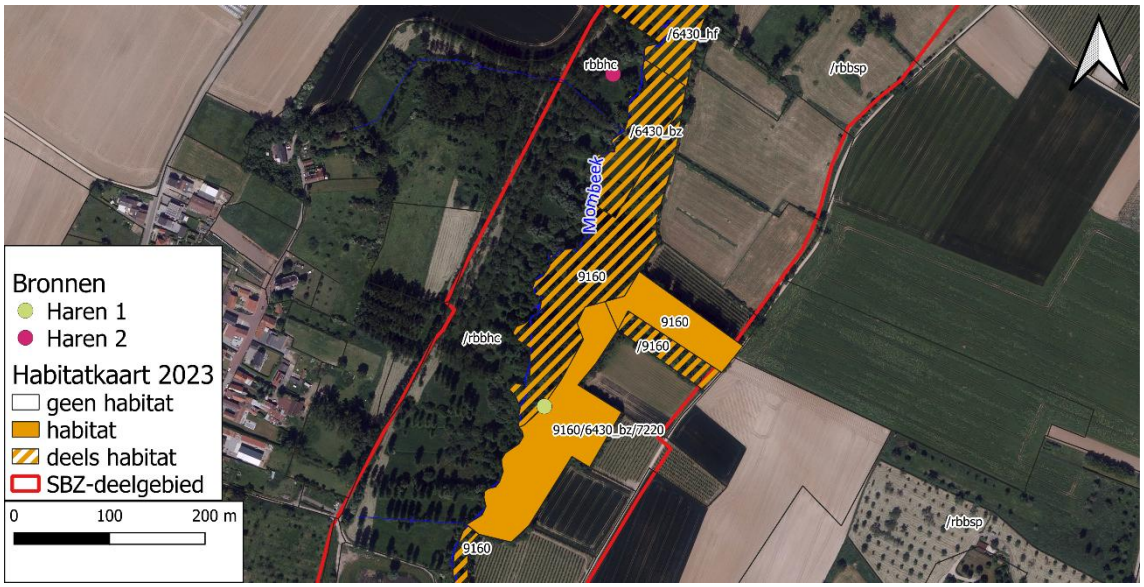
Aangezien deze bronnen zich ter hoogte van de overgang tussen de Formaties van Sint-Huibrechts-Hern en Heers bevinden, en niet ter hoogte van de Formatie van Henis, werd ze niet bekeken in het bronnengrondwatermodel.

8.2.4 Vegetatietypering

De bronlocatie van Haren 1 is gelegen op de valleihelling in een complex van eiken-haagbeukenbos (9160) en een voedselrijke boszoom met minder algemene zoomsoorten (6430_bz). Het bos is doorspekt met venige bronzones van het type essenbronbos (91E0_vc). Er groeit opvallend veel Slanke sleutelbloem in dit stukje bos. In en langs de bronbeek groeien een aantal soorten mossen waaronder: Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*), Gewoon

diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Kleivedermos (*Fissidens taxifolius*), Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), Gerimpeld boogsterrenmos (*Plagiomnium undulatum*), Gesnaveld boogsterrenmos (*Plagiomnium rostratum*), Fijn laddermos (*Kindbergia praelonga*) en Kleisnavelmos (*Oxyrrhynchium hians*). Aan de piëzometer wordt de boomlaag gedomineerd door Gewone esdoorn, Zwarte els en Gewone es.

Op de habitatkaart stond in vorige versies habitattype 7220 aangeduid ter hoogte van het perceel Haren 2. Hier is geen bron teruggevonden, maar wel wat kalktufbrokjes in een aantal grachten.



Figuur 43: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de bronlocaties in Haren.

8.2.5 Lokale staat van Instandhouding

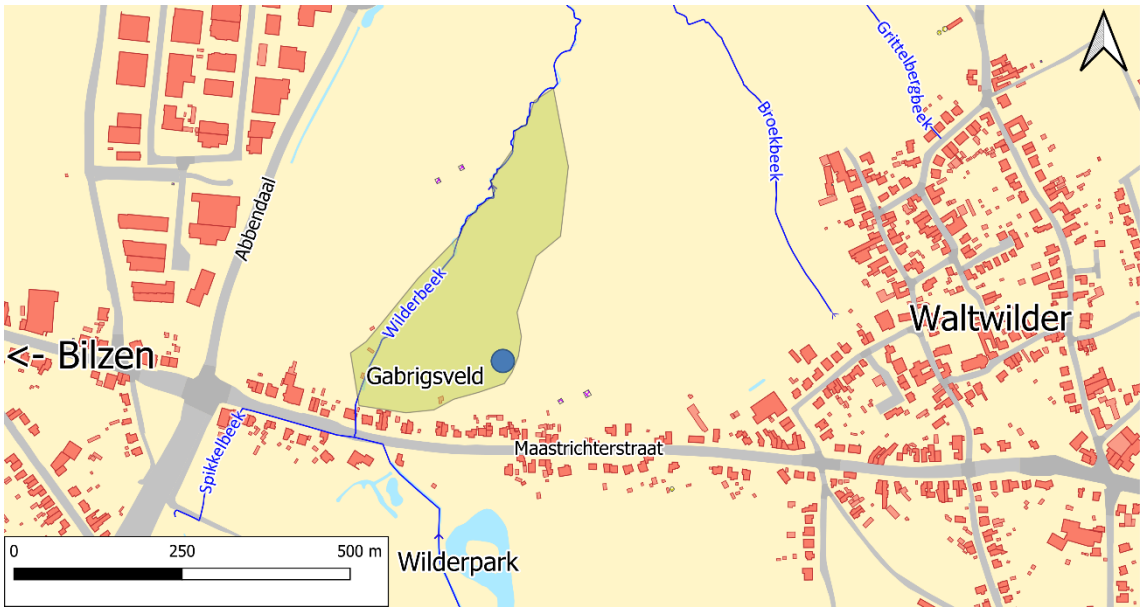
Over het korte traject van de bronbeek (+/- 24 m) is er ongeveer 30% kalktufbedekking. De bronzone wordt momenteel niet verstoord. Geen enkel zeer belangrijk criterium is ongunstig. Ondanks de iets lagere mosbedekking rond de bronzone is deze bron dus in gunstige staat. Aangezien Haren 2 niet voldoet aan de voorwaarden voor habitattype 7220, wordt hiervoor geen LSVI bepaald.

Tabel 9: Beoordelingsmatrix voor Haren 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*) en Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*)	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	2% bedekking met mos	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	bedekking = 30%	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen slib zand, geen gebiedsvreemde afzettingen noch inspoeling	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	geen structuurschade, geen afval	JA
invasieve exoten (b)	afwezig	geen	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	geen draadalgen	JA

8.3 GABRIGSVELD (BRON 3, BILZEN-BRON)

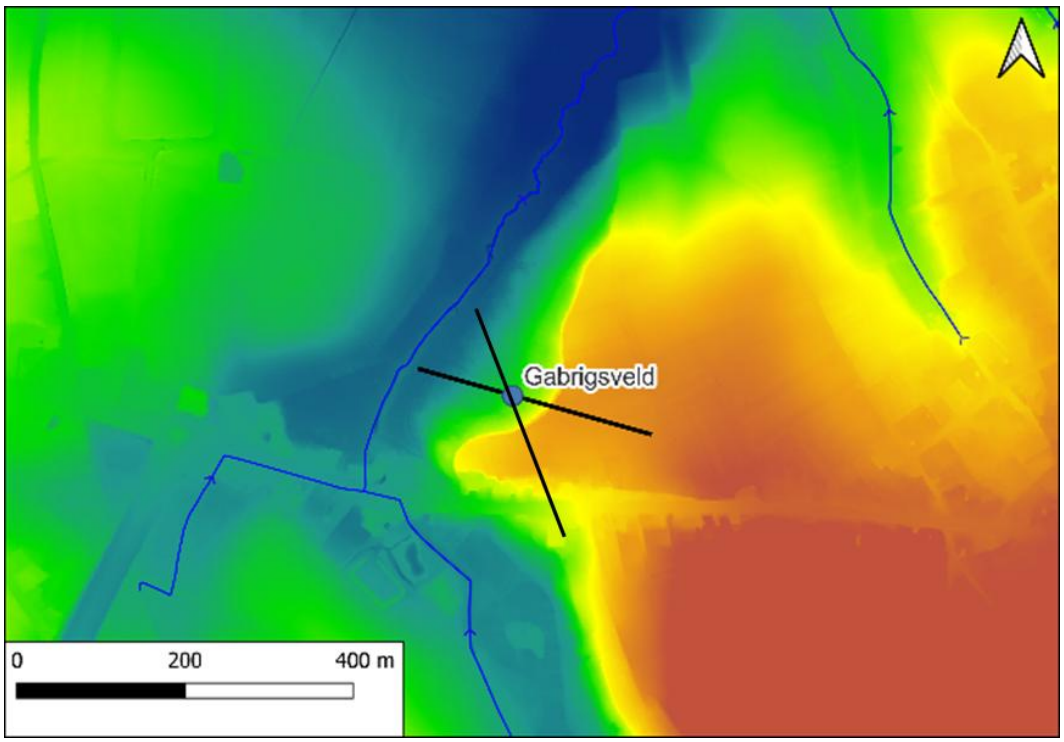
Gabrigsveld is de naam van het bosje dat ten noorden van de Maastrichterstraat gelegen is. Tussen het centrum van Bilzen en Waltwilder. De Maastrichterstraat vormt de scheiding van Gabrigsveld in het noorden met het Wilderpark in het zuiden, een natuur- en recreatiegebied dat net zoals Gabrigsveld in de vallei van de Wilderbeek ligt.



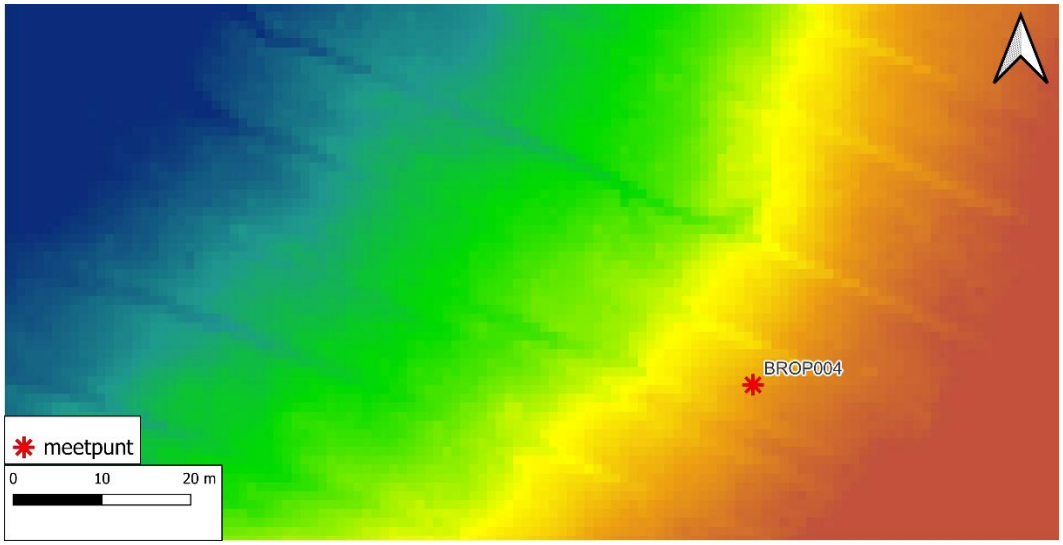
Figuur 44: Situering van de te onderzoeken bronlocatie in het Gabrigsveld op de GRB-basiskaart.

8.3.1 Topografie en Hydrografie

Het zuidelijk deel van Gabrigsveld bestaat uit verschillende bronzones. Het vormt een heus bronamfitheater met een aantal waaiervormig uitgespreide bronbeekjes die achterwaarts insnijden in de zuidoostelijk gelegen flank waaruit het bronwater komt gestroomd. In die bronbeekjes worden vrij aanzienlijke hoeveelheden kalktuf afgezet. De bronzone is destijds begreppeld met afwateringsgrachten om de 10 meter (zie Figuur 46). Die greppels vullen zich langzaam en spontaan weer op met het door het bronwater mee gespoelde erosiemateriaal. Het patroon is nog duidelijk in het landschap herkenbaar maar zorgt niet echt meer voor sterke drainage door achterwege blijven van onderhoud. De greppels fungeren momenteel nog nagenoeg allemaal als afzonderlijke bronbeekjes waarin zand en kalktuf overvloedig wordt afgezet.



Figuur 45: Detailtopografie in de omgeving van het Gabrigsveld (uit DHM Vlaanderen II).



Figuur 46: Detailtopografie t.h.v. de piëzometer aan meetpunt BROP004 (uit DHM Vlaanderen II).

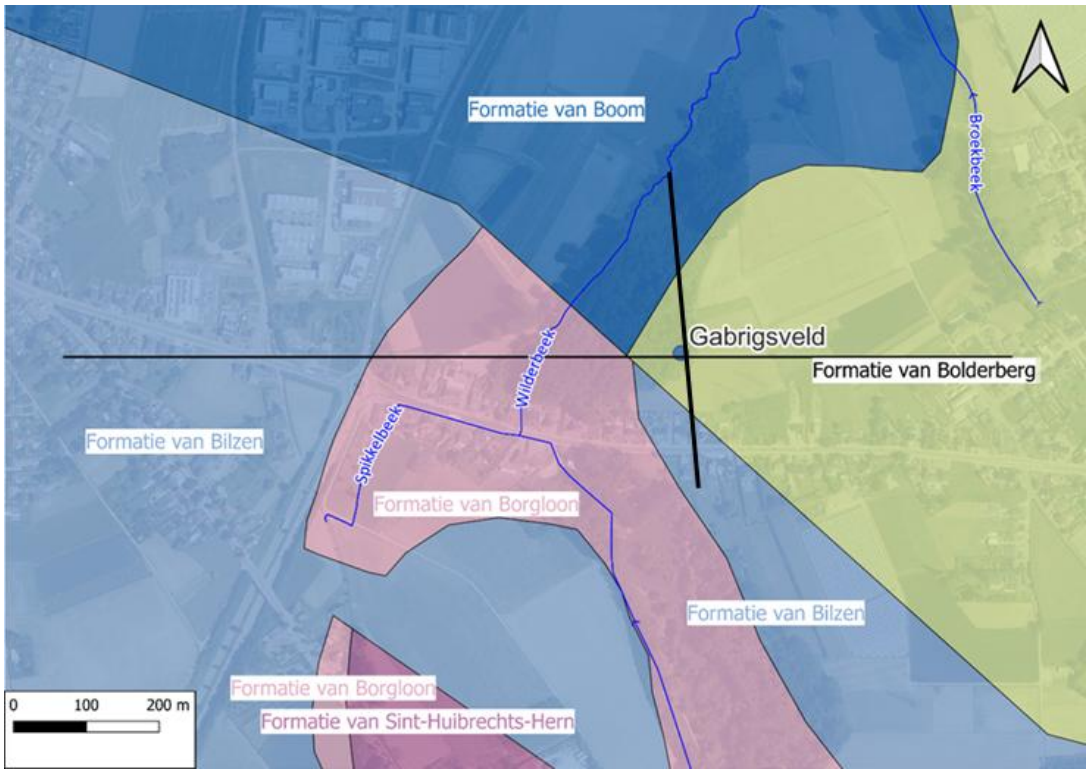
De bronlocaties bevinden zich op ongeveer een hoogte van 74 tot 78 m T.A.W.. Verder naar het oosten wordt de helling een stuk steiler. Op ongeveer 79 m T.A.W. in het oosten ligt een steilrand die stijgt tot een plateau op 86 m T.A.W.. In totaal zijn negen bronlocaties opgemeten met kalktufneerslag (zie Figuur 47). Ze variëren in oppervlakte van 90 m^2 tot 195 m^2.



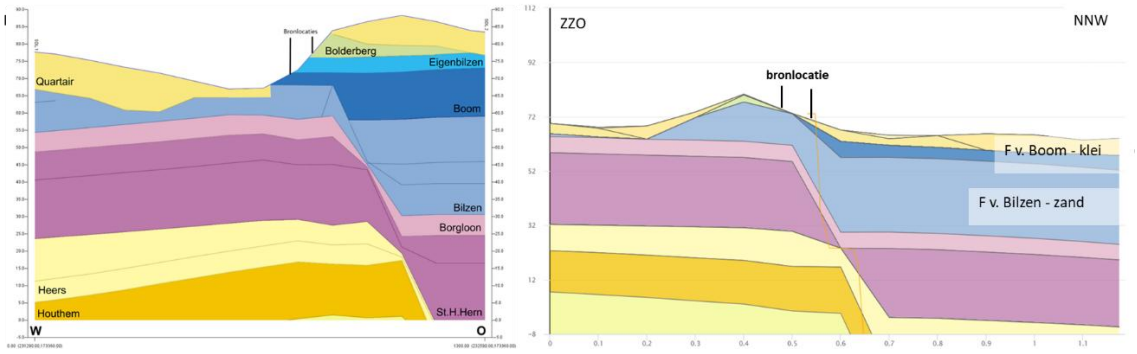
Figuur 47: Opgemeten bronzones in Gabrigsveld met aanduiding van de piëzometer BROP004.

8.3.2 Geohydrologie

Niet alleen is dit het meest noordelijk gelegen brongebied van alle onderzochte bronnen, het is ook geohydrologisch een buitenbeentje. Dat wordt meteen duidelijk als er naar de dagzomende tertiair geologische lagen gekeken wordt (Figuur 48). Daarin zitten merkwaardige sprongen/breuken in de geologische lagen.



Figuur 48: Detail uit de tertiair geologische kaart ter hoogte van Gabrigsveld, met aanduiding van de ligging van de geologische dwarsdoorsneden zoals weergegeven in Figuur 49.



Figuur 49: Geologische dwarsprofielen t.h.v. Gabrigsveld met aanduiding van de bronlocatie (ligging van de dwarsprofielen gesitueerd in Figuur 48).

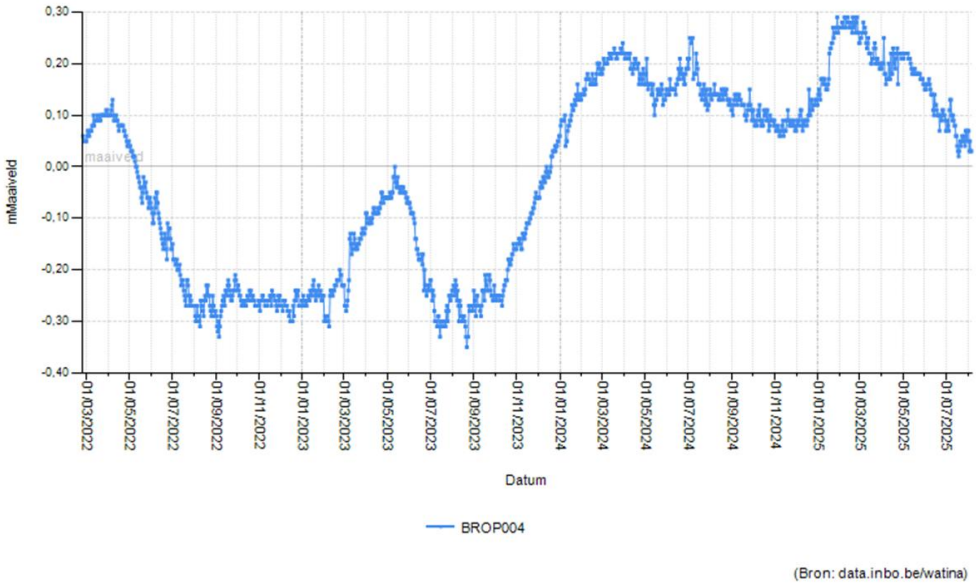
Afhankelijk van de oriëntatie van de geologische dwarsdoorsnede komen andere lagen in beeld. Het gebied ligt dan ook pal boven een geologische breuk. Als het W-O-transect bekeken wordt (Figuur 49 links), ontstaat de suggestie dat de watervoerende laag de mineraalarme zanden van Bolderberg moeten zijn. Als de ZZO-NNW-doorsnede bekeken wordt (Figuur 49 rechts), lijkt de watervoerende laag de mineraalrijke zanden van Bilzen te zijn. Dieper dan 30 cm onder maaiveld werd bij het plaatsen van meetpunt BROP004 klei aangetroffen. Of dat Boomse klei dan wel de klei van Henis was, kon niet worden uitgemaakt. Volgens de dwarsdoorsnede moet het Boomse klei zijn geweest. Wat de watervoerende laag is waaruit het bronwater afkomstig is, verschilt afhankelijk van welke van de dwarsdoorsnedes uit Figuur 49 gebruikt wordt. De vraag is of de tertiair geologische kaart hier wel een correcte weergave is van de situatie op het terrein. Een vergelijking met de chemische samenstelling van het bronwater leert dat het onmogelijk de zanden van Bolderberg, maar wel de zanden van Bilzen moeten zijn die hier uitstromen (zie verder). Het gaat hier dus om een zgn. Bilzenbron

8.3.3 Grondwater

Piëzometer BROP004 werd centraal in het bronamfitheater van Gabrigsveld geplaatst boven op de helling tussen het 4e en het 5e bronbeekje (voormalige drainagegreppel) vanaf het zuiden geteld. De meetperiode start op 24 februari 2022.

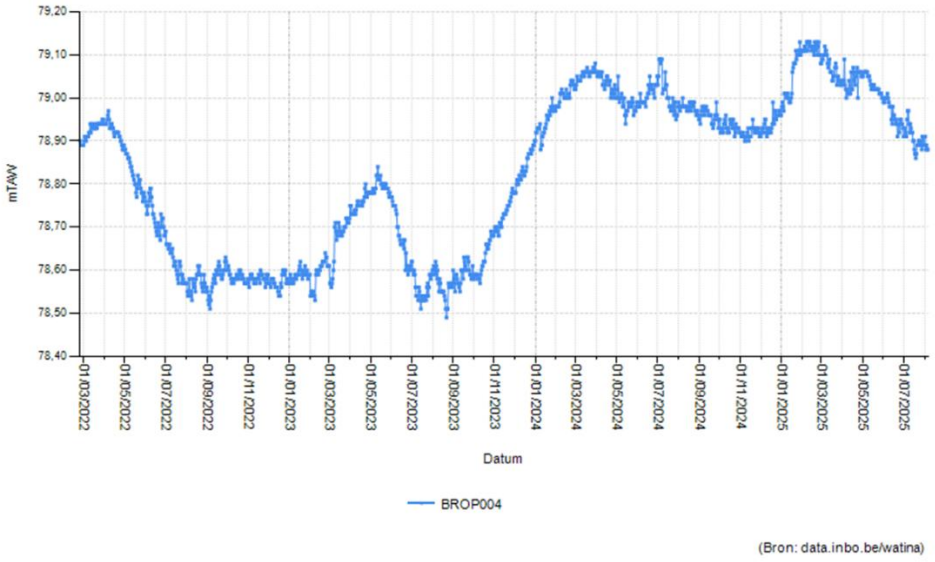
8.3.3.1 Grondwaterpeilen

Het maaiveld aan de piëzometer BROP004 ligt op 78.84 m T.A.W.. In Figuur 50 staan de grondwaterpeilmetingen weergegeven (peil t.o.v. maaiveld). De tijdreeks vertoont een duidelijk jaarlijkse fluctuatie. In februari tot mei 2022 stond het grondwater < 10 cm onder het maaiveld. In de zomer van 2022 zakt het grondwater tot ca. 30 cm onder het maaiveld. De bron valt in die periode bijna (net niet) droog. immers Pas in maart 2023 stijgt het grondwater terug tot een maximum van ongeveer 20 cm onder maaiveld in mei 2023. Vanaf juni 2023 daalt het grondwater terug onder 40 cm onder het maaiveld. Vanaf oktober 2023 begint het grondwater weer aan te vullen en dat blijft gebeuren tot in de lente van 2025.



Figuur 50: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) aan de Gabrigsveld bron (BROP004).

Op Figuur 51 staan de stijghoogten van het grondwater (in m T.A.W.) afgebeeld. Naast de seizoensgebonden schommeling zijn er ook duidelijke neerslagpieken te zien.



Figuur 51: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater aan de Gabrigsveld-bron (BROP004).

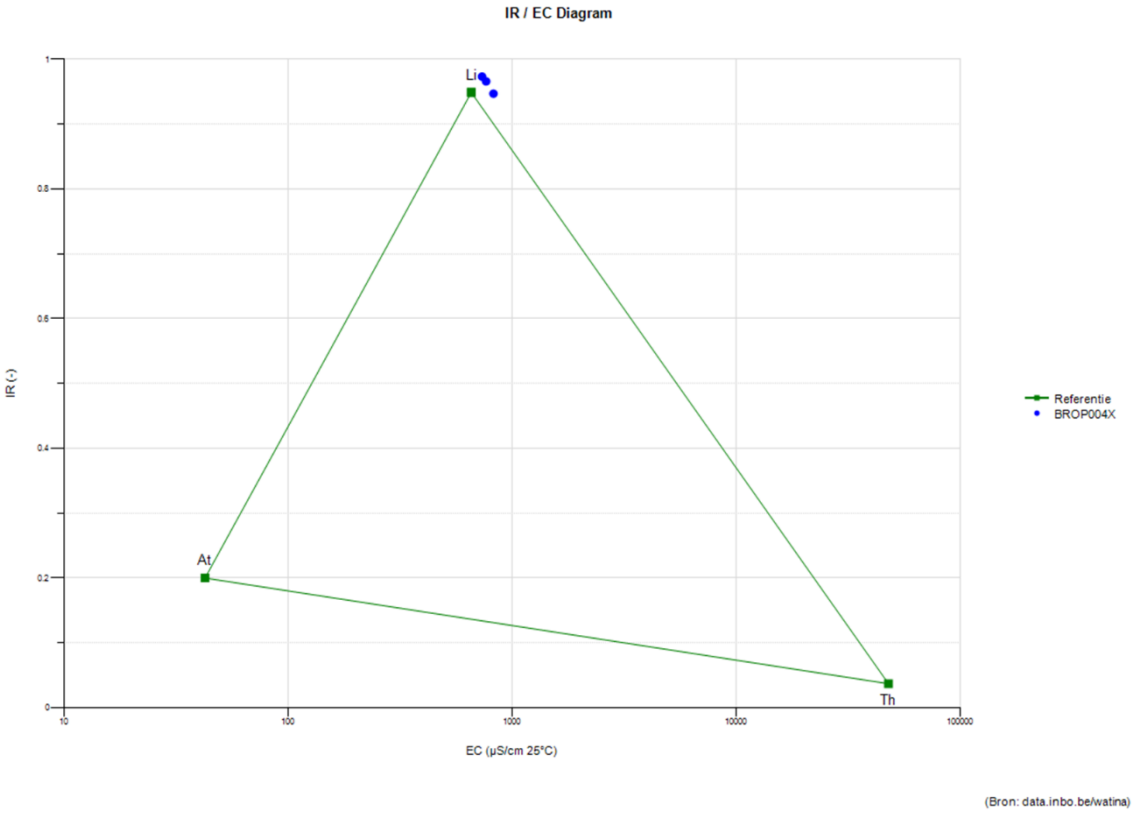
8.3.3.2 Grondwaterkwaliteit

Tabel 10 geeft de drie grondwaterstalen weer die genomen zijn in BROP004, genomen op 16/02/2023, 16/05/2023 en 22/08/2023. Er zijn in het verleden verder geen gekende grond- of oppervlaktewaterstalen genomen voor dit gebied.

Tabel 10: Chemische analyseresultaten voor grondwaterstalen (BROP004) in Gabrigsveld.

Datum	Meetpunt Code	EC_{L25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
16/02/2023	BROP004	826	7,6	480	6,86	0,015	0,02	0,015	27	14,3	12,2	0,3	144,8	19,68	0,05	0,05
16/05/2023	BROP004	766	7,4	467	5,92	0,015	0,02	0,015	16	8,5	11,6	0,2	136,4	18,15	0,05	0,05
22/08/2023	BROP004	735	7,2	447	7,34	0,015	0,02	0,015	9	6,2	11,5	0,3	128,1	17,00	0,05	0,05

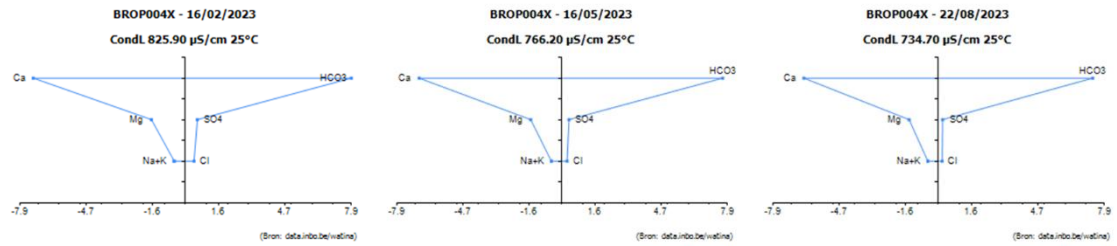
In Figuur 52 worden de grondwaterstalen van BROP004 weergeven op een IR/EC diagram. Hieruit blijkt dat het alvast over typisch lithoclien grondwater gaat.



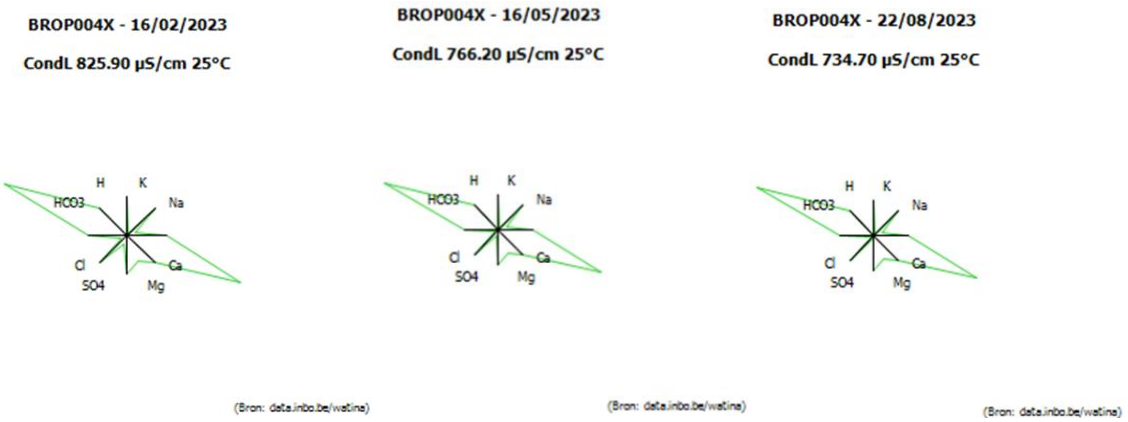
Figuur 52: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen uit BROP004.

Op basis van de chemische samenstelling van het bronwater is dit een duidelijk geval van een zgn. Bilzenbron.

In Figuur 53 & Figuur 54 worden de grondwaterstalen weergeven op Stiff en Maucha diagrammen. Bij een Stiff-diagram krijgt typisch lithoclien grondwater een soort van “paddenstoel” figuur aangezien er veel calcium en bicarbonaat aanwezig is ten op zicht van andere mineralen. Bij het Maucha-diagram vertaalt dit zich in een “vleermuis” vorm. Ook hier is dat het geval. Merk ook op dat er een zeer lage verhouding sulfaat en chloride aanwezig lijkt te zijn op basis van de diagrammen.

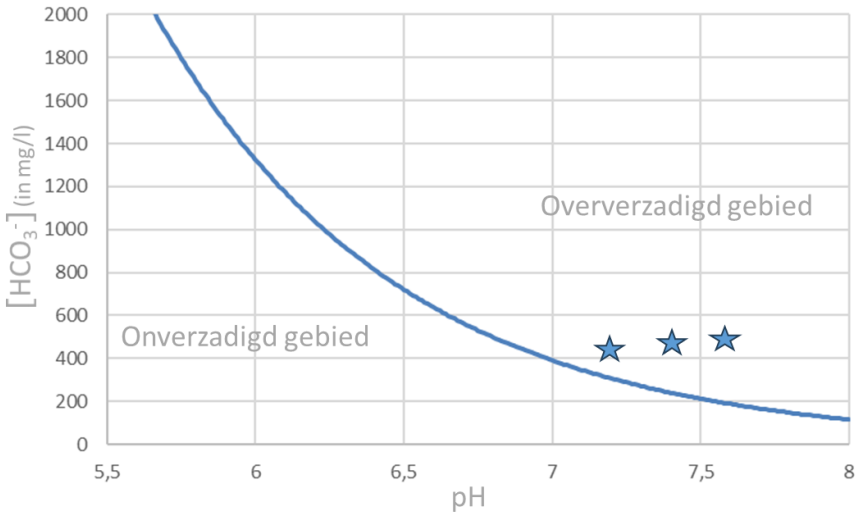


Figuur 53: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP004.



Figuur 54: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP004.

Dit mineraalrijk water heeft een hoge pH en is sterk oververzadigd aan bicarbonaat (Figuur 55) en verklaart de overvloedige afzetting van kleine kalktuffragmentjes overal in de verschillende bronbeekjes.



Figuur 55: Situering van de Gabrigsveld bron grondwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie)

Nutriënten zoals nitrietstikstof, fosfaat-fosfor en ammoniumstikstof zijn niet aanwezig. Nitraatstikstof is echter wel in relatief hoge concentraties aanwezig in het grondwater en werd

aangetroffen in elk staal. Naar alle waarschijnlijkheid zijn deze afkomstig uit de landbouw die zich op het zuidoostelijk plateau bevindt. Anders dan in veel andere bronnen in deze studie is hier zo goed als geen sulfaat of chloor vastgesteld.

8.3.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied

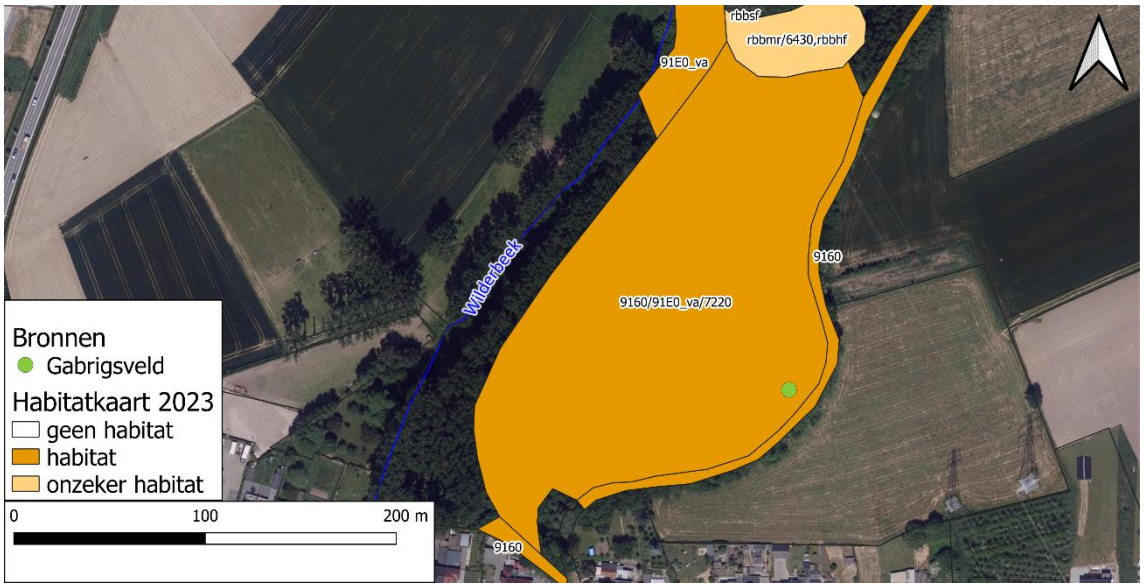
Wegens het zeer lage debiet van deze bronnetjes, bleek het onmogelijk om hier debietmetingen uit te voeren. Het is zeer waarschijnlijk dat het infiltratiegebied van deze bronnetjes zich op het plateau van Waltwilder in het oosten bevindt. De omvang van dit infiltratiegebied is vermoedelijk eerder beperkt aangezien neerslagpieken en schommelingen duidelijk zichtbaar zijn in de tijdreeks.

8.3.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

Gezien deze bron zich ten oosten van de Demer bevindt, en bijgevolg buiten het modelgebied van het grondwatermodel gelegen is, werd er geen stroombaananalyse uitgevoerd voor deze bron.

8.3.4 Vegetatietypering

Gabrigsveld staat aangeduid als een habitatwaardig perceel. Het bestaat uit een complex van eiken-haagbeukenbos (9160), valleibos (91E0_va) en kalktufbronnetjes (7220). Het betreft geen oud bos. In recente jaren is er ook aanzienlijk veel stormschade en dus dood hout. Langs de bronzones groeit vooral veel Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*) en Kleivedermos (*Fissidens taxifolius*).



Figuur 56: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de bronnetjes in Gabrigsveld.

8.3.5 Lokale staat van Instandhouding

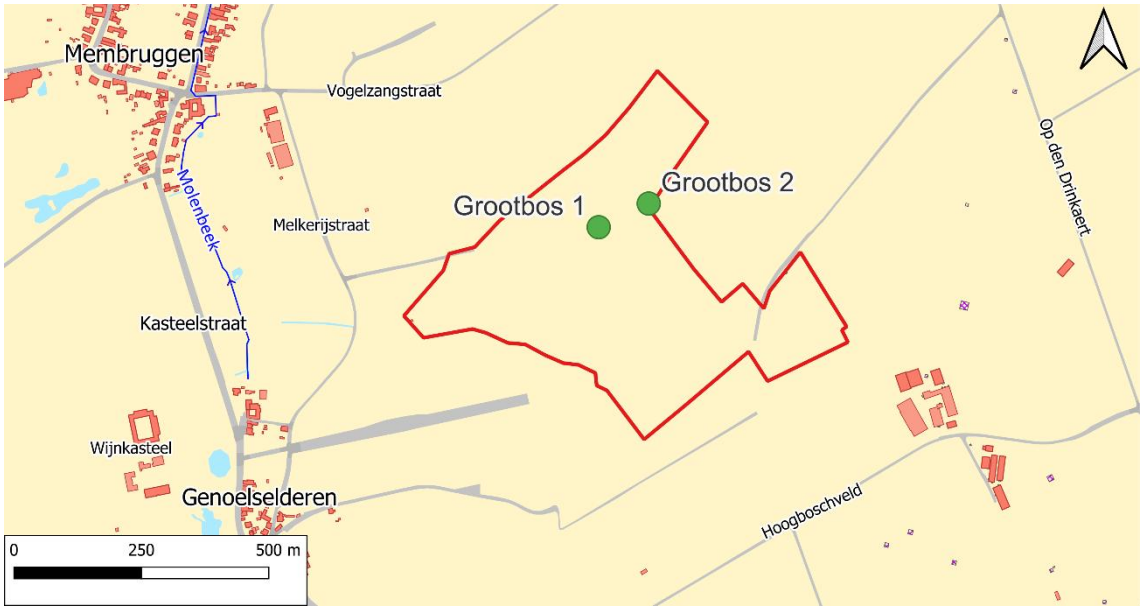
Alle gemeten bronzones samen vormen een oppervlakte van 1300 m². In realiteit zal de oppervlakte wellicht iets lager (+/- 1000 m²) zijn. Deze is variabel in de tijd en ruimte. Op basis van Tabel 11 blijken de bronzones in een goede staat van instandhouding te verkeren. Palustriella commutata werd toevallig aangetroffen in december 2023 en als dusdanig gedetermineerd (P. De Becker) maar kon nadien niet meer teruggevonden worden.

Tabel 11: Beoordelingsmatrix voor het Gabrigsveld met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	veel Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*) en Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata)*	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	veel Gewoon diknerfmos maar geen 10%	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	grote oppervlakte (≥10%)	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	bovenaan de helling afval	NEE
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	geen draadalgen	JA

8.4 HET GROOTBOS (BRON 4, BILZEN-BRON)

Het Grootbos heeft een oppervlakte van zo'n 25 hectare ten noordoosten van Genoelselderen in de gemeente Riemst.

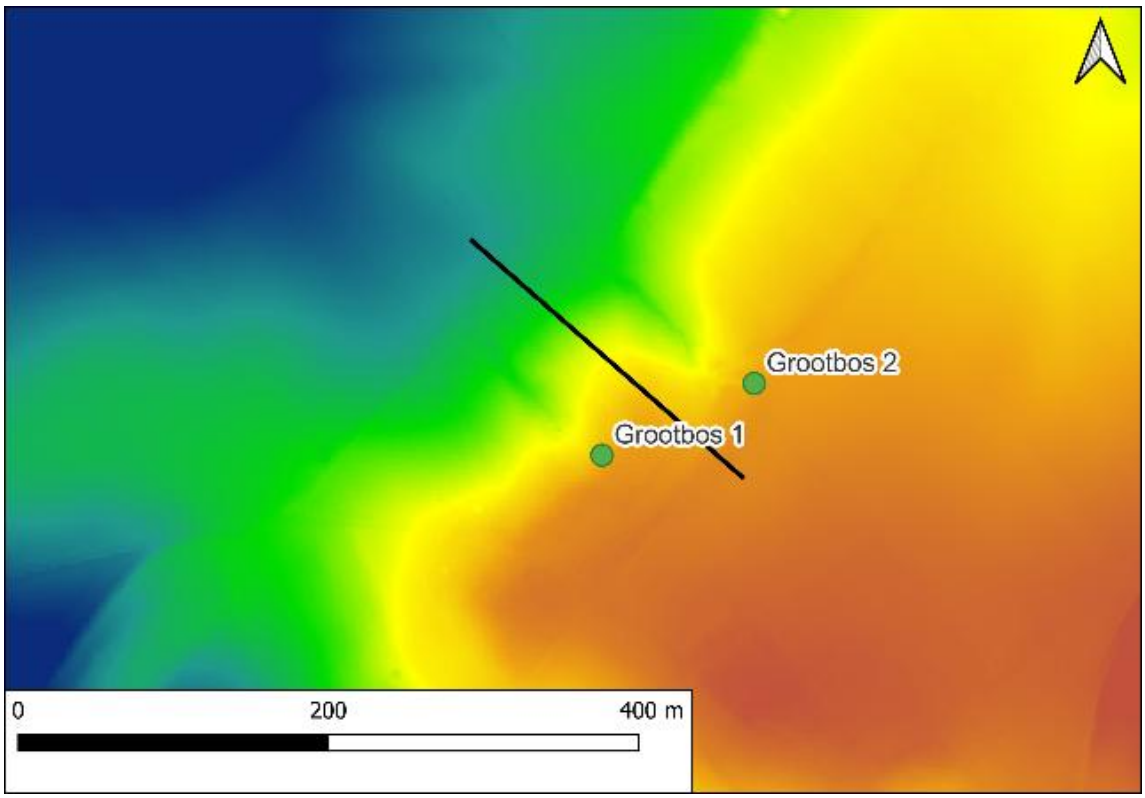


Figuur 57: Situering van de te onderzoeken bronlocaties in het Grootbos op de GRB-basiskaart.

8.4.1 Topografie en Hydrografie

De twee bronlocaties liggen op de noordwestelijke helling van het Grootbos. Op de noordwestelijk georiënteerde helling liggen twee bronzones met bronbeekjes die parallel naar het noordwesten afstromen. De omgeving rond het Grootbos wordt volledig ingenomen door landbouw. Het plateau waarop het Grootbos ligt vormt de westelijke heuvelrug van de Molenbeek, een zijrivier van de oostelijk gelegen Demer. De Molenbeek loopt ten noordwesten van het bos door het dorp Membruggen. De bronbeekjes hebben daar echter geen connectie mee. Ze ontstaan vrij hoog op de helling en stromen af naar het noordwesten om ter hoogte van de noordwestelijke bosrand weer in de ondergrond te verdwijnen.

De westelijke bron, Grootbos 1, heeft een kleinere bronzone (zie Figuur 59). Het bronbeekje loopt de helling af en eindigt in een poel. De oostelijke bron, Grootbos 2, heeft een grotere bronzone en wordt gevormd door verschillende puntbronnetjes dicht bij elkaar. Grootbos 1 heeft het hoogste debiet en ook de meeste kalktufontwikkeling. Drainagestructuren op de helling zijn beperkt. De historische bronnen die wat hoger op de helling liggen en suggereren dat er destijds meer water moet hebben uitgetreden, werden in het verleden "aangepast". Er werden kelders uitgegraven en met kalkzandsteen opgemetst, mogelijk ook voorzien van een kort galerijtje) om het bronwater vlot te kunnen capteren. Die menselijke structuren zijn echter verwaarloosd en storten langzaam in.



Figuur 58: Detailtopografie in de omgeving van het Grootbos met aanduiding van de bronlocatie op een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II).

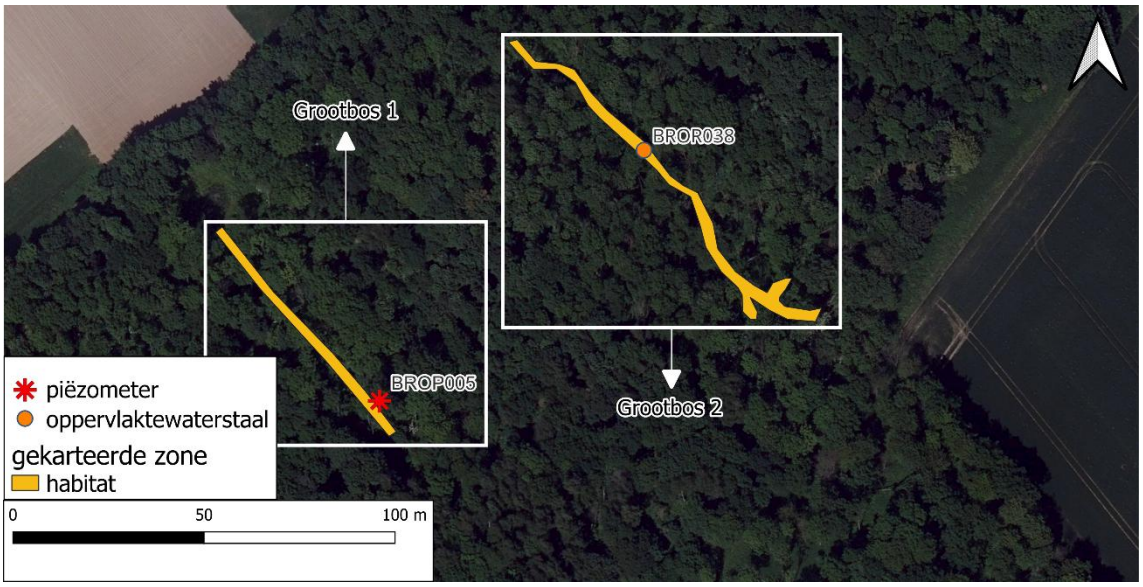
De bronlocaties bevinden zich op een hoogte van +/- 113 m T.A.W.. De bronbeekjes lopen de helling af voor zo'n 70 m (Grootbos 1) en 100 m (Grootbos 2). Het water van Grootbos 1 verzamelt zich in een poel onderaan de helling op een hoogte van 101 m T.A.W., waarna het water opnieuw in de ondergrond verdwijnt.

Op Figuur 59 worden de ingemeten bronzones weergeven. Deze zone heeft een ingemeten oppervlakte van 174 m^2. Het bronnetje Grootbos 1 heeft bovenaan een vervallen constructie in mergelsteen waaruit het bronhoofd ontspringt. Vermoedelijk heeft men destijds getracht om het bronwater te capteren voor menselijk gebruik. De constructie is in onbruik geraakt. De eigenlijke bron ligt vandaag een paar tientallen meter verder naar het boorden (topografisch gezien wat lager).



Afbeelding 4: Het bronhoofd van Grootbos 1, met een rest van de gemetste bronkelder/galerijtje.

Het water dat zich onderaan in de poel verzamelt, infiltreert terug in de bodem. De poel zal dus enkel water houden in jaren waarin er erg veel bronwater uitstroomt. In droge jaren is het niet abnormaal dat de poel onvoldoende gevoed wordt om jaarrond water te houden. Het bronbeekje van Grootbos 2 verzamelt niet in een poel maar verdwijnt terug de grond in (beide vermoedelijk in de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern, zie Figuur 61). De bronzone van Grootbos 2 heeft een ingemeten oppervlakte van 335 m^2 maar is minder goed ontwikkeld qua oppervlakte kalktuf en moslaag) dan de zone van Grootbos 1.

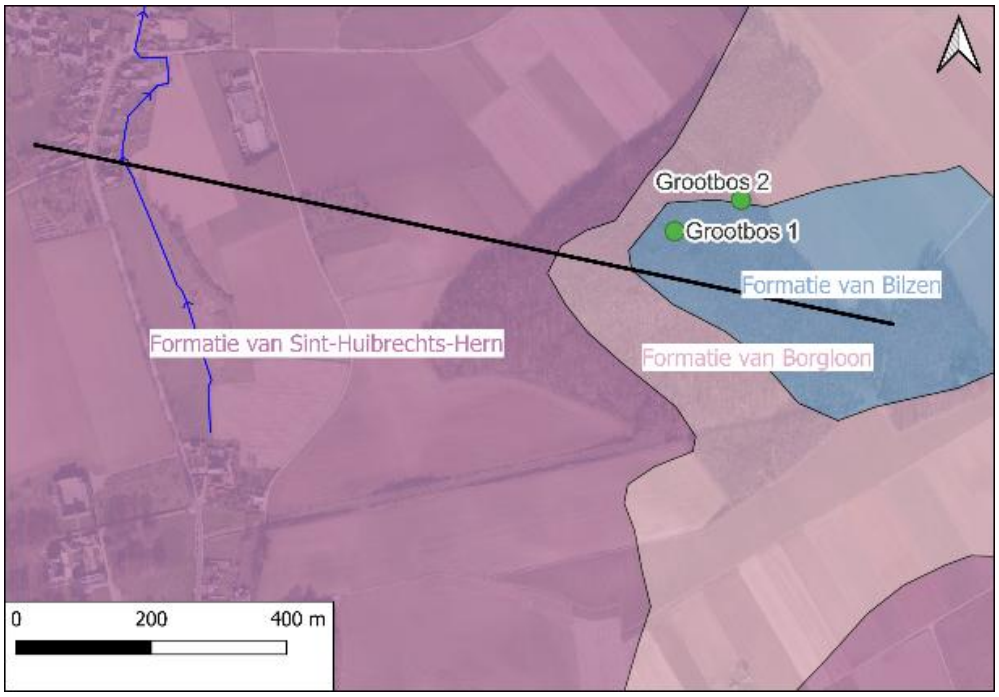


Figuur 59: Ingemeten bronzones aan Grootbos 1 en Grootbos 2 met aanduiding van de piëzometer BROP005 en bronbeekwatermeetpunt BROR038.

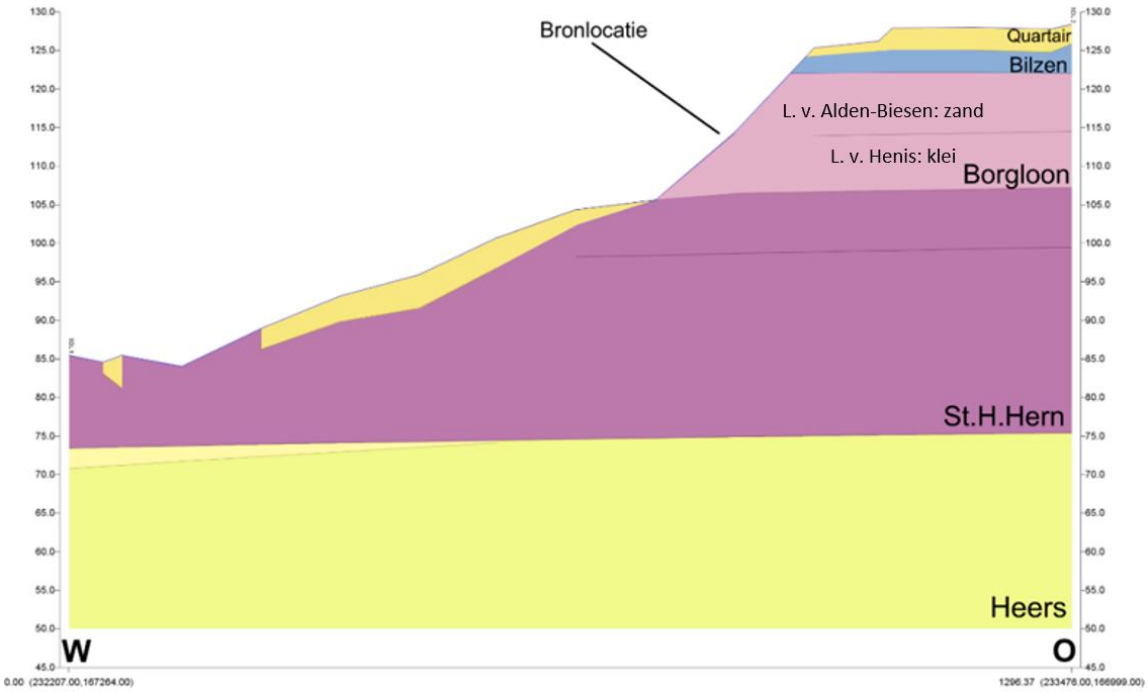
8.4.2 Geohydrologie

Het watervoerende pakket is de Formatie van Bilzen (Figuur 60). Deze afzetting is hier vrij dun met een dikte van ongeveer 3 meter. Van die formatie is hier volgens de tertiair geologische kaart slechts één lid aanwezig, namelijk de zanden van Berg. Onder de Formatie van Bilzen en op de helling ligt de Formatie van Borgloon. Deze heeft hier een dikte tot 15 meter en bestaat

uit twee leden. Bovenaan ligt het lid van Alden Biesen bestaande uit zand met veel schelpfragmenten en een afwisseling van laagjes compacte klei. Onderaan ligt het lid van Henis dat bestaat uit zware groene en grijze klei bedekt door een zwarte ligniet-houdende klei. Onder de Formatie van Borgloon liggen nog de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern en de Formatie van Heers. Deze zijn niet relevant voor deze bronnetjes. Enkel de Formaties van Bilzen en Borgloon zullen hier een rol spelen. Het gaat hier dus om een zgn. “Bilzen-bron”.



Figuur 60: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. het Grootbos met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 61).



Figuur 61: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. de bronlocatie in het Grootbos (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 60.

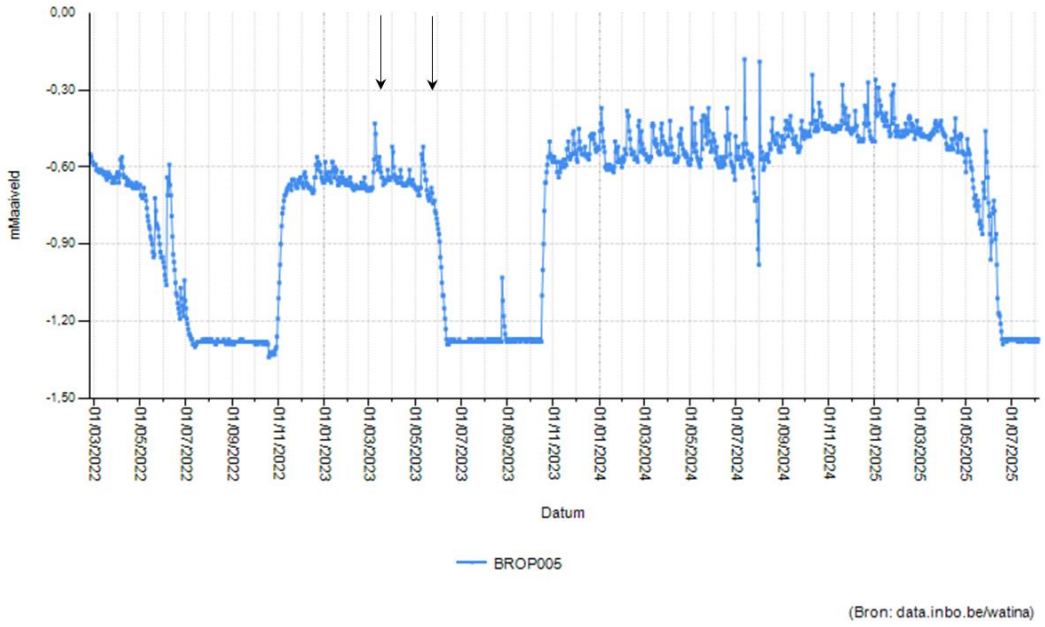
Op Figuur 61 wordt een geologische dwarsdoorsnede door het Grootbos weergeven. De bronnetjes bevinden zich op een hoogte van ongeveer 113 m T.A.W.. Dit is ruwweg de scheiding tussen het lid van Alden Biesen (zand + klei) en het lid van Henis (klei) van de formatie van Borgloon. De hydraulische geleidbaarheid van de bovenliggende zanden van Berg en Alden Biesen liggen een stuk hoger dan dat van Henis dat bestaat uit compacte kleilagen. Het gaat hier dus hoogstwaarschijnlijk over een Bilzen-Borgloonbron. Onderaan de helling verdwijnt (infiltreert) het afstromende bronwater terug in de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern.

8.4.3 Grondwater

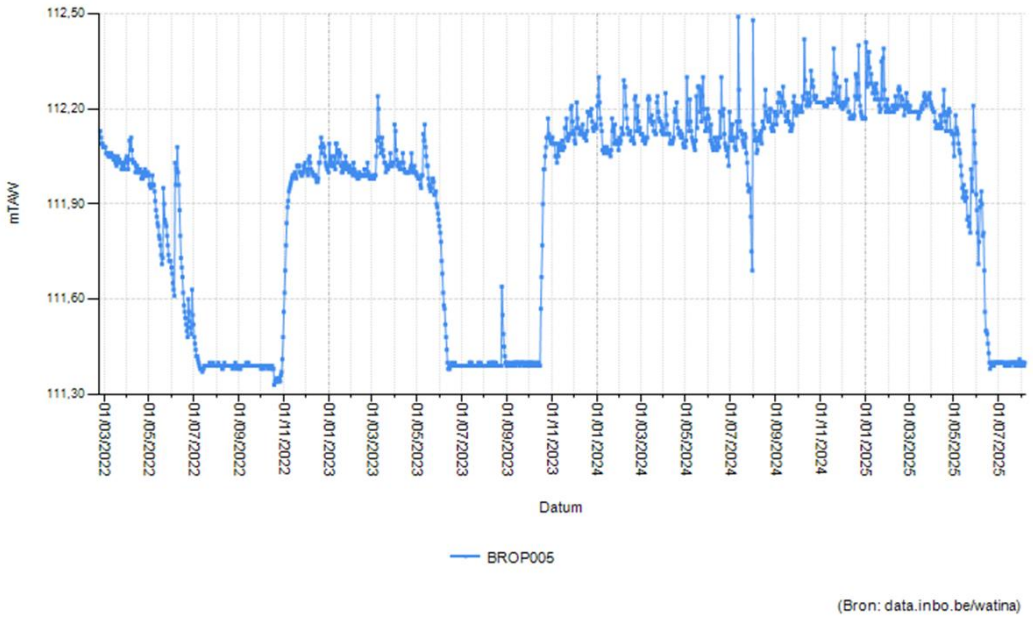
8.4.3.1 Grondwaterpeilen

In Figuur 62 staat de tijdreeks van de grondwaterpeilmetingen aan BROP005 weergeven. In de natte periodes staat het grondwater 0.3 à 0.6 m onder het maaiveld. Vanaf mei treedt er een duidelijke daling van het peil op. In de zomer valt de piëzometer droog. Met uitzondering van de natte zomer van 2024, lijken de bronnen hier elke zomer droog te vallen. Het gaat hier dus om tijdelijke bronnen. Dat heeft vermoedelijk te maken met de beperkte omvang van het watervoerende pakket.

Het maaiveld aan BROP005 bevindt zich op 112.67 m T.A.W.. De stijghoogte van het grondwater staat in natte periodes rond de 112 m T.A.W.. Naast jaarlijkse schommelingen zijn neerslagpiekjes ook goed zichtbaar. Het grondwater aan de piëzometer reageert vrij sterk op neerslag.



Figuur 62: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP005 met aanduiding van het tijdstip van de debietmetingen in het westelijke bronbeekje van Grootbos.



Figuur 63: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater aan de Grootbos-bron (BROP005).

8.4.3.2 Grondwaterkwaliteit

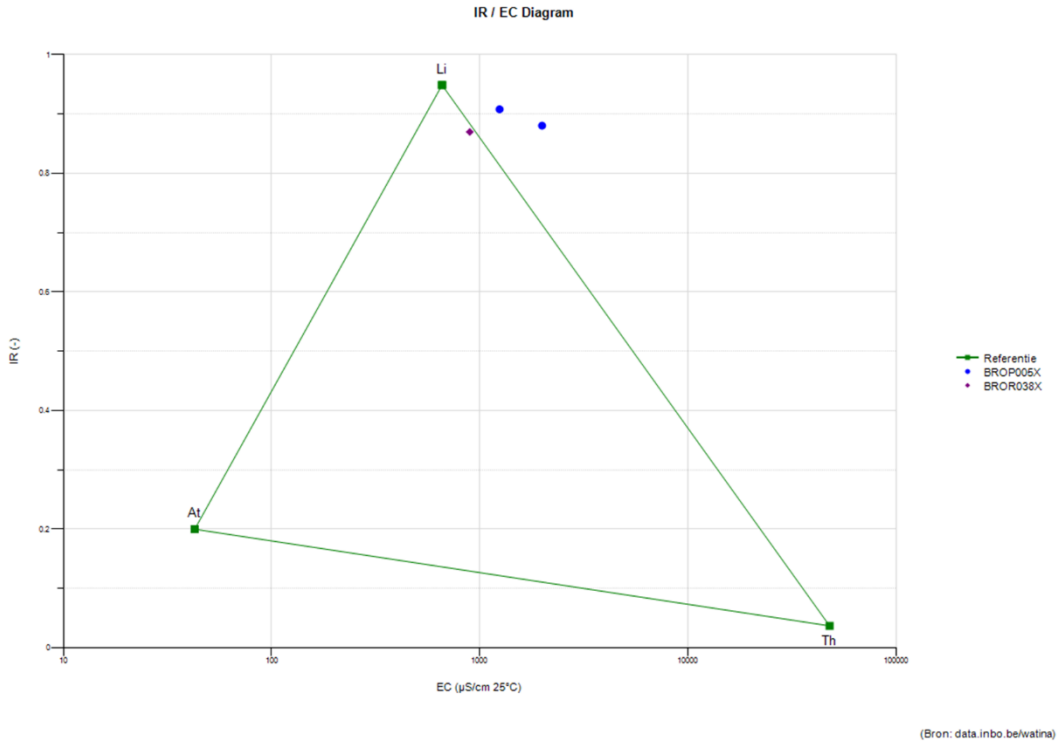
Om de grondwaterkwaliteit te bepalen werden in totaal twee grondwaterstalen (op 16/02/2023 en 16/05/2023) genomen in BROP005. Een derde grondwaterstaal was gepland op 22/08/2023 maar op dat moment stond de piëzometer volledig droog. Er is ook een oppervlaktewaterstaal (BROR038) uit de bronbeek van Grootbos 1, genomen op 06/09/2011 (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012).

In Tabel 12 staan de grondwaterstalen uit BROP005 (genomen op 16 februari en 16 mei 2023) en het oppervlaktewaterstaal uit BROR038 (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012) weergeven.

Tabel 12: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP005) en een bronbeekwater (BROP038) uit het Grootbos.

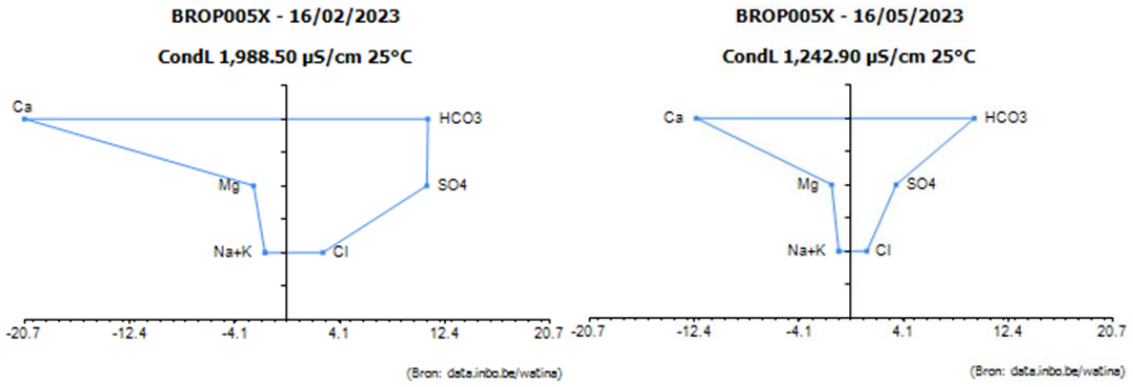
Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
06/09/2011	BROR038	895	7,0	458	6,62	0,015	0,18	0,016	39	40,7	10,9	3,8	154,0	20,00	0,05	-
16/02/2023	BROP005	1989	7,5	676	0,03	0,015	0,02	0,015	528	99,6	39,5	1,6	415,1	32,30	0,05	0,05
16/05/2023	BROP005	1243	7,3	594	0,03	0,015	0,21	0,015	171	44,0	21,2	2,6	245,6	18,77	0,05	0,05

Op het IR/EC diagram lijkt er alvast een verhoging te zijn in elektrische geleidbaarheid ten op zicht van wat verwacht wordt voor grondwater met een lithoclien karakter. Zo'n verhoging in conductiviteit is vaak te wijten aan vervuiling.

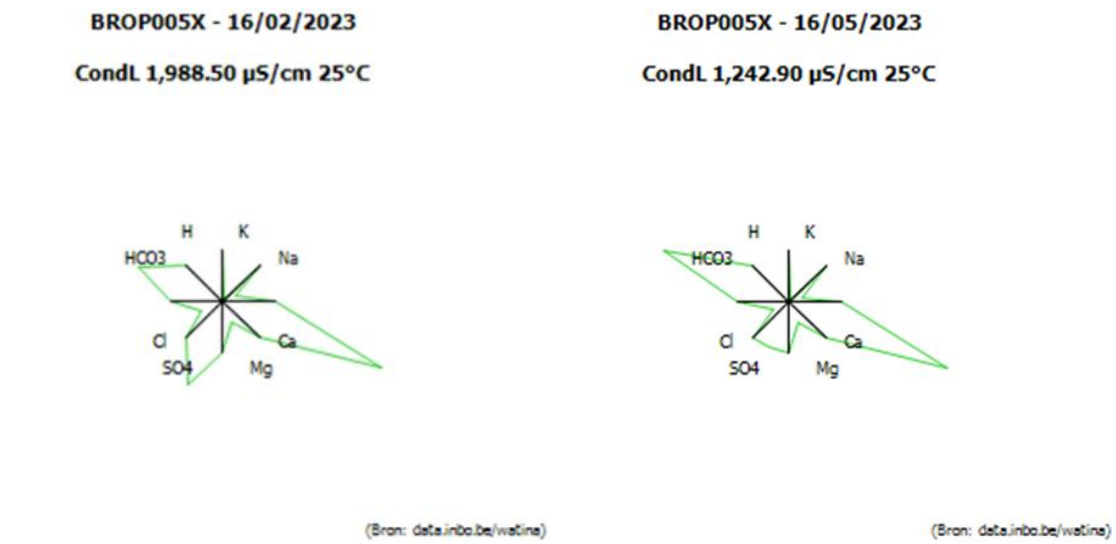


Figuur 64: IR/EC-diagram van alle grond- (BROP005) en bronbeekwaterstaal (BROR038) in Grootbos.

Op de Stiff en Maucha diagrammen is deze vervuiling duidelijk zichtbaar. Er lijkt alvast een grote concentratie sulfaat aanwezig te zijn die zorgt voor een verhoogde elektrische geleidbaarheid.

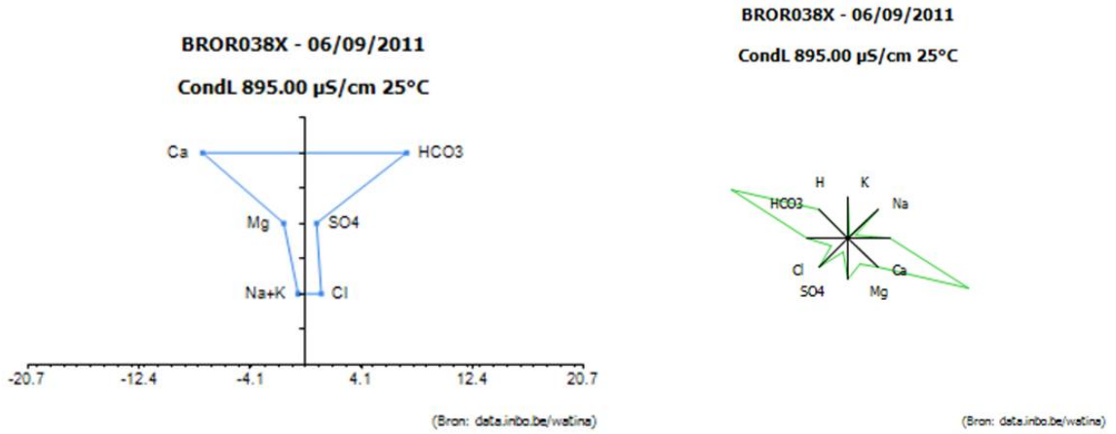


Figuur 65: Stiff diagrammen voor grondwater (BROP005) in Grootbos.



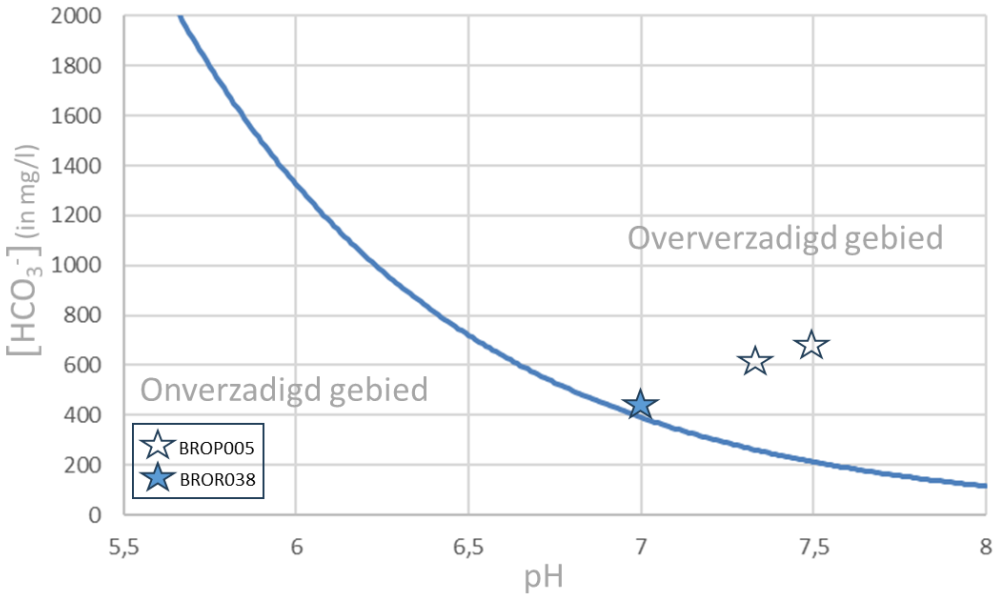
Figuur 66: Maucha diagrammen voor grondwater (BROP005) in Grootbos.

Uit het oppervlaktewaterstaal van 2011 lijkt dan weer geen verhoogde concentratie sulfaat (of chloor) aanwezig. Bijgevolg is de elektrische geleidbaarheid van het staal ook een stuk lager dan dat van de grondwaterstalen.



Figuur 67: Stiff en Maucha diagram voor het bronbeekwaterstaal (BROR038) in Grootbos.

Uit bovenstaande tabel blijkt er een zeer hoge elektrische geleidbaarheid te zijn voor beide grondwaterstalen. Bicarbonaat- en calcium- concentraties (resp. 676 & 415.1 mg/l) zijn ook extreem hoog voor wat normaal gevonden wordt voor grondwater uit de Formatie van Bilzen.



Figuur 68: Situering van de Grootbosbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

Het bronwater is ook hier duidelijk oververzadigd voor wat bicarbonaat betreft. Er wordt dan ook kalktuf afgezet.

Op vlak van nutriënten lijkt het mee te vallen. In de recente grondwaterstelen werd geen nitrietstikstof en fosfaat-fosfor gevonden (waarden onder de bepaalbaarheidsgrens. Nitraatstikstof is in het recente grondwater amper aanwezig met een concentratie van 0.03 mg/l in beide metingen. In het oppervlaktestaal van 2011 werd wel een sterk verhoogde concentratie nitraatstikstof gemeten. Ammonium is in alle stalen zo goed als afwezig.

Sulfaat en chloor zijn echter wel sterk verhoogd. Zeker de eerste meting van 12 februari 2023 bevat een enorm hoge concentratie sulfaat van 528.1 mg/l maar ook een verhoogde concentratie chloor van bijna 100 mg/l en een relatief hoge waarde voor Mg. De tweede meting uit mei van hetzelfde jaar vertoont aanmerkelijk lagere waarden die echter nog steeds als hoog te kwalificeren zijn. Dergelijk hoge waarden en de variatie daarvan in de tijd hebben meer dan waarschijnlijk een antropogene oorzaak. Verderzetten van bemonstering naar de toekomst is nodig om dit verder op te volgen en de oorzaak mogelijk te kunnen uitklaren. De vervuiling moet afkomstig zijn van buiten het bos.

8.4.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied

In dit gebied werd Grootbos 1 tweemaal bemeten (13/04/2023 en 23/05/2023). De grootste hoogtemeting bedraagt 14.5 mm op 13 april 2023 en wordt gebruikt voor de bepaling van het infiltratiegebied. Grootbos 2 heeft een te laag debiet om bemeten te worden. Zie bijlage 1 voor het overzicht van alle debietmetingen. De uiteindelijke oppervlakte van het infiltratiegebied dat berekend wordt met deze methode bedraagt voor Grootbos 1 slechts 0.40 hectare. De grondwatervoeding die gebruikt werd bedroeg 300 mm/jaar. Het berekende infiltratiegebied ligt daarmee volledig in het omgevende bosgebied.

Figuur 69 visualiseert de berekende oppervlakte van het infiltratiegebied. Alhoewel bij Grootbos 2 geen debietmeting uitgevoerd kon worden, ligt het infiltratiegebied vermoedelijk gedeeltelijk

op het landbouwgebied op de helling. Ook de verhoogde concentraties sulfaat bij Grootbos 1 geven aan dat het volgens debietmethode berekende intrekgebied onder bos te beperkt is, en dat zich een aanzienlijk deel van het infiltratiegebied ter hoogte van het landbouwgebied moet bevinden.



Figuur 69: Berekende oppervlakte van het infiltratiegebied (0.40 ha) voor Grootbos 1.

8.4.3.4 Stroombaananalyse met een grondwatermodel

Aangezien deze bron zich ten oosten van de Demer bevindt (buiten het bekken van de Mombeek en dus buiten het modelgebied), werd er geen stroombaananalyse uitgevoerd voor deze bron.

8.4.4 Vegetatietypering

Praktisch het volledige bos bestaat uit habitatwaardig eiken-haagbeukenbossen (9160). Centraal komen ook enkele percelen eiken-beukenbos op zure bodems (9120) voor. De bronbeken staan ook gekarteerd als kalktufbronnen met tufsteenformatie (7220). Grootbos 1 heeft de best ontwikkelde bronzone en de meest diverse mosvegetatie. In het bronmilieu en de onmiddellijke omgeving staan verschillende soorten zoals: Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), Struikmos (*Thamnobryum alopecurum*), Vedermos (*Fissidens spec.*), Tufmos (*Eucladium verticillatum*), Gewoon muursterretje (*Tortula muralis*), Dubbeltandmos (*didymodon spec.)*, Klein snavelmos (*Oxyrrhynchium pumilum*), Gewoon pluisdraadmos (*amblystegium serpens*) en Gewoon diknerfmos *(Cratoneuron filicinum).* Opvallend is het ontbreken van Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*) en Plakkaatmos (*Pellia spec.*). In het beekmilieu staan zeer veel oud-bosplanten (zie Afbeelding 5).

Het bronbeekje van Grootbos 2 is veel minder soortenrijk. Hier staat vooral Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*). Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*) is hier wel aanwezig maar in zeer beperkte hoeveelheid.



Figuur 70: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Grootbos.

8.4.5 Lokale staat van Instandhouding

Het bronbeekje van Grootbos 1 heeft een gemiddelde breedte van 2 meter en is meer dan 70 meter lang. Hierdoor is er een vrij grote oppervlakte van ruim 150 m^2 beschikbaar voor kalkafzetting. Enkel de lage mosbedekking scoort ongunstig. Aangezien alle zeer belangrijke criteria voldoende scoren, is deze kalktufbron volgens de LSVI-beoordeling in een goede staat van instandhouding.

Het bronbeekje van Grootbos 2 heeft een grotere oppervlakte maar is minder goed ontwikkeld dan dat van Grootbos 1. Er zijn hier in mindere mate kalkafzettingen en er is een lagere soortenrijkdom aan mossen. Aangezien de kalktufbedekking niet voldoet aan het criterium wordt de staat van instandhouding voor Grootbos 2 als ongunstig beoordeeld.



Afbeelding 5: Afbeelding van de bronbeek Grootbos 1 (links) en de opstelling van de debietmeting net voor het poeltje onderaan de beek (rechts).

Tabel 13: Beoordelingsmatrix van Grootbos 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	bedekking moslaag = 1%	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	zeer veel kalktuf: > 90%	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen aangevoerde substraten	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	sporadisch afval, geen schade	JA
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	sporadisch algen	JA

Tabel 14 Beoordelingsmatrix van Grootbos 2 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Beoordelingsmatrix			
Criterium	**Gunstige staat**	**Huidige staat**	**Voldoet**
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) frequent aanwezig, *Brachythecium rivulare* (Beekdikkopmos) weinig aanwezig	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	bedekking moslaag: 2%	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	zwak actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	+/- 1%, eerder beperkte hoeveelheid kalktufafzetting	NEE
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	geen schade, wel sporadisch afval	NEE
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	algen frequent aanwezig	NEE

8.5 HET WIJNGAARDBOS (BRON 5, BILZEN-BRON)

Dit bos is ongeveer 34 hectare groot. Het ligt net ten oosten van Vrijhern, een gehucht in de gemeente Hoeselt. Op het noordelijk gelegen plateau liggen onder andere de dorpjes Riksingen en Vrijhern.



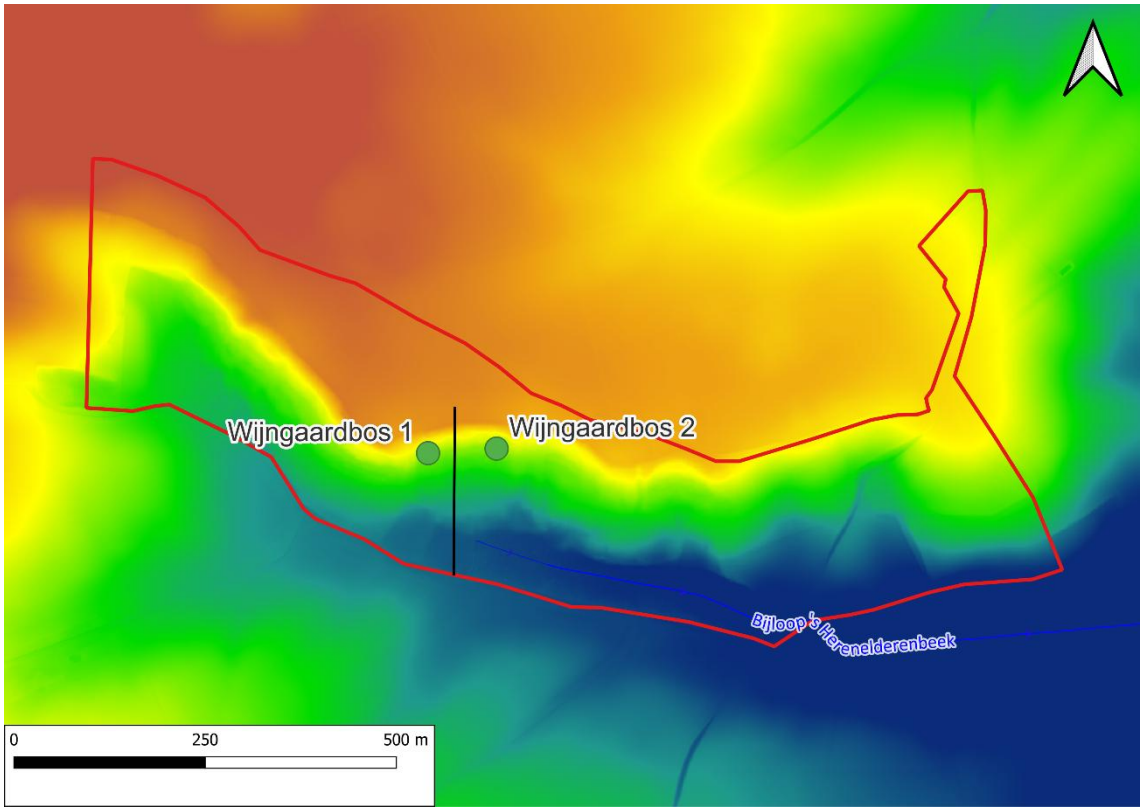
Figuur 71: Situering van de te onderzoeken bronlocaties in het Wijngaardbos op de GRB-basiskaart.

8.5.1 Topografie en Hydrografie

Het Wijngaardbos ligt op de zuidelijke helling van een groot plateau (zie Figuur 72). In het zuiden wordt het begrensd door een bijloop van de 's Herenelderenbeek. Het bos ligt op de noordelijke helling van de bijloop van de 's Herenelderenbeek. Er zijn twee bronzones aangeduid, een westelijke zone, Wijngaardbos 1 en een oostelijke zone, Wijngaardbos 2. De oostelijke bronzone is veruit de grootste van de twee en bestaat uit verschillende bronnen en bronloopjes. Daarnaast is er nog een kleinere bronzone waar de piëzometer BROP006 staat (zie Figuur 73).

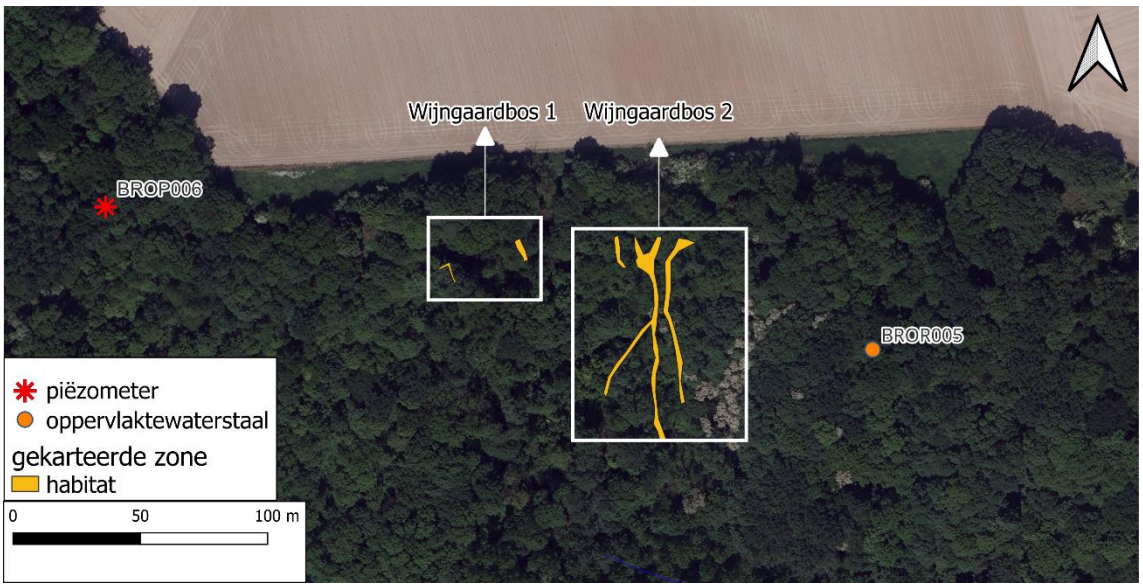
De helling waarop de bronzones liggen is vrij steil. Het grondwater komt aan het oppervlak halverwege de helling, vormt een hele rij bronbeekjes die de helling aflopen om onderaan de helling weer naar de ondergrond te infiltreren. De bronbeekjes zijn dus niet verbonden met een permanente waterloop. Er werden door de opdrachtgever initieel twee zones afgebakend waar het habitattype 7220 zou voorkomen: een westelijke zone Wijgaardbos 1 en een oostelijke zone Wijngaardbos 2. De westelijke zone is actueel erg slecht ontwikkeld, er loopt nauwelijks bronwater uit hoewel hier duidelijke en mooie "velden" van travertijnkorrels te vinden zijn. De oostelijke zone is de (momenteel) best ontwikkelde bronzone en bestaat uit verschillende bronlocaties en een aantal bronbeekjes die samen één complexe bronzone vormen. De bronbeekjes lijken te vertakken, maar in feite stoppen bepaalde bronlocaties soms een tijd (jaren) met lopen en verplaatsen de bronnen zich langs de helling waardoor er telkens gedurende een aantal jaren een bepaalde loop van een bronbeekje gevolgd wordt door het aflopende water, om dan na een paar jaar weer langs een ander beekje af te lopen. Het eindresultaat is een soort vlechtende beekjes die dan weer met bronwater gevuld zijn, dan weer niet. Van drainagestructuren is geen sprake op de helling in het bos. Het hoger gelegen plateau zit grotendeels onder landbouw (akkerbouw) en is het infiltratiegebied (zie Van Den Keybus *et*

al., 2021). Bij terreinbezoeken konden langsheen de volledige helling bronzones aangetroffen worden. De piëzometer (BROP006) werd in een nog meer westelijk gelegen bronzone gezet en tijdens de bronnenstudie van 2012 werd bronbeekwater bemonsterd van een bronzone die nog verder naar het oosten gelegen is dan de hierboven beschreven bronzone van Wijngaardbos 2.



Figuur 72: Detailtopografie van het Wijngaardbos met aanduiding van de bronlocaties en de ligging van het dwarsprofiel in Figuur 75 (uit DHM Vlaanderen II).

De bronlocaties bevinden zich op een hoogte van ongeveer 100 m T.A.W.. De bronbeekjes zijn een tachtigtal meter lang en gaan terug de grond in rond een hoogte van +/- 85 m T.A.W..

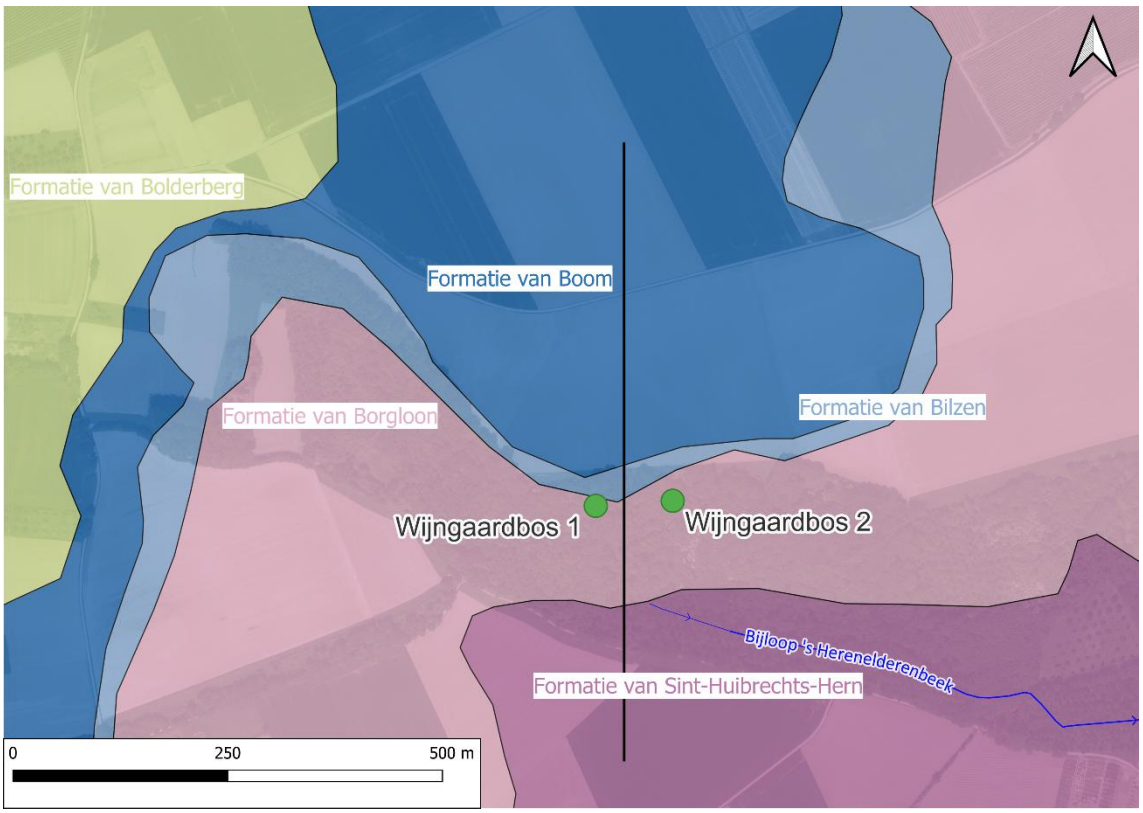


Figuur 73: Ingemeten bronzones aan Wijngaardbos 1 en Wijngaardbos 2 met aanduiding van de piëzometer BROP006 en bronbeekwatermeetpunt BROR005.

Op Figuur 73 worden de ingemeten bronzones weergeven. Aan Wijngaardbos 1 is slecht (actueel) een zeer kleine oppervlakte van 11 m^2 aanwezig. Wijngaardbos 2 is aanmerkelijk groter met een totale oppervlakte van 433 m^2. Tussen de twee bronnen ligt nog een kleine oppervlakte bronzone van 21 m^2. Aan de piëzometer BROP006 ligt ook nog een niet opgemeten kleine bronzone.

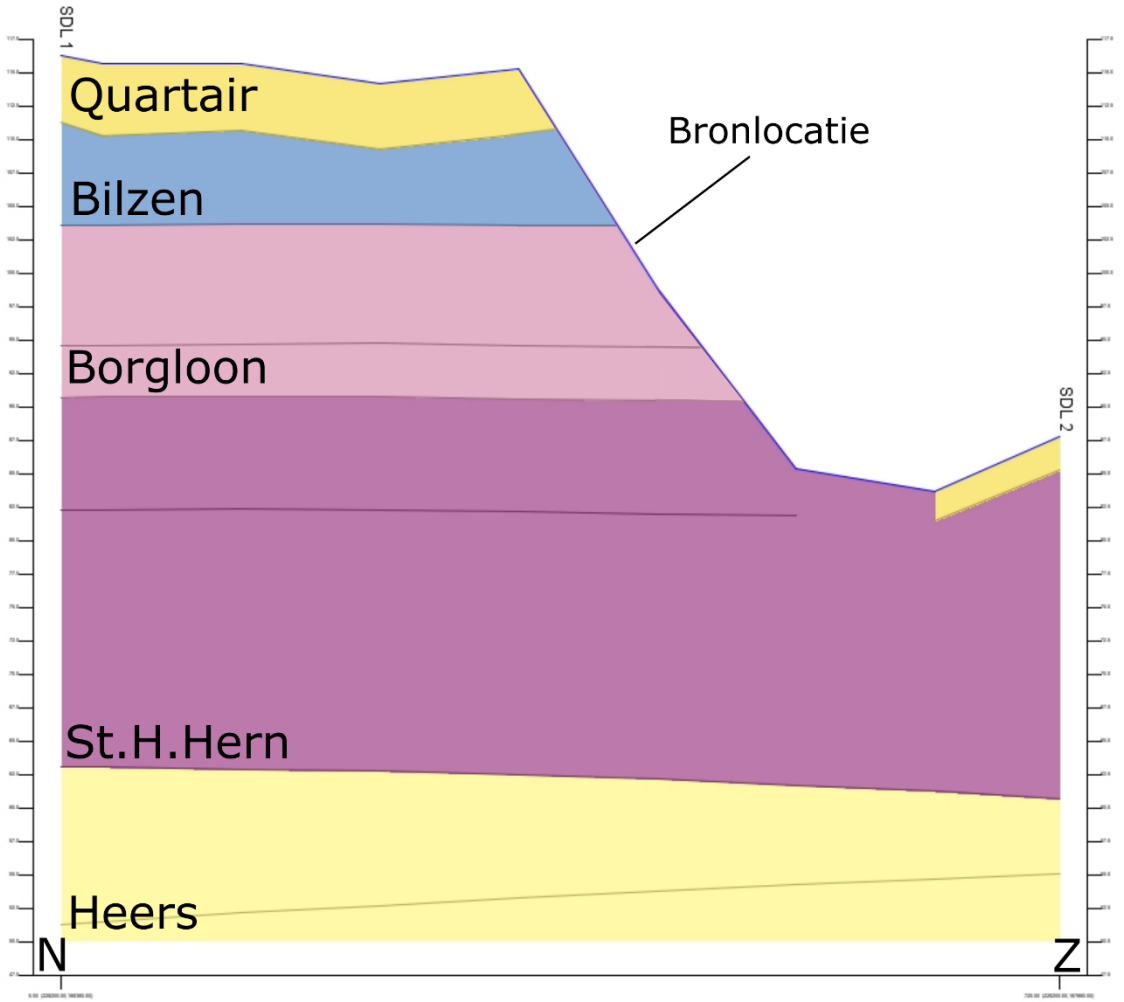
8.5.2 Geohydrologie

Op de tertiaire geologische kaart op Figuur 74 staat de Formatie van Boom nog aangeduid. In recentere versies van het geologisch 3D-model (hier: versie 3.1) staat deze niet meer vermeld in dit gebied. Waar de Formatie van Boom staat aangeduid ligt in realiteit de Formatie van Bilzen met daarbovenop eventueel nog de Formatie van Bolderberg met een dikte van 1 tot 7 meter. Uit uitgevoerde boringen in DOV Vlaanderen blijkt de Formatie van Boom hier enkel aanwezig uit boringen van 1881. Recente boringen vermelden nergens meer de Formatie van Boom. Het gaat dus vermoedelijk om een historische interpretatiefout. De bronlocaties liggen op de scheiding van de Formatie van Bilzen (hier tot 6 meter dik) en de Formatie van Borgloon (hier tot 13 meter dik). De zanden van Berg is het enige lid van de Formatie van Bilzen dat hier aanwezig is.



Figuur 74: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. het Wijngaardbos met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 75).

Op Figuur 75 wordt de tertiaire geologie gevisualiseerd a.d.h.v. een geologische dwarsdoorsnede. De bronnen van het Wijngaardbos liggen allen op eenzelfde hoogte van 100 m T.A.W.. Op deze figuur liggen de bronnen ongeveer op de scheiding van Bilzen en Borgloon. De grondwatervoeding is met andere woorden ook hier afkomstig uit de zanden van Bilzen en het bovenste deel van de formatie van Borgloon. Het gaat hier dus om zgn. “Bilzenbronnen”.



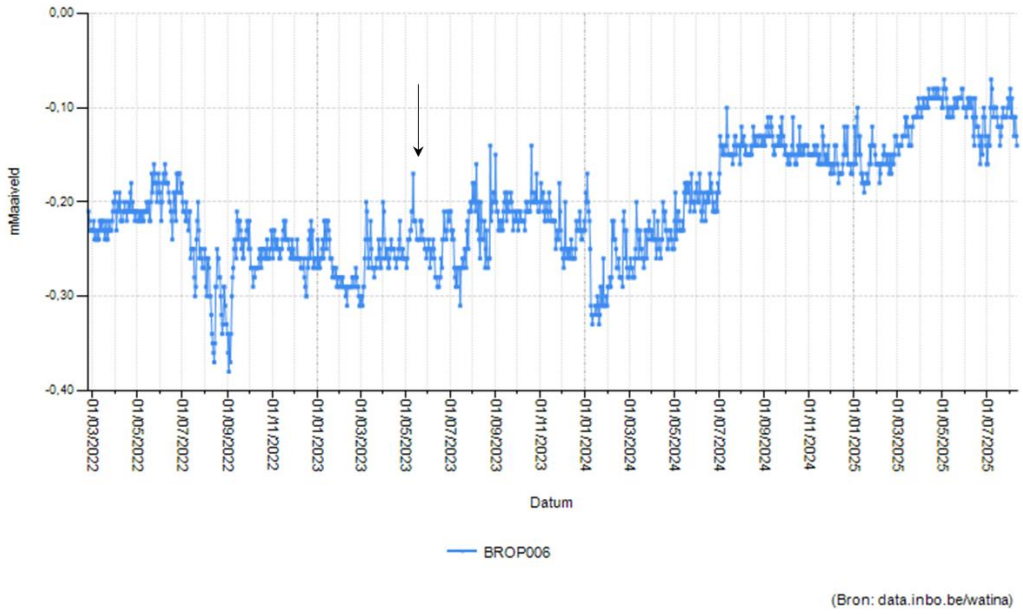
Figuur 75: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. het Wijngaardbos (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 74.

Net zoals bij het Grootbos, ontstaan de bronnen hier op de helling, ter hoogte van de dagzomende kleilaag (de klei van Henis). De bronbeekjes stromen vervolgens naar beneden om onderaan de helling opnieuw in de ondergrond te verdwijnen (de formatie van Sint-Huibrechts-Hern in). Ook hier werden pogingen ondernomen om onderaan de helling amfibieënpoelen aan te leggen. Die houden, analoog aan de situatie in het Grootbos, slechts af en toe water, als er voldoende bronwater afstroomt, wat alleen in natte jaren zoals 2024 het geval is.

8.5.3 Grondwater

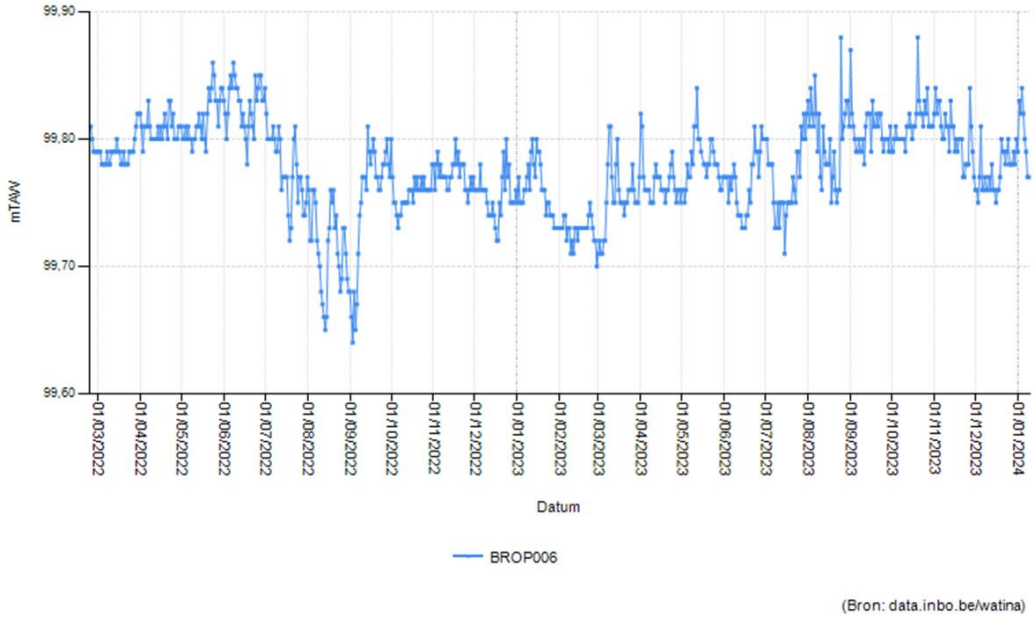
8.5.3.1 Grondwaterpeilen

Op Figuur 76 wordt de tijdreeks voor het grondwaterpeil aan BROP006 in meter maaiveld weergeven. Meteen valt op dat hier geen grote seizoenale fluctuaties optreden tijdens de gemeten periode. Alle schommelingen spelen zich af in een band van slechts 15-20 cm. Enkel in de (zeer droge) zomer van 2022 zakte het peil maximaal tot 0.38 m onder het maaiveld. Gemiddeld blijft het grondwater ongeveer 0.25 m onder maaiveld staan. Op de grafiek zijn ook neerslagpieken te zien maar deze zijn vrij klein van amplitude.



Figuur 76: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP006 met aanduiding van het tijdstip van de debietmeting in het bronbeekje van Wijngaardbos.

Figuur 77 weergeeft de stijghoogtes van het grondwater aan BROP006 in m T.A.W.. Het maaiveld aan de piëzometer bevindt zich op een hoogte van 100.02 m T.A.W..



Figuur 77: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in het Wijngaardbos (BROP006).

8.5.3.2 Grondwaterkwaliteit

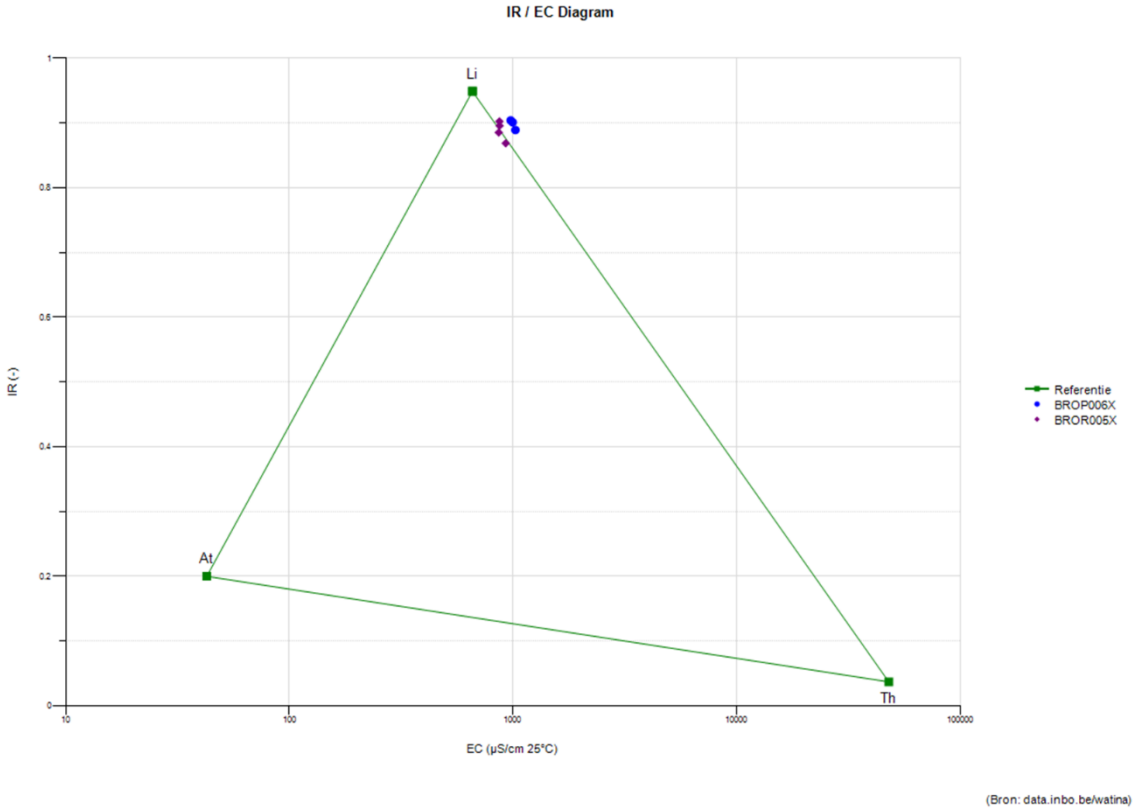
In totaal werden in BROP006 drie grondwaterstalen genomen (16/02/2023, 16/05/2023 en 22/08/2023). In een eerdere studie (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012) werden ook vier oppervlaktewaterstalen (19/04/2011, 06/09/2011, 16/11/2011 en 28/02/2012) genomen in een

bronbeekje ten oosten van Wijngaardbos 2 (BROR005, zie Figuur 73). Alle chemische analyseresultaten zijn terug te vinden in Tabel 15.

Tabel 15: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP006) & bronbeekwater (BROR005) uit het Wijngaardbos.

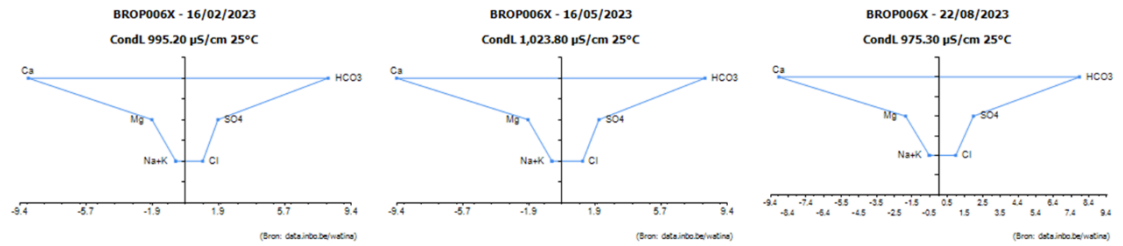
Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
19/04/2011	BROR005	927	8,0	444	8,55	0,030	0,04	0,035	67	43,0	21,0	1,0	161,0	20,70	0,05	-
06/09/2011	BROR005	863	7,1	412	7,80	0,015	0,23	0,016	61	33,4	16,7	1,1	146,0	17,70	0,05	-
16/11/2011	BROR005	869	7,4	420	7,83	0,015	0,04	0,015	71	31,3	16,8	1,2	164,0	17,25	0,05	-
28/02/2012	BROR005	871	7,0	417	7,66	0,015	0,04	0,010	63	32,5	17,2	1,2	158,0	16,16	0,05	-
16/02/2023	BROP006	995	7,4	494	5,71	0,008	0,02	0,015	88	34,7	12,2	1,1	179,0	23,20	0,05	0,05
16/05/2023	BROP006	1024	7,3	497	3,40	0,009	0,02	0,015	101	41,6	12,6	1,2	188,7	23,54	0,05	0,05
22/08/2023	BROP006	975	7,2	481	6,47	0,049	0,02	0,015	93	33,7	11,5	1,3	179,6	22,61	0,05	0,05

Figuur 78 geeft het IR/EC diagram voor deze metingen. Het gaat hier duidelijk om een mineraalrijk grondwatertype, afkomstig uit de formatie van Bilzen. De elektrische geleidbaarheid zitten aan de hoge kant.

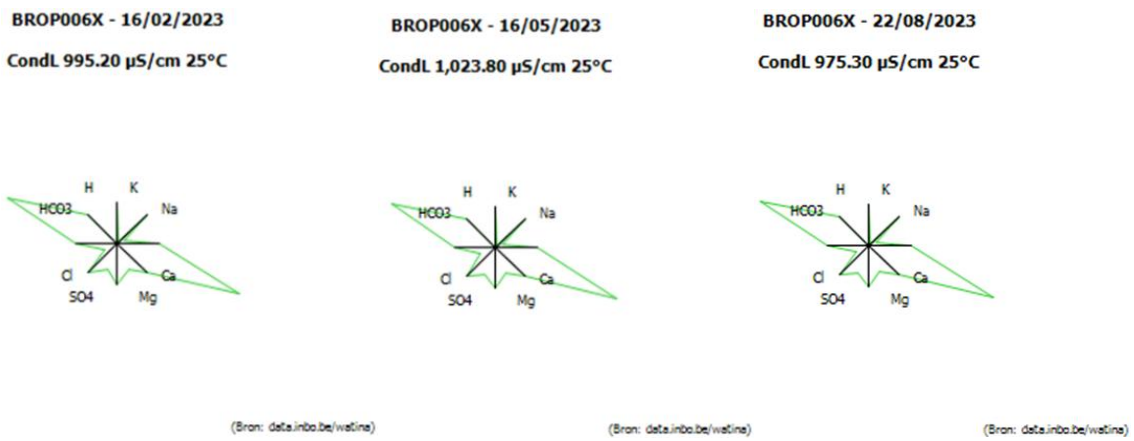


Figuur 78: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen (BROP006) en bronbeekwaterstalen (BROR005) in het Wijngaardbos.

Op Figuur 79 en Figuur 80 staan de Stiff en Maucha diagrammen afgebeeld voor het grondwater uit BROP006.

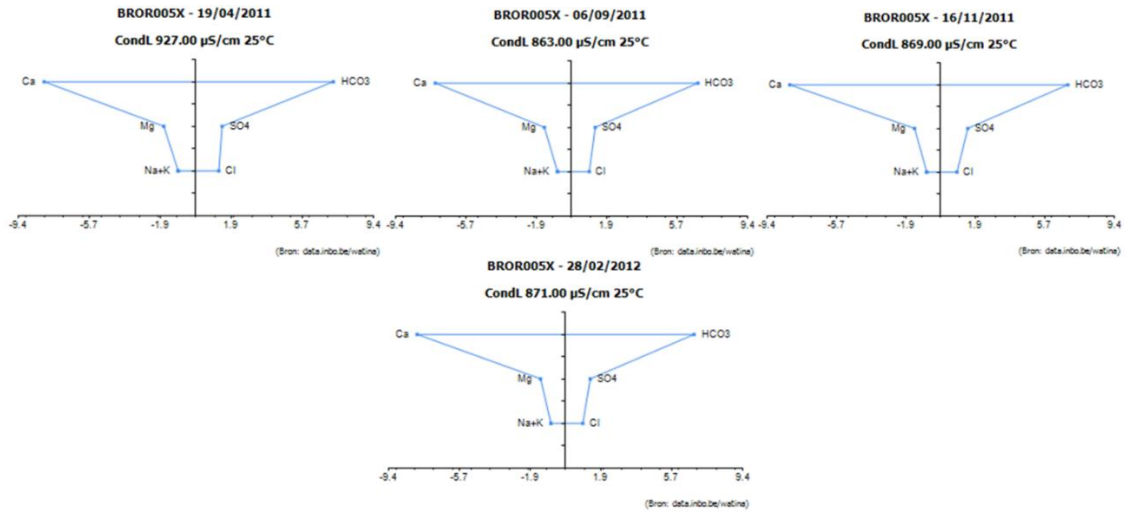


Figuur 79: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP006.

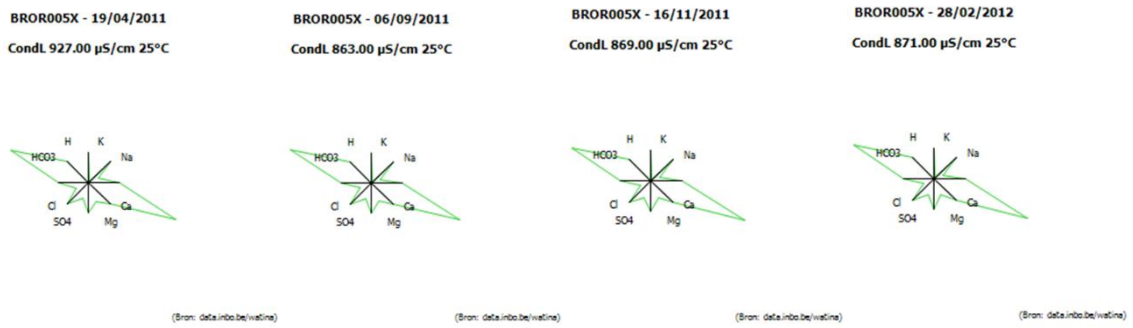


Figuur 80: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP006.

Op Figuur 81 en Figuur 82 staan de Stiff en Maucha diagrammen van het oppervlaktewater aan BROR005 (Wijngaardbos 2). De diagrammen zijn zeer gelijkaardig. Wat opvalt is dat het aandeel calcium en bicarbonaat hoger is bij het grondwater uit 2023. De verhouding sulfaat en chloor lijken op de diagrammen gelijkaardig te zijn maar uit de metingen blijkt sulfaat in het grondwater toch ongeveer 30 mg/l hoger te liggen. Omgekeerd lijkt er wel wat meer natrium aanwezig te zijn in het oppervlaktewater aan BROR005.

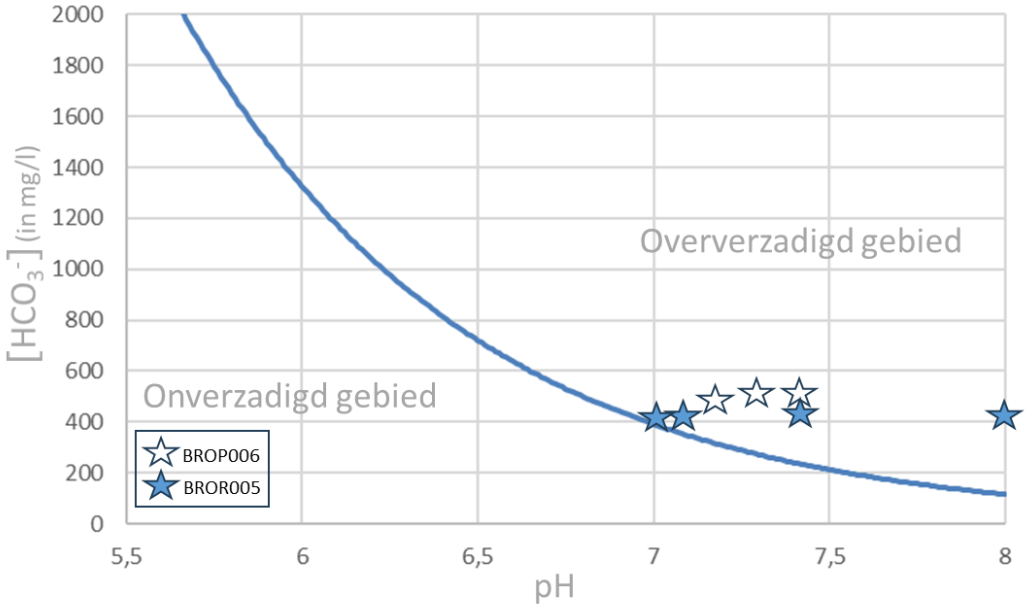


Figuur 81: Stiff diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR005.



Figuur 82: Maucha diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR005.

Het water heeft een hoge pH en is flink oververzadigd voor bicarbonaat (Figuur 83) en afzetting van kalktuf is ook hier dan ook aan de orde!



Figuur 83: Situering van de Grootbosbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

In het grondwater werd zeer lichtjes verhoogde waarden voor nitrietstikstof gemeten. De concentratie van 0.030 mg/l nitrietstikstof in het bronbeekwater uit 19/04/2011 is de toenmalige waarde van de detectielimiet. Ook bij fosfaat-fosfor is de concentratie van 0.035 mg/l de waarde van de detectielimiet destijds. Op 06/09/2011 werd een waarde van 0.016 mg/l vastgesteld boven de detectielimiet van 0.015 mg/l. Recent werden in het grondwater geen concentraties fosfaat-fosfor gemeten. Ammonium werd slechts éénmaal bemeten met een concentratie van 0.23 mg/l op 06/09/2011 in het oppervlaktewater (0.04 mg/l was de toenmalige detectielimiet).

Nitraatstikstof is hier veruit het grootste probleem. Voor alle metingen ligt de concentratie (veel) te) hoog. Alhoewel de recente concentraties voor het grondwater wat lager liggen dan bij de oude oppervlaktewaterstalen, is er de vaststelling dat deze problematiek zich al vele jaren voordoet.

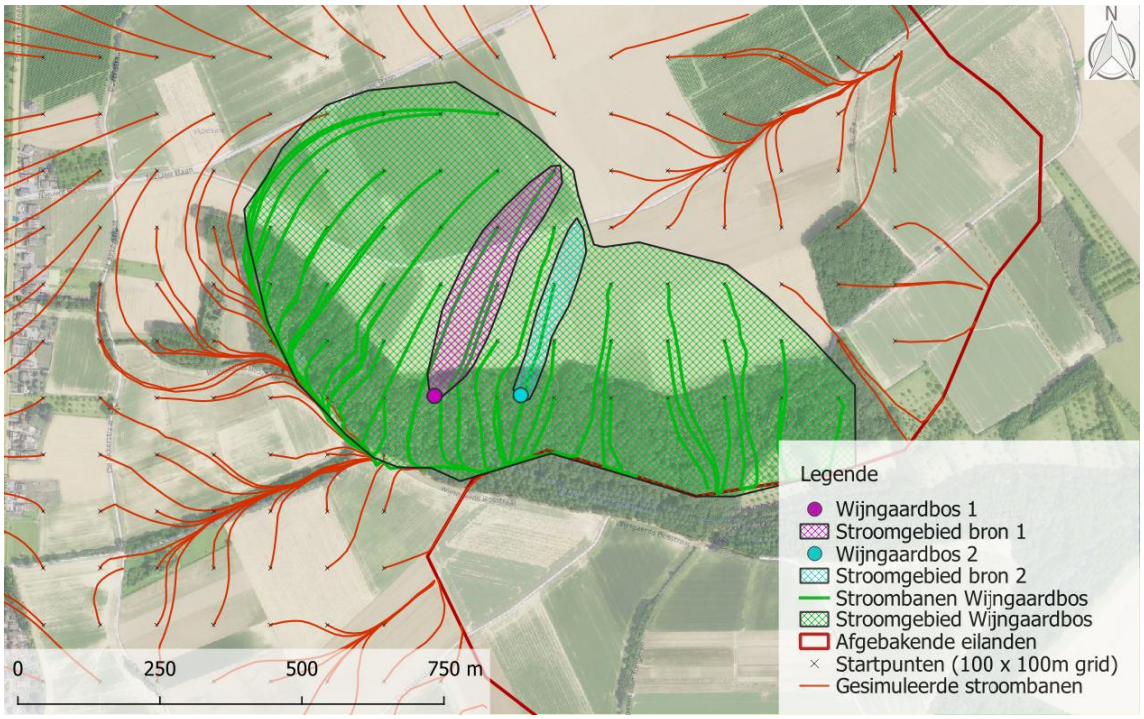
Een mogelijk afgeleid gevolg hiervan is de verhoogde concentratie sulfaat in het grondwater.

8.5.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied

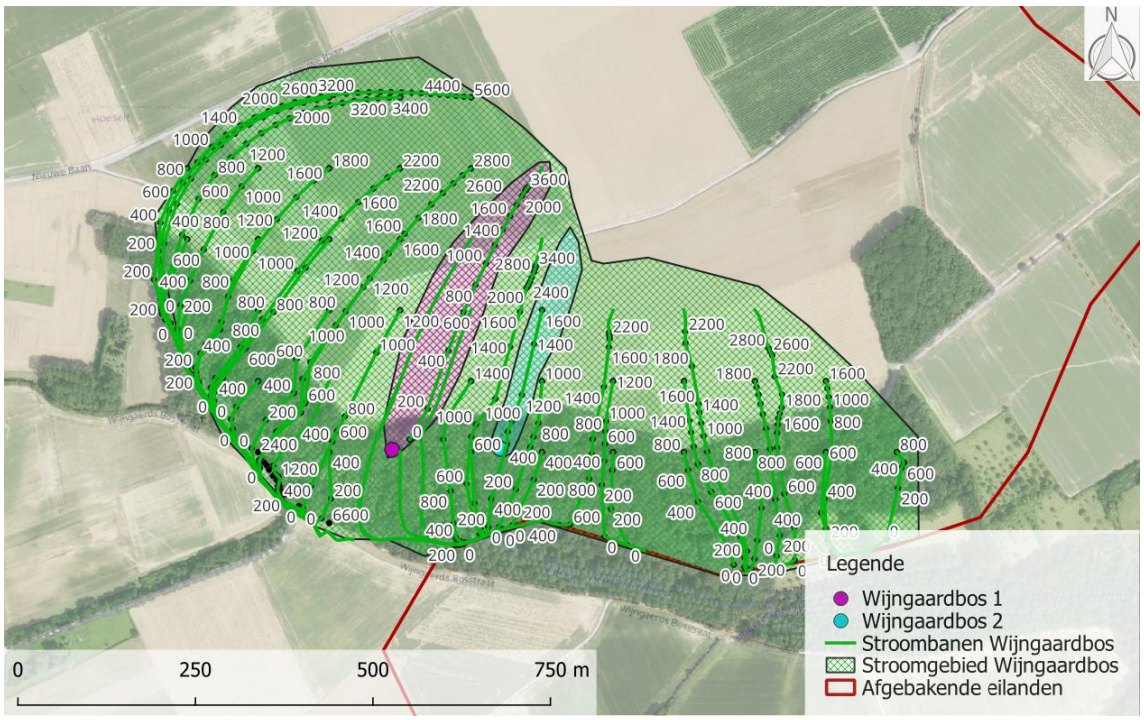
Het debiet ter hoogte van de bronnen aan Wijngaardbos werd één keer bemeten, de hoogtemeting bedroeg toen 22 mm op 23 mei 2023. De uiteindelijke oppervlakte van het infiltratiegebied van Wijngaardbos 2 bedraagt daarmee 1.53 hectare. De grondwatervoeding die hiervoor gebruikt werd bedroeg 220 mm/jaar.

8.5.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

Via de stroombaananalyse in Figuur 84 is duidelijk zichtbaar dat de twee bronnen in het Wijngaardbos deel uitmaken van een groter bronnengebied aan de noordelijke valleihelling van de 's Herenelderenbeek. De reden dat het water net ter hoogte van de bronnen uit de ondergrond treedt zijn waarschijnlijk zeer lokale verschillen in de geologie. Het infiltratiegebied van de bronnen is voornamelijk het hogerop gelegen landbouwgebied. De oppervlakte van het infiltratiegebied zijn ruwweg ca. 3,2 ha voor Wijngaardbos 1 en ca. 1,3 ha voor Wijngaardbos 2. De oppervlakte van het volledige infiltratiegebied op de noordelijke flank van de vallei bedraagt ca. 47 ha. De reistijden tussen het infiltratiegebied en uittreding in het bronnengebied bedragen ca. 5-10 jaar (zie Figuur 85).



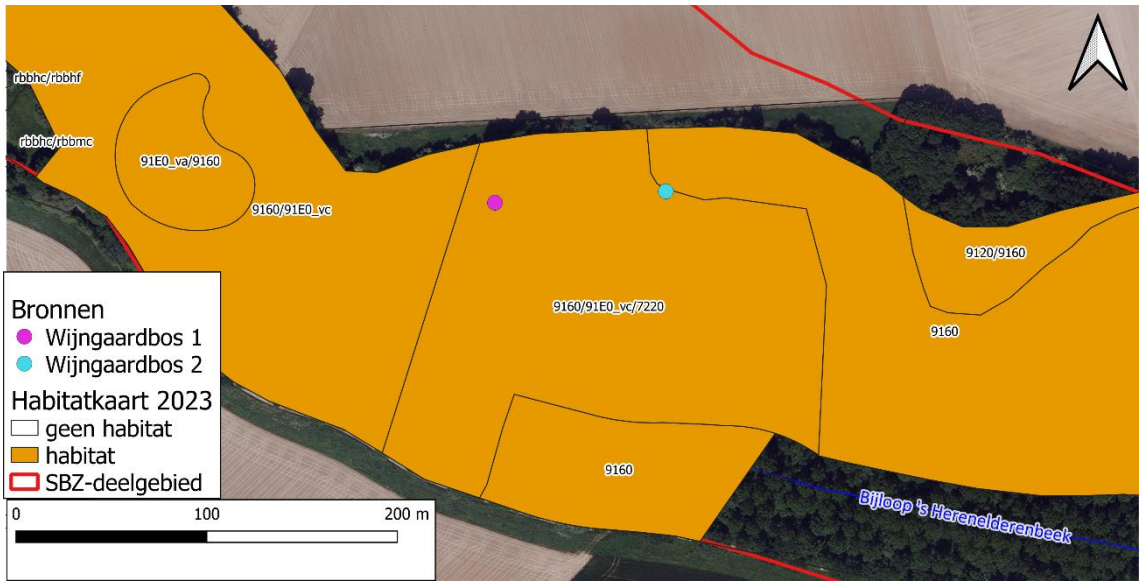
Figuur 84: Infiltratiegebied van het brongebied van het Wijngaardbos.



Figuur 85: Reistijden van het grondwater in het bronnengebied van het Wijngaardbos.

8.5.4 Vegetatietypering

Aan Wijngaardbos 2 zijn twee vegetatieopnames gedaan (zie bijlages). Eén in de bronzone zelf en één in de bosvegetatie aansluitend bij de bronzone. In de bronzone zelf stond slechts één soort mos, namelijk Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*). De bosvegetatie zelf is een combinatie van eiken-haagbeukenbos (9160) en elzen-essenbronbos van bronnen en bronbeekjes (91E0_vc). In de kruidvegetatie komt o.a. Bosanemoon, Boszegge, Reuzenpaardenstaart, Slanke sleutelbloem en Gelderse roos voor.



Figuur 86: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Wijngaardbos.

8.5.5 Lokale staat van Instandhouding

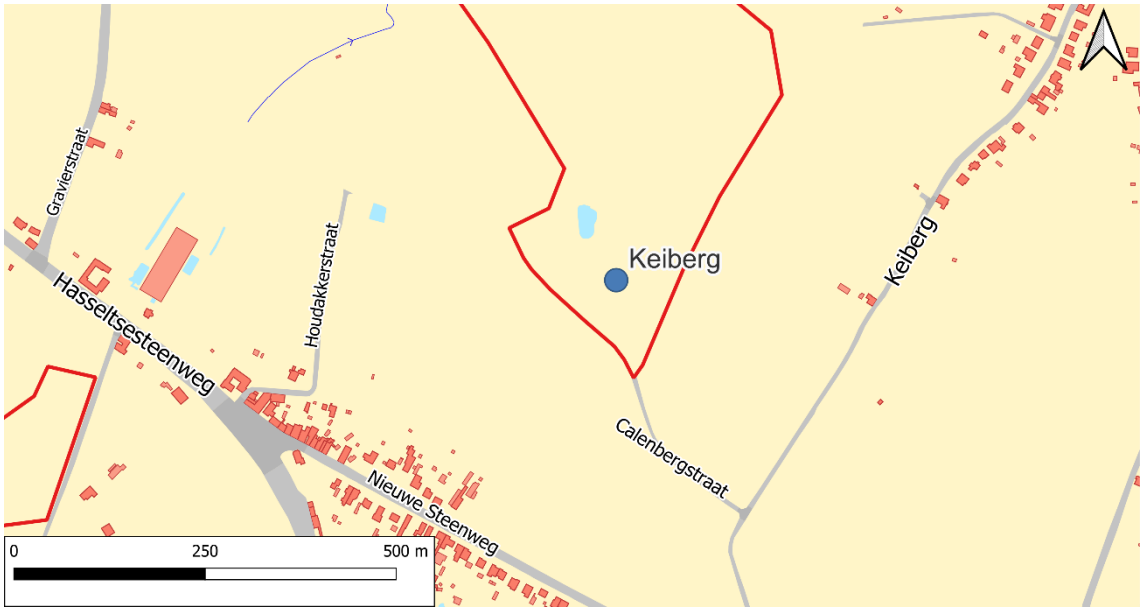
De lokale staat van instandhouding is bepaald voor de bronzone aan Wijngaardbos 2. Dit is momenteel de grootste bronzone aanwezig in dit gebied met een totale oppervlakte van 433 m^2. De mosvegetatie heeft een relatief hoge bedekking maar het betreft slechts één sleutelsoort (Gewoon diknerfmos). Op vlak van verstoring wordt dit habitat sterk bedreigd door structuurschade aangericht door everzwijnen en betreding van de mens. In het bos lag her en der afval. Tenslotte zijn er ook wel wat draadalgen waargenomen op verschillende plekken in de bronzone, ook hier voldoet het dus niet aan de voorwaarde. Alles bij elkaar genomen bevindt deze bron zich dus in een ongunstige staat van instandhouding.

Tabel 16: Beoordelingsmatrix van de Wijngaardbossen met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	**Gunstige staat**	**Huidige staat**	**Voldoet**
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*)	NEE
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	20% bedekking	JA
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	50%	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	veel verstoring door everzwijnen, betreding en sporadisch wat afval aanwezig	NEE
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	occasioneel algen aanwezig	NEE

8.6 DE KEIBERG (BRON 6, BOLDERBERG-BRON)

De bron van de Keiberg ligt in Riksingen, een deelgemeente van Tongeren en bevindt zich in een deelgebied van het habitatrichtlijngebied BE2200038-23: Bossen en kalkgraslanden van Haspengouw. Dit SBZ-deelgebied heeft een oppervlakte van 26.5 hectare. Een 600-tal meter naar het zuiden ligt de bron van Tongeren-Noord. Aan de Keiberg komt het grondwater eerder diffuus aan het oppervlak. Het gaat hier dus niet om een puntbron maar om een diffuse zone die afgeleid wordt in een vermoedelijk door de mens aangelegd stelsel van grachtjes. Het grondwater komt in het zuiden aan het oppervlak en stroomt naar het noorden de helling af.

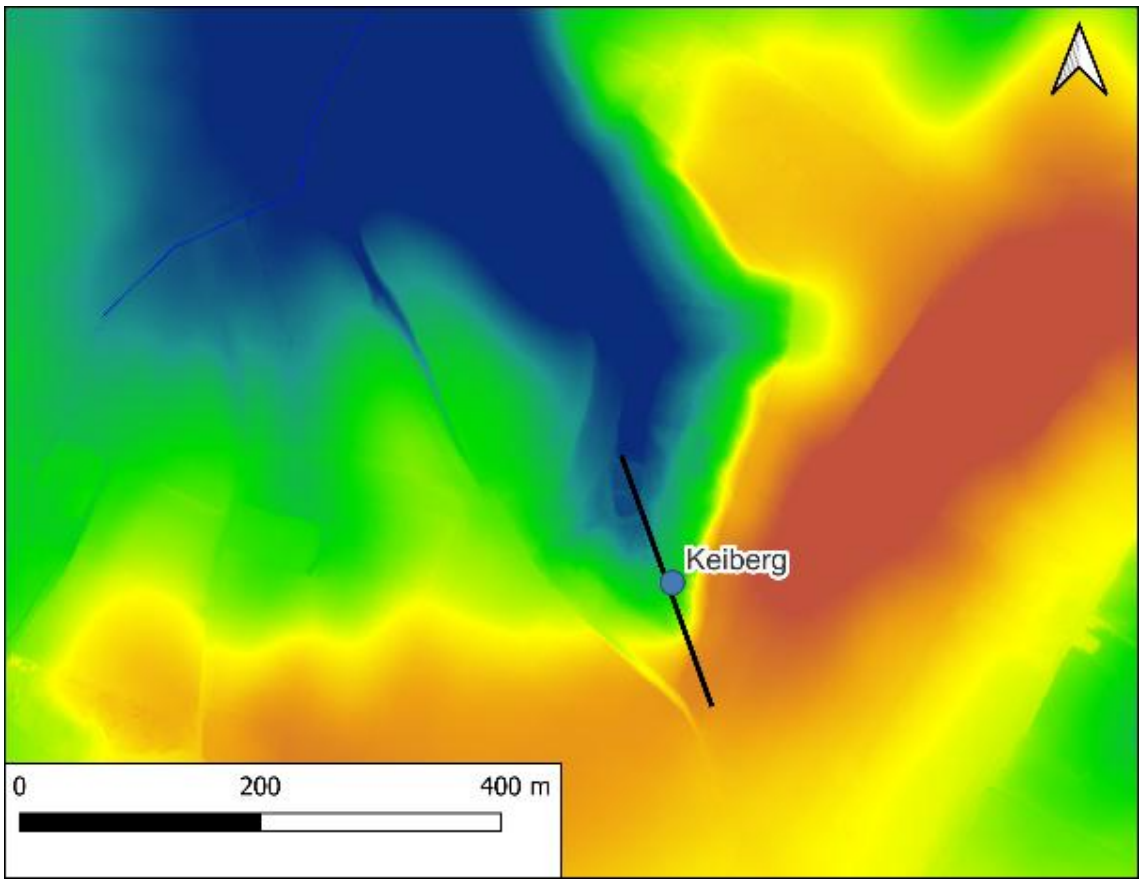


Figuur 87: Situering van de te onderzoeken bronlocatie van de Keiberg op de GRB-basiskaart.

8.6.1 Topografie en Hydrografie

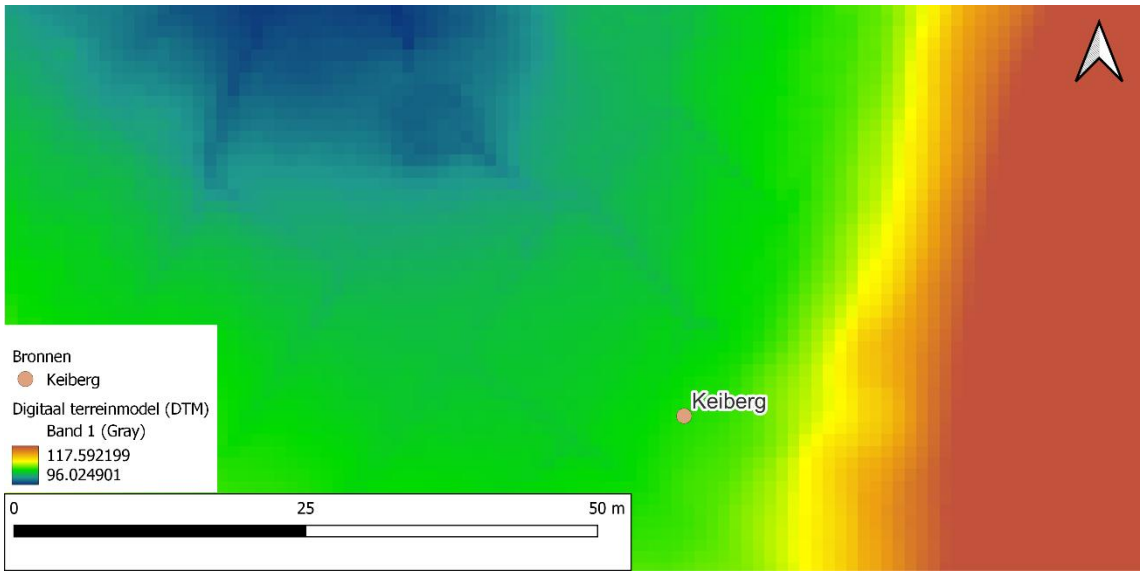
De Keiberg ligt ten oosten van de bronzone. Het gaat hier om een concave inkeping van de grote heuvelrug die helemaal van Tongeren tot Romershoven loopt. De bronnen van het Hasselbos, Wijngaardbos, de Gerlabeek en Werm liggen allemaal op de hellingen van dit plateau. Vlak bij de bron (en het SBZ-deelgebied) ligt landbouwgebied. In de wijdere omgeving ligt er meer urbaan gebied (Tongeren in het zuiden, Riksingen in het noordoosten). Het bronbeekje dat gevormd wordt door de bron loopt door naar een poeltje. Het water loopt verder naar het noorden in een onbenoemd grachtje dat uitgeeft in een zijtak van de Lerebeek.

Belangrijk om weten is dat hier destijds een vrij grote zandwinning heeft plaatsgevonden, waarbij de top van de heuvel nagenoeg volledig werd afgegraven (Zand van Bolderberg). Dat zand werd vermoedelijk afgegraven tot op het grondwaterniveau, net boven de kleilaag waarop het water afstroomt.



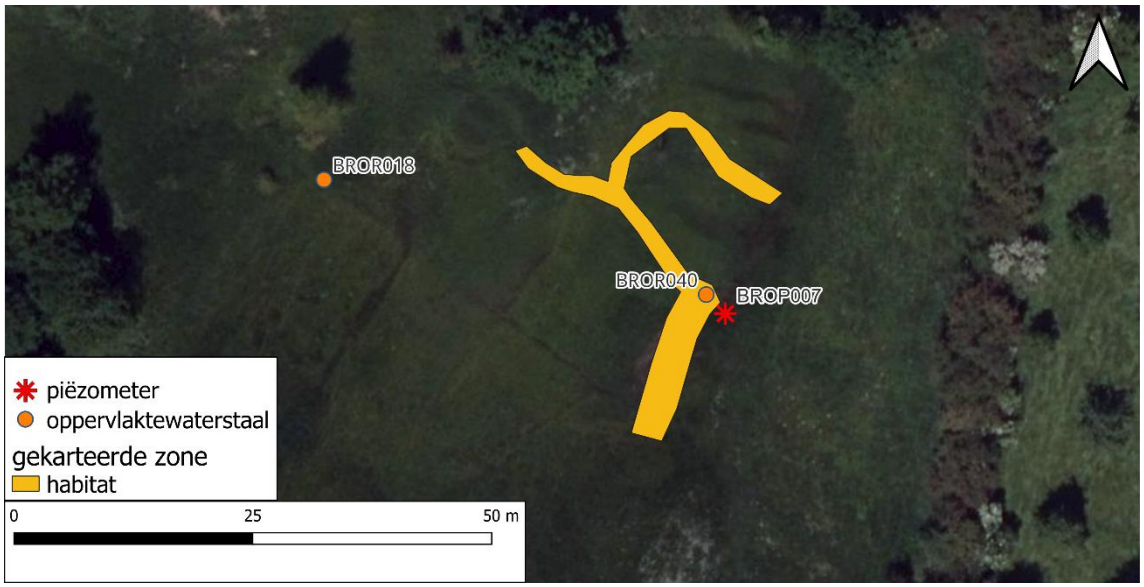
Figuur 88: Detailtopografie in de omgeving van de Keiberg met aanduiding van het dwarsprofiel. (uit DHM Vlaanderen II).

De bronlocatie bevindt zich ongeveer halverwege de helling. De kwelzone ligt op een hoogte van ongeveer 99 m T.A.W.. Het maaiveld aan de piëzometer ligt op 99.77 m T.A.W..



Figuur 89: Detailtopografie t.h.v. de Keiberg bron (uit DHM Vlaanderen II).

Op Figuur 90 wordt de ingemeten bronzone weergeven. De bronzone bestaat uit een brede diffuse bronzone die overgaat in een aantal bronbeekjes in deels aangelegde grachtjes. De rastervormige architectuur van de greppels doet vermoeden dat het erg moeilijk moet zijn geweest om deze zone te ontwateren en geschikt te maken voor een hooiland- of graslandbeheer (zie Figuur 89). De totale oppervlakte van de bronzone bedraagt ongeveer 151 m^2.



Figuur 90: Ingemeten bronzone van de Keiberg met aanduiding van de piëzometer BROP007 en bronbeekwatermeetpunten BROR018 en BROR040.

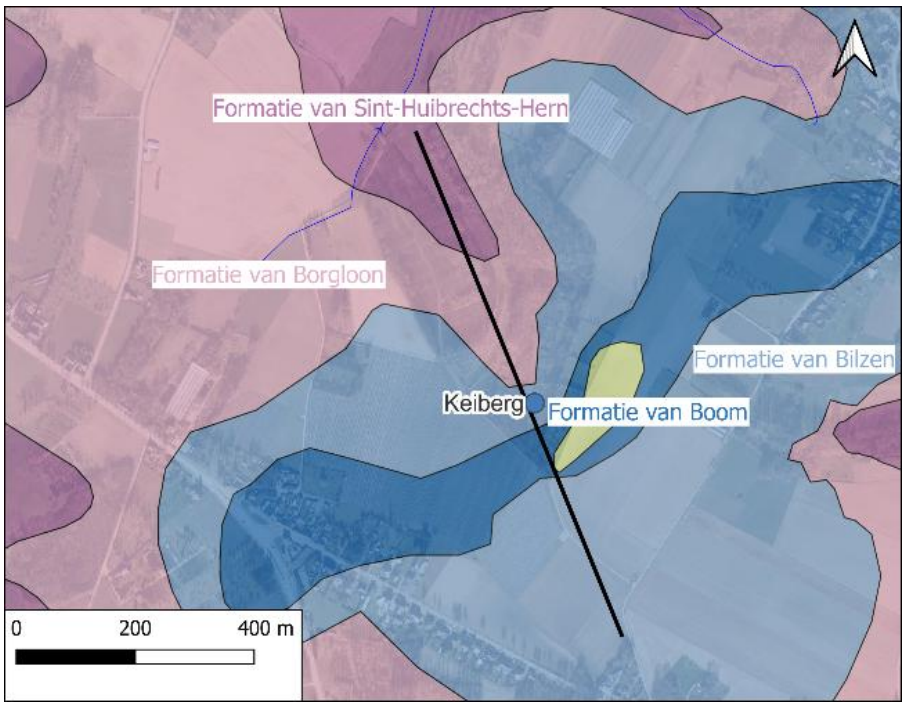
8.6.2 Geohydrologie

Op Figuur 91 worden de tertiaire geologische lagen op en in de omgeving van de Keiberg weergeven. Wederom gaat het hier om een plateau waarop de Formatie van Bilzen (hier tot 14 m dikte) ligt. De Formatie van Boom, die in Figuur 91 weergegeven is, is hier volgens recentere geologische 3D-modellen (hier: versie 3.1) niet aanwezig. Uit een historische boring (met een lengte van slechts 1m10 uit 1881) op de helling aan de bron zou de Formatie van Bolderberg aanwezig zijn in de bovenste meter van de ondergrond. De onderste 10 cm van de boring werd toen aangeduid met de Formatie van Eigenbilzen. Later zijn er andere interpretaties gekomen die allemaal een iets ander verhaal geven. In dit rapport wordt de weergave zoals in Figuur 92 gevolgd. Op de helling en verder de vallei in ligt een rest van de formatie van Bilzen boven op de Formatie van Borgloon (tot 13.5 m dikte). Verder naar beneden (onder het onderste deel van de formatie van Borgloon (met name de klei van Henis) ligt de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (tot 30 m dikte). De bovenste bronzone ligt nog in de (zandige en mineraalarme) formatie van Bolderberg, met daaronder (vermoedelijk) nog een dun laagje van de formatie van Boom (Klei) iets onder de scheiding van de Formatie van Bilzen en Borgloon te liggen.

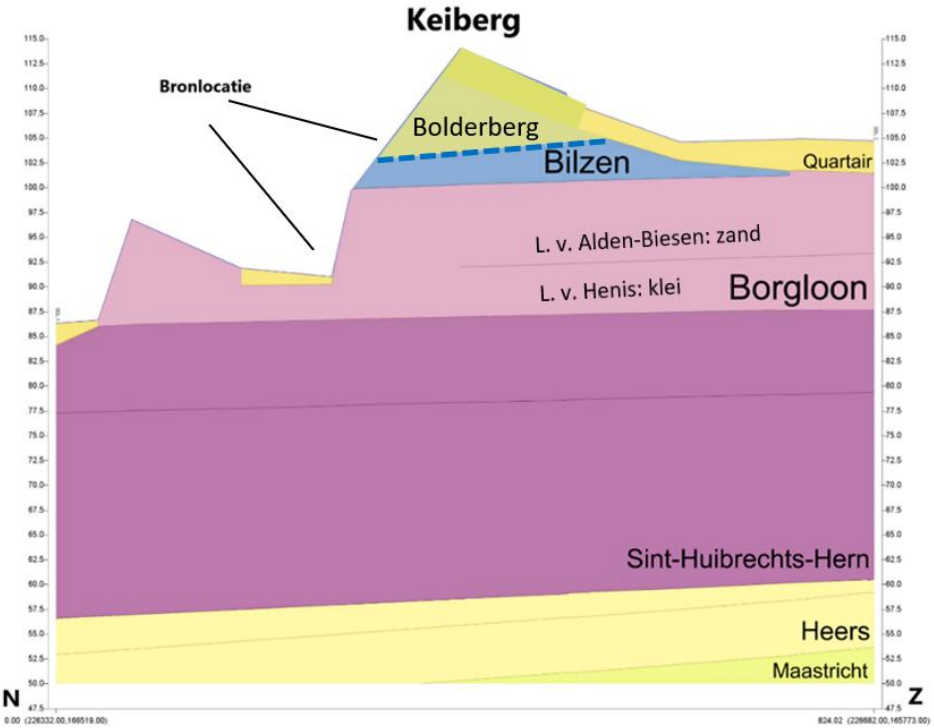
Gezien de wel erg mineraalarme samenstelling van het grond- en bronwater in het bovenste bronniveau, is de dwarsdoorsnede in Figuur 92 aangepast (als de website van DOV gebruikt wordt, is er op de heuveltop aleen maar de formatie van Bilzen te vinden. Dat werd dus actief anders ingekleurd. De bijzonder lage concentraties van bv. calcium en magnesium (zie Tabel 17) leiden tot de overtuiging dat hier nog een “eilandje” notoir mineraalarme zanden van Bolderberg (zoals het groene vlekje op de Figuur 91 suggereert), moet aanwezig zijn. Als het geen zanden van Bolderberg zijn, dan moeten de zanden van Bilzen hier nagenoeg volledig

ontkalkt zijn om dergelijke lage concentraties aan mineralen te laten zien in het bronwater. Er is voor de eerste verklaring gekozen. Het gaat hier om een zgn. “Bolderberg-bron” (en lager op de helling om een “Bilzenbron”).

Op Figuur 92 wordt de geologische dwarsdoorsnede t.h.v. de Keiberg weergeven. De bronzone situeert zich op een hoogte van ongeveer 100 m T.A.W



Figuur 91: Overzicht van de tertiaire geologische lagen aan de Keiberg met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 92).

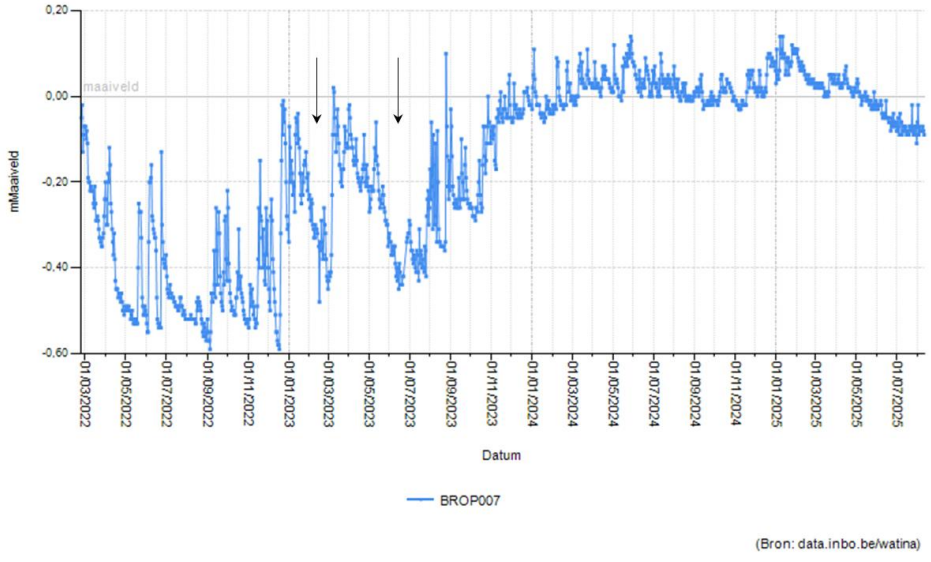


Figuur 92: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. de Keiberg (geïnterpreteerd van https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 91.

8.6.3 Grondwater

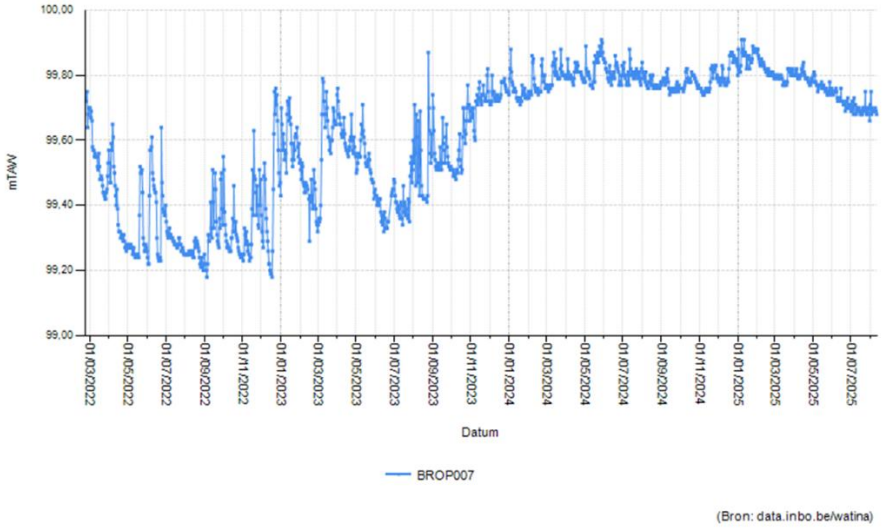
8.6.3.1 Grondwaterpeilen

Op Figuur 93 wordt de tijdreeks van de grondwaterpeilmetingen in meter maaiveld van meetpunt BROP007 weergeven. De bemeten periode start op 24 februari 2022. Er lijkt een zwakke seizoenale fluctuatie te zijn op de tijdreeks. De neerslagpieken zijn hier echter enorm groot.



Figuur 93: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP007 met aanduiding van het tijdstip van de debietmeting in het bronbeekje van Keiberg.

Het grondwater fluctueert over de gemeten periode tussen het maaiveld en 0.60 m onder het maaiveld. Zowel in de zomer als de winter kan het grondwaterpeil zeer sterk fluctueren. Aangezien het grondwater zeer sterk beïnvloed wordt door neerslag, zal het infiltratiegebied eerder klein en nabijgelegen zijn. Neerslag zal hier snel infiltreren en terug uittreden als grondwater. Vanaf 2024 lijkt het grondwater voor langere periode tegen en boven maaiveld te staan.



Figuur 94: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP007) van Keiberg.

Het maaiveld aan de piëzometer bevindt zich op een hoogte van 99.77 m T.A.W.. Het grondwater zakt hier weg tot ongeveer 99.20 m T.A.W.. Er zijn duidelijke en grote neerslagpieken te zien op de tijdreeks. Het grondwater aan de bron staat dus onder sterke invloed van neerslag dat infiltreert in het (vermoedelijk erg kleine) infiltratiegebied.

8.6.3.2 Grondwaterkwaliteit

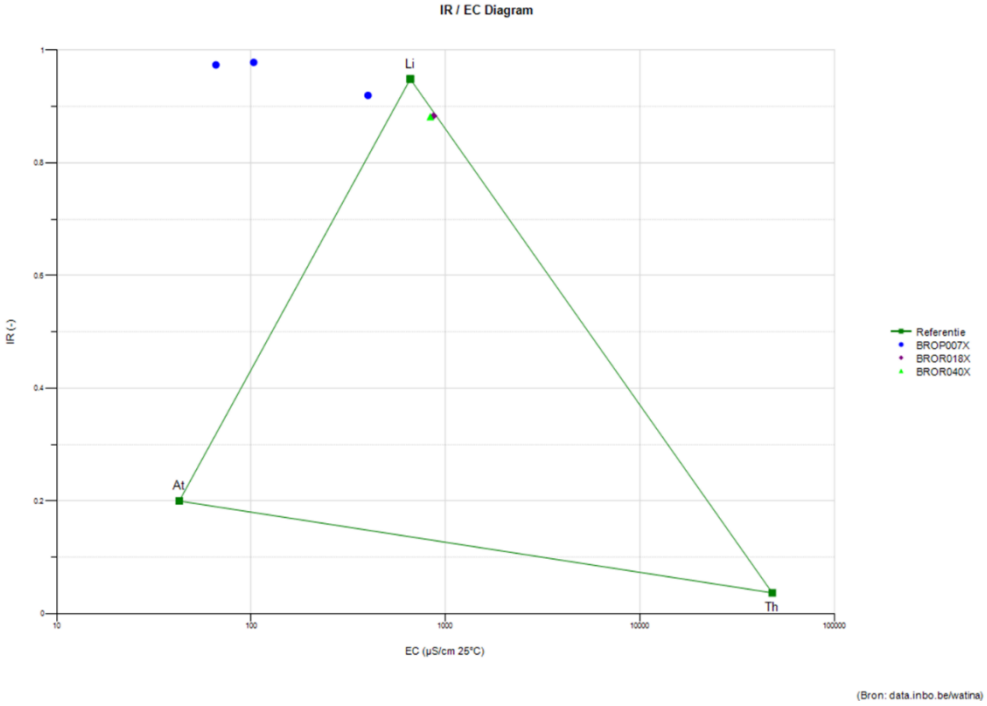
Tabel 17 bevat de chemische analyses voor het grondwater aan BROP007. In totaal zijn er drie grondwaterstalen genomen (16/2, 16/5 & 22/8/2023) uitgevoerd. In het verleden (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012) zijn hier bronbeekstalen genomen, maar niet in het bovenste bronniveau, maar wel in de bronbeek een aantal meter lager dan het bovenste bronniveau (BORO040) en in een bronbeek nog veel lager op de helling (BRORO18). Dat sterk afwijkende chemische samenstelling van deze beide bronbeekstalen, is de aanleiding voor de initiële verwarring over de herkomst van het bronwater (zie verder).

Tabel 17: Chemische analyses voor grondwaterstalen (BROP007) en bronbeekwaterstalen (BRORO18 & BRORO40) uit de Keiberg.

Datum	Meetpunt Code	EC_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
19/04/2011	BRORO18	868	7,9	415	7,29	0,030	0,11	0,035	65	35,2	10,2	0,2	151,0	22,80	0,05	-
06/09/2011	BRORO40	834	6,7	305	18,03	0,015	0,22	0,016	77	31,6	14,2	2,5	134,0	18,80	0,05	-
16/02/2023	BROP007	103	5,9	25	0,12	0,015	0,02	0,015	22	0,5	4,4	0,1	12,3	1,64	1,06	0,05
16/05/2023	BROP007	66	5,7	22	0,05	0,015	0,08	0,015	9	0,4	2,9	0,2	8,1	1,12	0,79	0,05
22/08/2023	BROP007	399	6,4	178	2,60	0,014	0,02	0,015	39	8,1	15,2	1,1	52,8	10,04	11,64	0,05

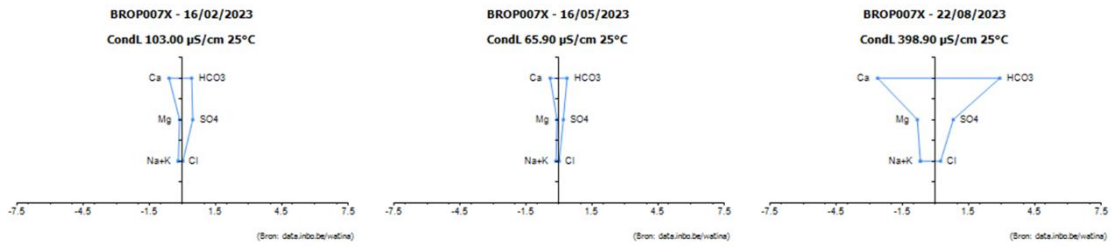
De grondwaterstalen hebben allemaal een te lage elektrische geleidbaarheid om van voeding uit de formatie van Bilzen te kunnen spreken. Vandaar het vermoeden dat hier toch een eilandje zand van Bolderberg aanwezig is. Als het water uit de Formatie van Bilzen zou komen dan zou de mineraalrijkdom veel hoger moeten zijn. De bronbeekstalen die in 2011 genomen werden (slechts een paar meter lager) in de bronbeek (BROR040), stroomafwaarts van BROP007 vertonen wel (veel) hogere elektrische geleidbaarheden (en dito mineralenconcentraties). Hier is dus meer dan waarschijnlijk sprake van bijmenging met water van de “volgende”, lager gelegen watervoerende laag, de formatie van Bilzen en Sint-Huibrechts-Hern.

Figuur 95 geeft het IR/EC diagram van de grondwaterstalen uit BROP007 en de oppervlaktewaterstalen uit BROR018 en BROR040. Het grondwater uit BROP007 heeft een lithotroof karakter (ze zitten bovenaan in het diagram) maar omwille van de erg lage elektrische geleidbaarheid zijn ze sterk naar links verschoven. De laatste meting van 22 augustus 2023 geeft een iets elektrische geleidbaarheid. De oppervlaktewaterstalen liggen dan weer wel in het verwachte bereik van mineraalrijk grondwater, wat de stelling van twee watervoerende pakketten ondersteund.

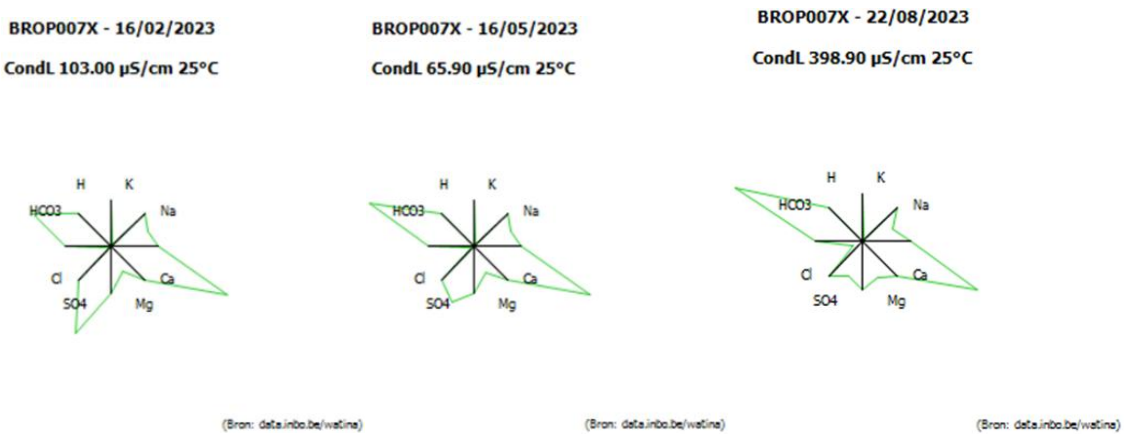


Figuur 95: IR/EC-diagram van alle grondwater- (BROP007) en bronbeekwaterstalen (BROR018 & 040) op de Keiberg.

Figuur 96 en Figuur 97 geven de Stiff en Maucha diagrammen weer van het grondwater uit BROP007. Het Stiff diagram is bij de twee eerste metingen bijna een verticale streep. Hier ontbreekt dus de typische concentraties bicarbonaat en calcium. Op de Maucha diagrammen blijkt een relatief grotere hoeveelheid sulfaat aanwezig maar het betreft dus geen hoge concentraties.

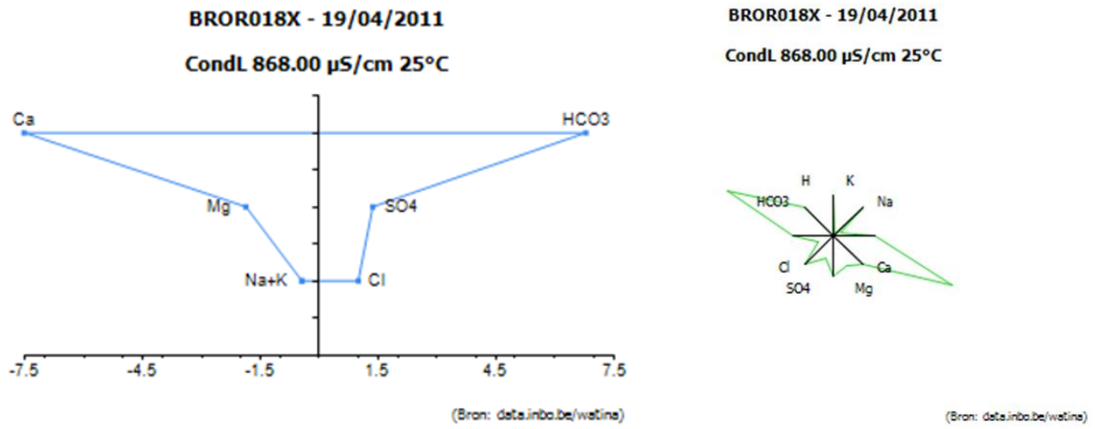


Figuur 96: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP007.

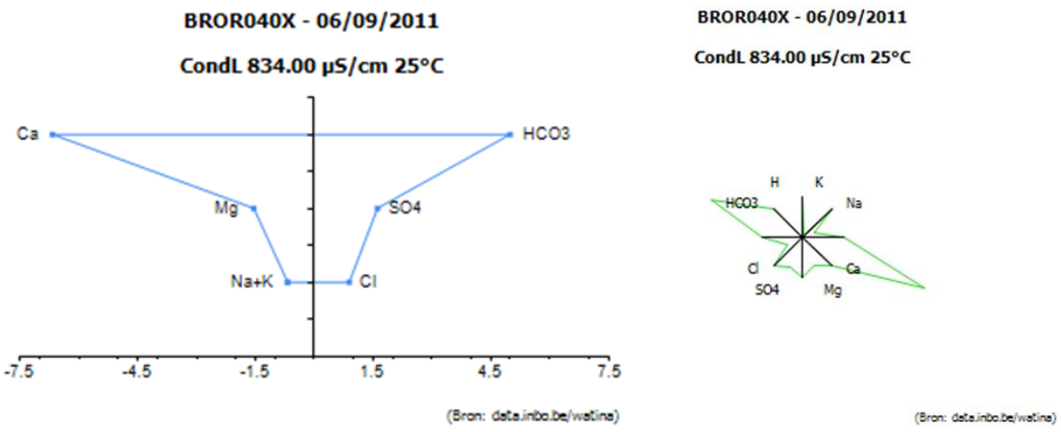


Figuur 97: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP007.

Figuur 98 en Figuur 99 geven de Stiff en Maucha diagrammen weer voor de oppervlaktewaterstalen uit 2011. Deze komen overeen met het typische mineraalrijke profiel. Beide stalen lijken ook wat verhoogde sulfaatconcentraties te hebben. BROR040 werd iets hoger op de helling genomen dan BROR018 maar er lijkt weinig verschil te zijn tussen de twee.

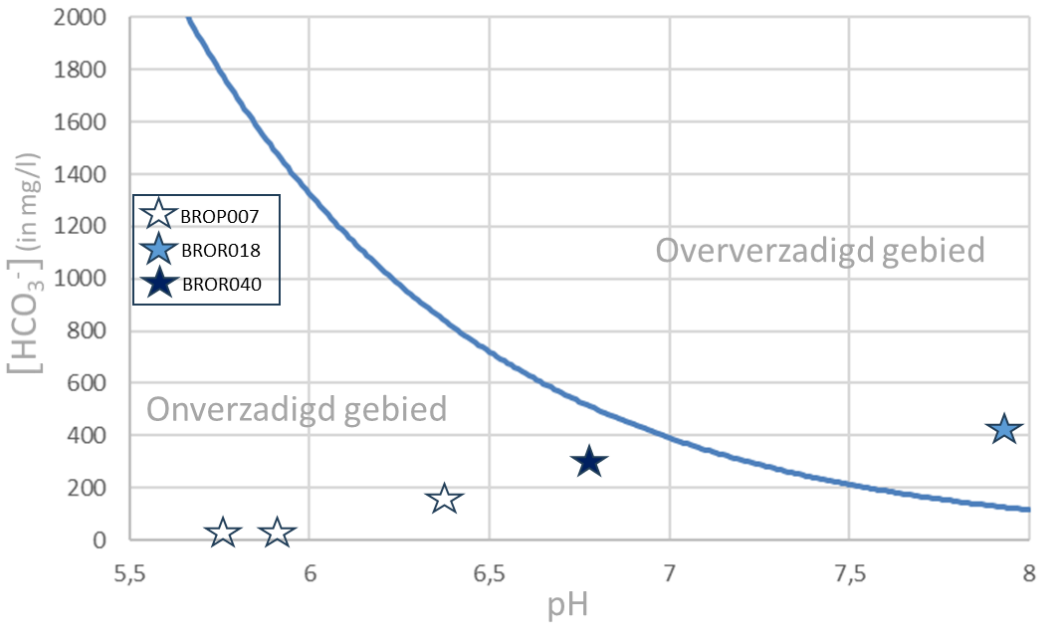


Figuur 98: Stiff en Maucha diagram voor oppervlaktewater uit BROR018.



Figuur 99: Stiff en Maucha diagram voor oppervlaktewater uit BROR040.

Het is dus niet verwonderlijk dat in deze bronnen helemaal geen sprake is van kalktufafzetting, wat op basis van de bicarbonaatverzadigingsgraad (Figuur 100) ook zo goed als uitgesloten is. Enkel het bronbeekwater van het punt onderaan de helling (BROR018) vertoont wat sporen van kalktuf. Dat water lis dan ook bicarbonaat-oververzadigd.



Figuur 100: Situering van de Keiberg grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

Er werd voor geen enkele meting nitrietstikstof gemeten. Enkel de meting uit BROR040 had een iets verhoogde wateroplosbare fosfaten concentratie. De (schijnbaar) hogere waarden voor orthofosfaat in BROR018 zijn te wijten aan de toenmalige (hogere) bepaalbaarheidsgrenzen van de labo-apparatuur.

Nitraatstikstof werd wel gemeten in aanzienlijke concentraties in de bronbeekwaterstalen uit 2011. De nitraatvervuiling lijkt hier in het laatste decennium dus verbeterd, aangezien er in het

grondwater zeer lage concentratie gemeten werden. Enkel in augustus 2023 is een lichte verhoging vastgesteld (2.58 mg N/l). Ammonium concentraties zijn erg laag in alle stalen.

De sulfaatconcentratie in het grondwater is hier, naar Vlaamse norm, zeer laag in de grondwaterstalen. In het oppervlaktewater werd in 2011 iets verhoogde waarden gemeten. Ook chloor is amper aanwezig in het grondwater. Wederom liggen de concentraties van het oppervlaktewater iets hoger. Andere mineralen zijn minder afwijkend.

8.6.3.3 Debietmetingen en bepaling van het equivalente infiltratiegebied

In totaal werden twee debietmetingen (14/02/2023 en 12/06/2023) genomen helemaal onderaan de bronzone, het gemeten debiet omvat dus de gehele bronzone en niet enkel het de zone waarin de piëzometer geplaatst is. De hoogste debietmeting bedroeg 29.5 mm op 14/02/2023, deze werd gebruikt om het equivalente infiltratiegebied te bepalen.

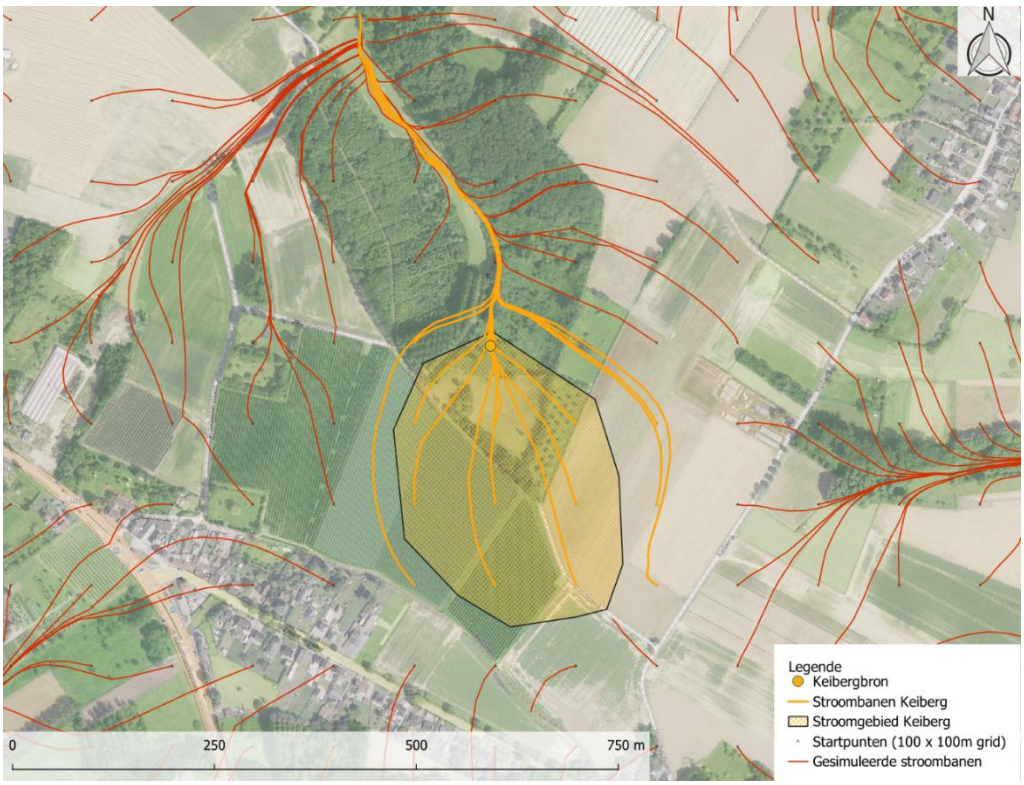


Afbeelding 6: Debietmeting beneden aan de helling van de Keiberg bronzone.

De uiteindelijke oppervlakte van het infiltratiegebied bedraagt 3.17 hectare. De gebruikte grondwatervoeding voor dit gebied bedroeg 220 mm/jaar. Ook hier lijkt het infiltratiegebied grotendeels in landbouwgebied te liggen.

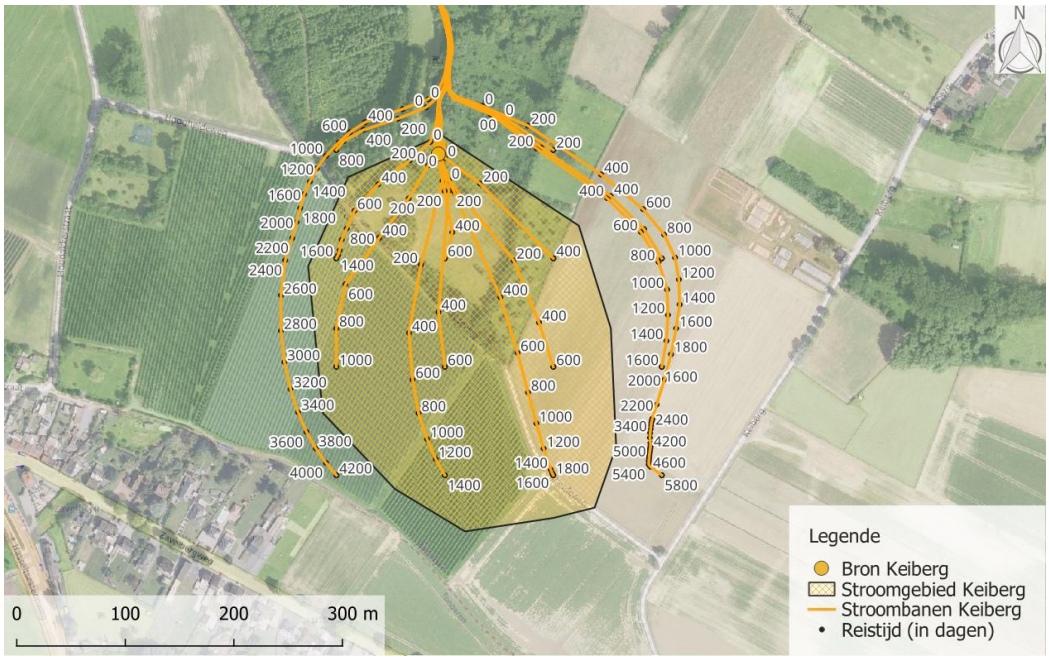
8.6.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

Via de stroombaananalyse in Figuur 101 wordt een infiltratiegebied met een oppervlakte van ca. 7,6 ha afgebakend. Dit bevindt zich ten zuiden van de bron. De Keibergbron is het beginpunt van een grotere bronzone die zich naar het noorden uitstrekt



Figuur 101: Stroomgebied van de bron aan de Keiberg.

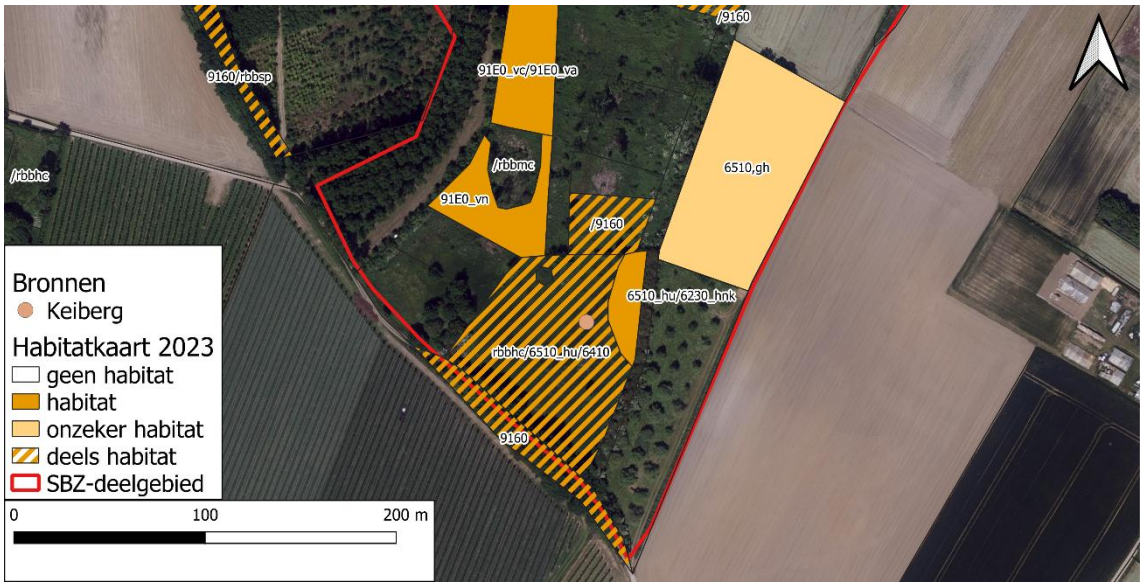
De reistijden tussen het infiltratiegebied en uittreding in het bronnengebied bedragen maximaal ca. 5 jaar, maar de voor punten die verder in het brongebied aan het oppervlak komen, kan de reistijd oplopen (zie Figuur 102).



Figuur 102: Reistijd van het infiltratiegebied naar de bron.

8.6.4 Vegetatietypering

De bronzone van de Keiberg bevindt zich in een complex van dotterbloemgrasland (rbbhc) en soortenrijk glanshavergrasland (6510_hu). In de buurt liggen nog wat percelen valleibos (91E0). De bronzone bevat een vlakke, drassige zone zonder kalktuf. In de totale bronzone (150 – 170 m^2) komen een heel aantal mossen voor: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*), Gewoon puntmos (*Calliergonella cuspidata*), Haarspitsmos (*Cirriphyllum piliferum*), Geel boogsterrenmos (*Plagiomnium elatum*), Gewoon kantmos (*Lophocolea bidentata*) en Gesnaveld boogsterrenmos (*Plagiomnium rostratum*). Gewoon puntmos komt verreweg het meest voor en staat praktisch overal in de bronzone. Iets lager op de flank ligt een oude kapvlakte waarin eveneens diffuse bronzones liggen met Reuzenpaardenstaart, Gewoon diknerfmos en Bittere veldkers.



Figuur 103: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de Keiberg.

8.6.5 Lokale staat van Instandhouding

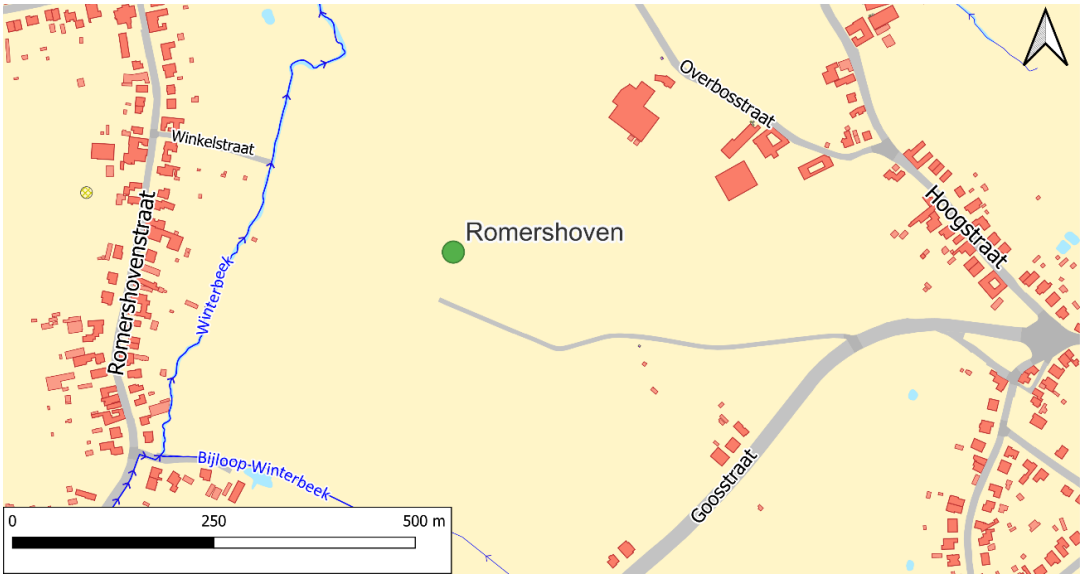
De bron aan de Keiberg bestaat een diffuse kwelzone op de helling die verder uitgeeft in een bronbeekje. Het uittredend water stroomt door het drainagestelsel aanwezig op de helling. Op het drassige plateau bovenaan, is er geen sprake van kalktuf (gezien de chemische samenstelling van het bronwater), maar lager op de helling is er dus wel mogelijkheid (andere chemische samenstelling!). Met een totale oppervlakte van 151 m^2 en het beperkte (topografisch lager gelegen) deel waar wel mogelijkheid is voor kalktufafzetting, is de bedekking van voor het habitat 7220 kenmerkende mossoorten relatief laag. Qua habitatstructuur en verstoring scoort deze bronlocatie wel goed. Samenvattend kunnen we dus op basis van de beoordelingsmatrix deze bron een goede staat van instandhouding toekennen.

Tabel 18: Beoordelingsmatrix van de Keiberg bron met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*)	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	> 1 % bedekking	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	lokaal 65 % bedekking	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen zandafzetting	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	geen overbetreding/afval	JA
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	geen draadalgen	JA

8.7 ROMERSHOVEN (BRON 7, BILZEN-BRON)

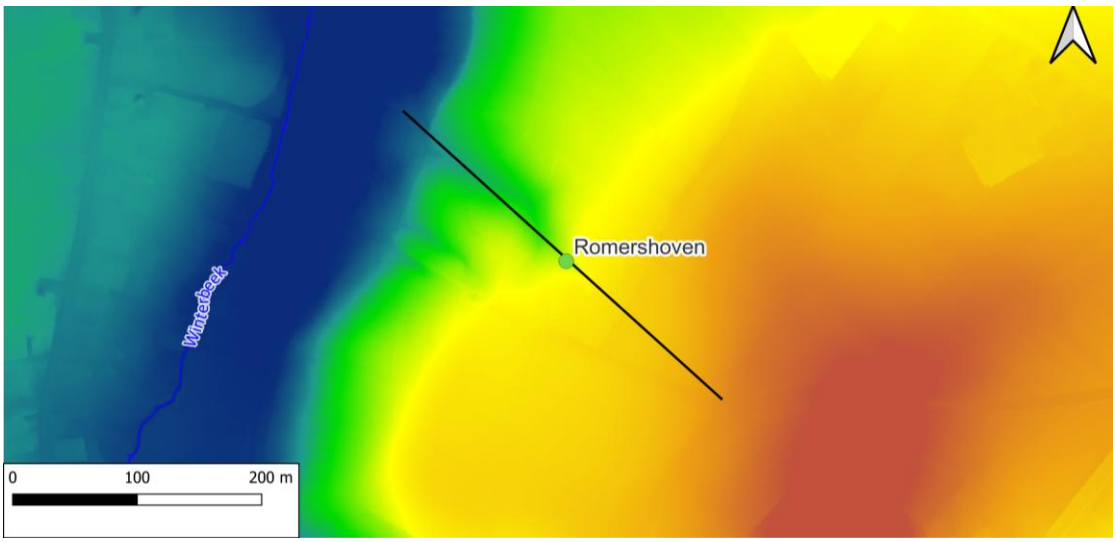
De bron aan Romershoven ligt ten oosten van het gelijknamig dorp (Romershovenstraat op Figuur 104) en ten westen van Hoeselt. De bronzone ligt in een hellingbosje dat geen deel uitmaakt van een habitatrichtlijngebied.



Figuur 104: Situering van de bron aan Romershoven op de GRB-basiskaart.

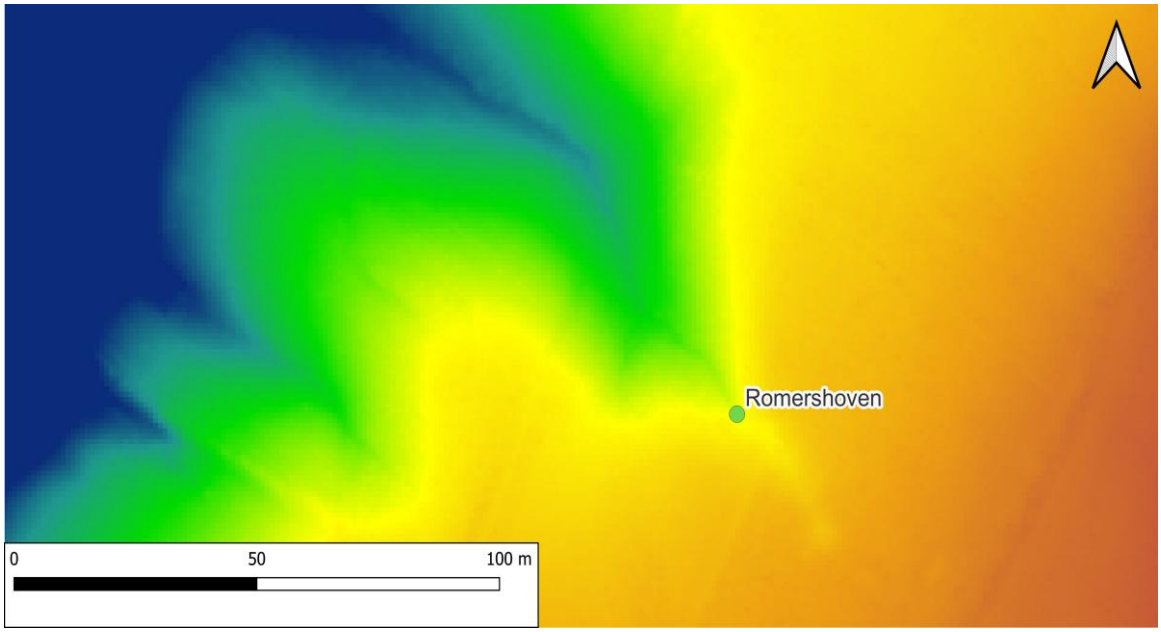
8.7.1 Topografie en Hydrografie

In Figuur 105 wordt de detailtopografie rond de bron aan Romershoven weergeven. De bron ligt aan de rand van het plateau waar Hoeselt op gelegen is. De achterwaartse insnijding in de valleiflank die gevormd wordt door het bronbeekje is duidelijk zichtbaar op de figuur. Ter hoogte van de bron komt ook een buis uit die vermoedelijk drainagewater vanuit hoger gelegen landbouwpercelen afvoert.



Figuur 105: Detailtopografie in de omgeving van Romershoven met aanduiding van het dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II).

Het bos wordt aan de westzijde begrensd in het westen door de Winterbeek en in het oosten door landbouwpercelen op het plateau. Het bronhoofd bevindt zich op een hoogte van ongeveer 73.9 m T.A.W.. De piëzometer BROP008 staat iets hoger op een hoogte van 74.9 m T.A.W.. De bron bevindt ongeveer halverwege de helling en vormt een vrij smal bronbeekje met een kleine bronzone. Het uittredende bronwater vormt een bronbeekje dat de helling afloopt in de Winterbeek. Het bronbeekje valt stil in de zomer, het gaat dus om een niet permanente bron.



Figuur 106: Detailtopografie in de omgeving van BROP008 (uit DHM Vlaanderen II).

In Figuur 107 wordt de ingemeten bronzone aan Romershoven weergeven. De bronzone bestaat uit een hoger gelegen bronhoofd dat uitgeeft in een bronbeekje en een naastgelegen kleiner, tweede bronhoofd dat vrijwel meteen uitgeeft in hetzelfde bronbeekje. De totale oppervlakte bedraagt 74 m^2. Er is amper kalktuf en mosvegetatie aanwezig. Deze bron wordt daarom niet getypeerd als habitattype 7220.

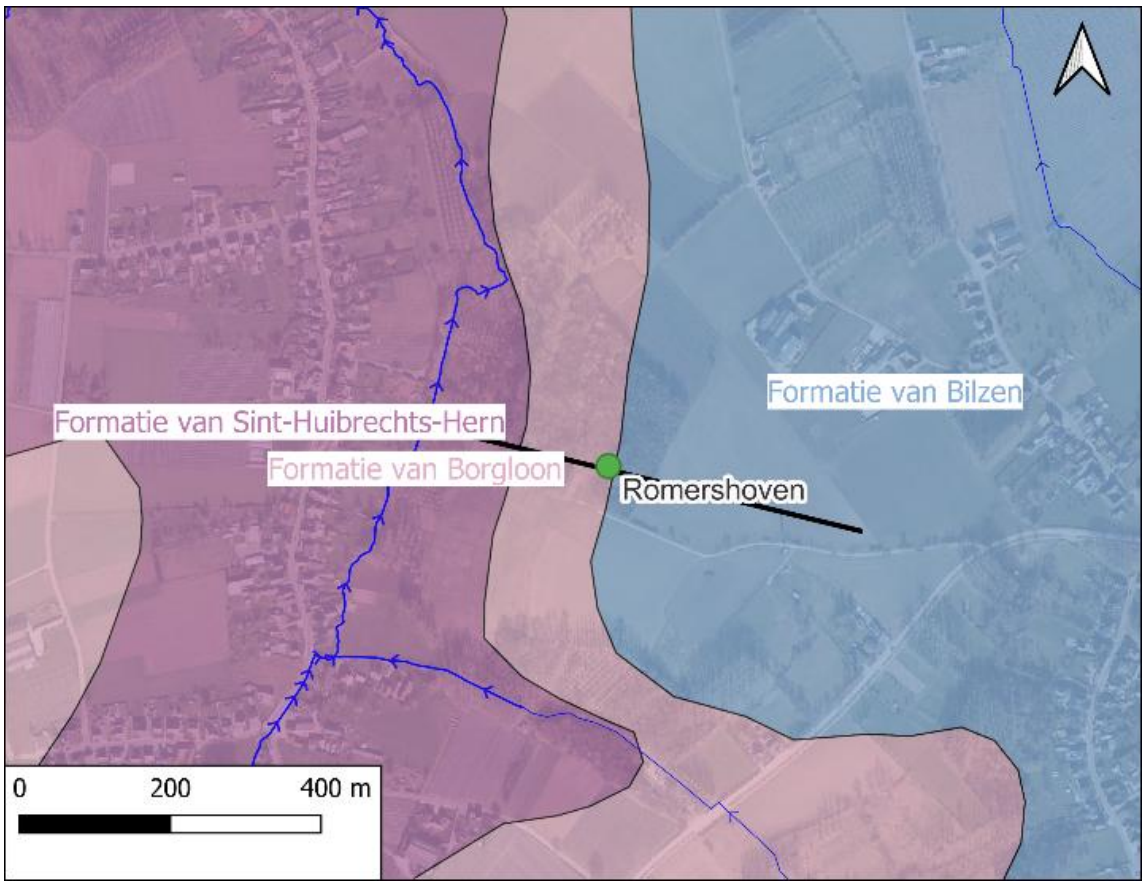


Figuur 107: Ingemeten bronzone aan Romershoven met aanduiding van piëzometer BROP008.

8.7.2 Geohydrologie

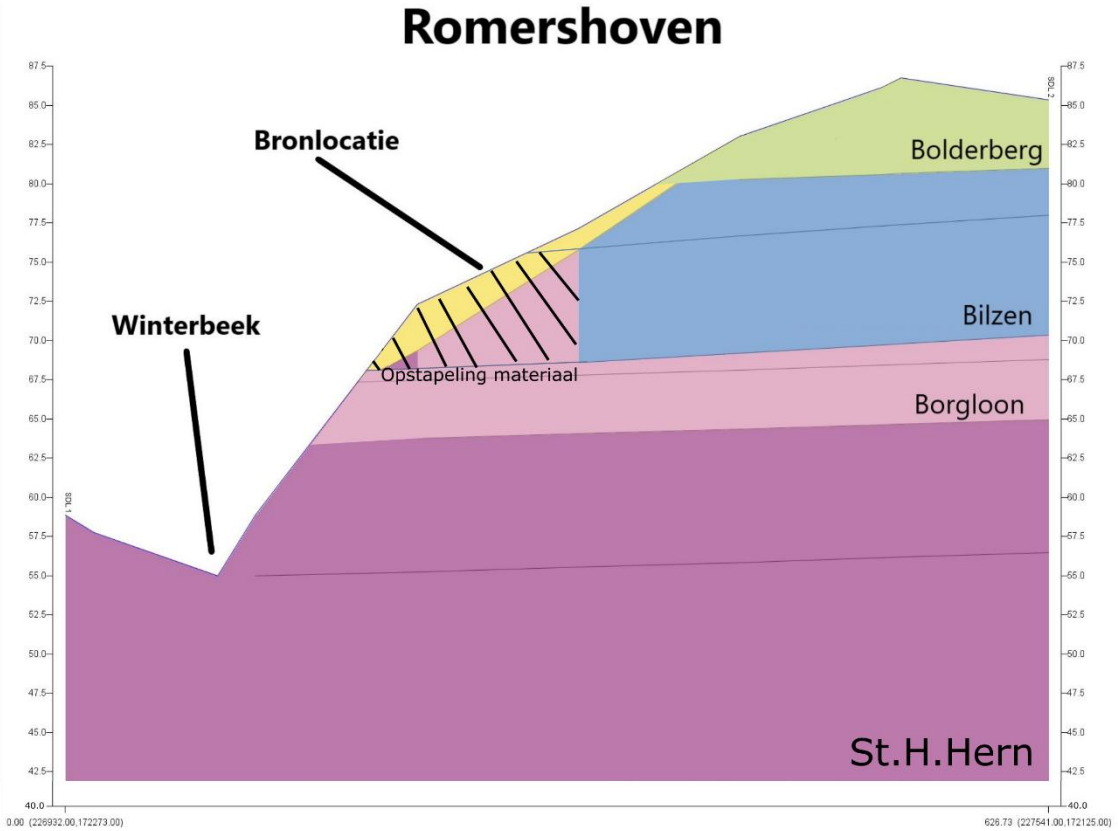
Het bronhoofd van de bron aan Romershoven lijkt op de scheiding te liggen van de Formatie van Borgloon en de Formatie van Bilzen. De Formatie van Bilzen is hier tot 11 meter dik en bestaat uit twee leden. Het bovenste lid is hier het lid van Kleine Spouwen dat bestaat uit grijze kalkrijke klei (tot 4 m). Het onderste lid is het lid van Berg en bestaat uit zand met schelpfragmenten (tot 7 m). Hieronder ligt de Formatie van Borgloon (tot 5 m) met bovenaan het lid van Alden Biesen (tot 1 m) bestaande uit kalkrijk zand met laagjes compacte klei. Hieronder ligt het lid van Henis (tot 4 m) dat voornamelijk bestaat uit klei met zand. Het bronwater stroomt af op die klei van Henis. Er ontstaat zo een bronbeekje dat een honderdtal meter verder weer in de ondergrond verdwijnt.

Figuur 109 geeft de geologische dwarsdoorsnede ter hoogte van de bron weer. Er zijn meteen enkele belangrijke verschillen te zien in vergelijking met Figuur 108. Bovenaan de helling wordt de Formatie van Bolderberg weergeven. Deze formatie bestaat uit het lid van Houthalen, heeft een dikte van maximum 5 meter en bestaat uit fijn tot middel zand met glauconiet. Op de dwarsdoorsnede staat de bronlocatie aangeduid. De bron wordt hier onmiskenbaar gevoed uit de formatie van Bilzen zoals blijkt uit de chemische samenstelling van het bronwater (zie verder) en uit de tertiaire geologische kaart. Het gaat hier om een zgn. “Bilzen-bron”.



Figuur 108: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Romershoven met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 109).

De bron ligt hoger dan de dagzoomhoogte van de klei van Henis (volgens DOV). Dat verschil kan te maken hebben met opstapeling van afgeschoven materiaal op de valleiflank. Dat kan zorgen voor blokkades die lang kunnen optreden.



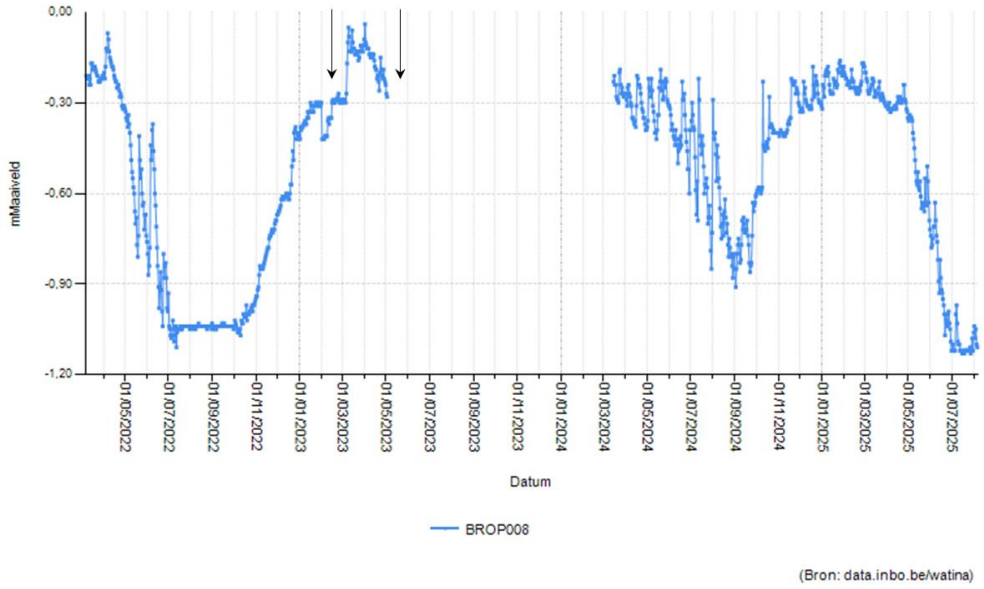
Figuur 109: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Romershoven (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 108.

8.7.3 Grondwater

8.7.3.1 Grondwaterpeilen

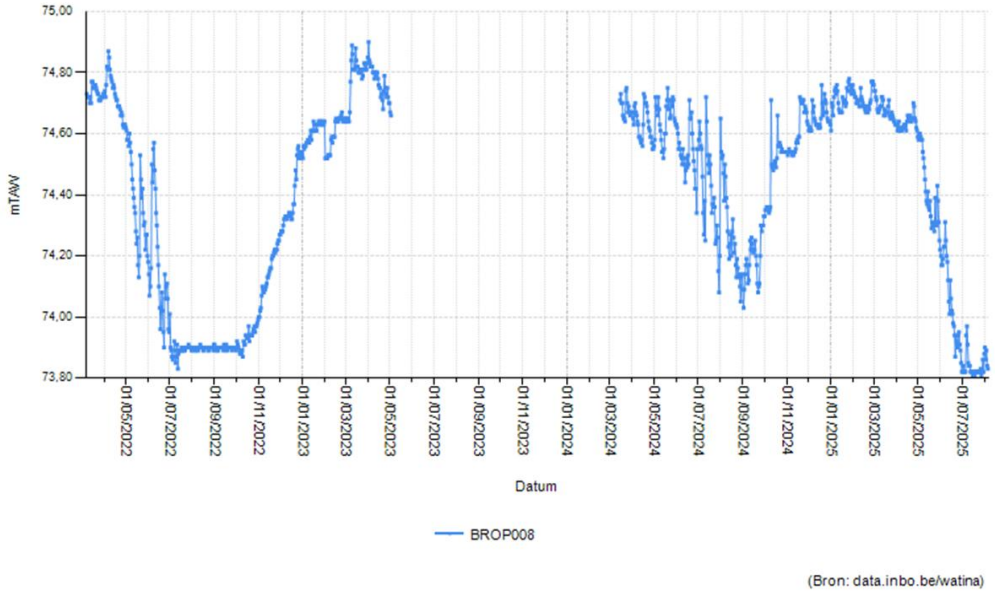
Wegens een probleem met de datalogger zijn geen data beschikbaar tussen mei 2023 en januari 2024. In januari 2024 werd de defecte logger vervangen. Vandaar het gat in de metingen.

Op Figuur 110 is de tijdreeks van de grondwaterpeilmetingen in meter t.o.v. het maaiveld weergeven. In de tijdreeks treedt duidelijk een jaarlijkse schommeling op, met lage peilen (zelfs droogval) in de zomer en hoge peilen in de winter. In de zomer van 2024 (historisch natte zomer) zakt het peil niet diep weg. Dit is dus een tijdelijke bron, die nagenoeg jaarlijks droogvalt in de zomer.



Figuur 110: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP008 met aanduiding van het tijdstip van de debietmeting in het bronbeekje van Romershoven.

Het maaiveld aan de piëzometer bevindt zich op 74.94 m T.A.W.. Het grondwater zakt vrij diep weg in de zomer tot een hoogte van +/- 73.9 m T.A.W..



Figuur 111: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP008) in Romershoven.

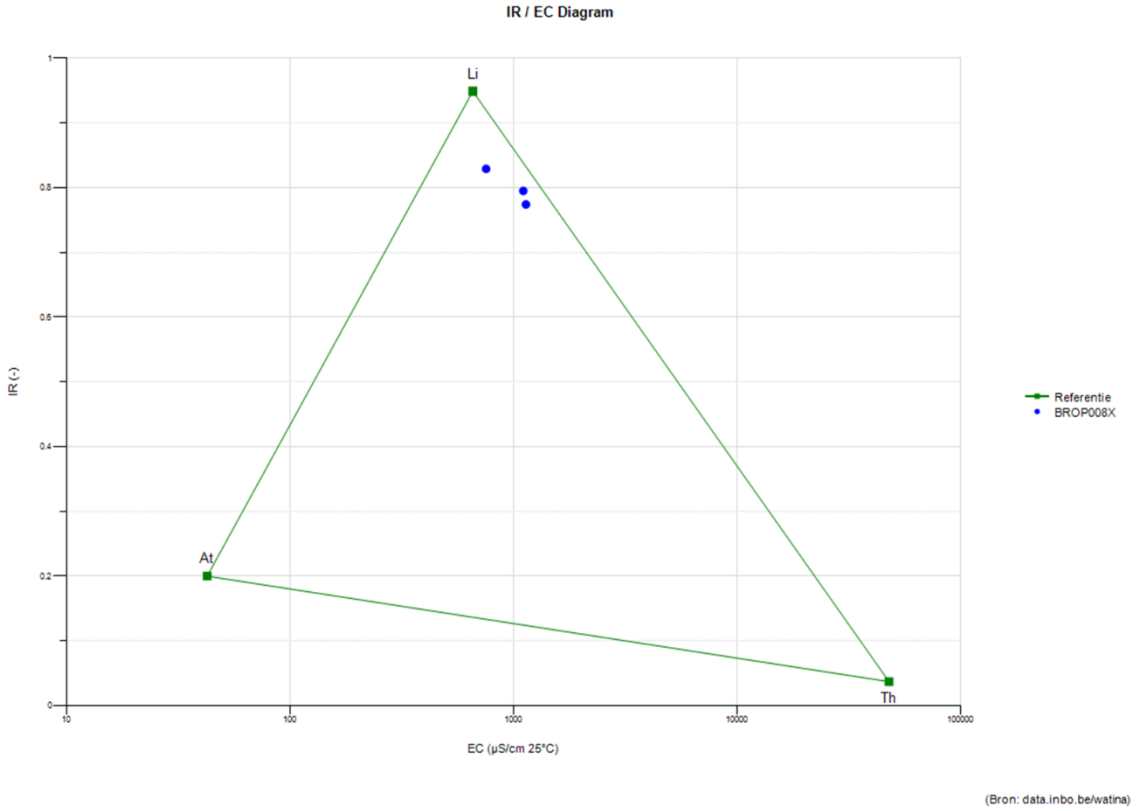
8.7.3.2 Grondwaterkwaliteit

Tabel 19 laat de resultaten van de chemische analyses voor het grondwater uit BROP008 zien. In totaal zijn er drie grondwatermetingen uitgevoerd. In het verleden zijn hier geen oppervlaktewaterstalen genomen, zoals dat voor veel andere bronnen wel het geval was.

Tabel 19: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP008) in de Romershoven-bron.

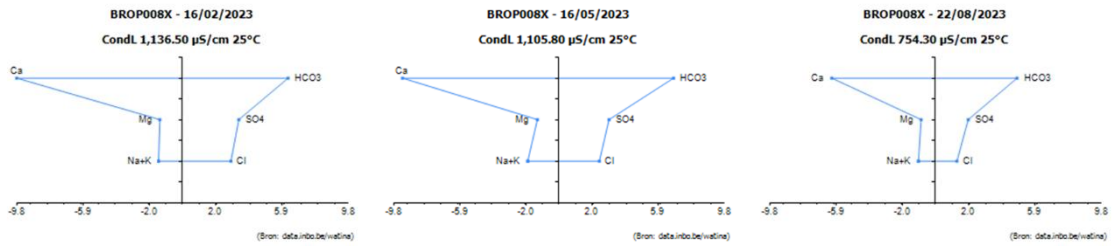
Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
16/02/2023	BROP008	1179	7,0	381	0,03	0,015	0,02	0,015	160	101,4	31,8	1,4	196,7	16,32	4,62	0,05
16/05/2023	BROP008	1089	6,9	415	0,08	0,010	0,11	0,015	142	84,8	41,2	2,6	186,1	15,64	1,15	0,11
22/08/2023	BROP008	755	7,0	294	0,11	0,015	0,11	0,015	93	44,9	20,7	4,4	123,1	10,33	0,76	0,14

In Figuur 112 staan de grondwaterstalen uit BROP008 weergeven op het IR/EC diagram. De ionenratio lijkt wat lager te liggen terwijl de elektrische geleidbaarheid iets verhoogd is in vergelijking met andere Bilzenbronnen in de regio. Een duidelijke reden is niet direct voor handen. Enkel de laatste meting op 22/08/2023 heeft een normale (lagere) elektrische geleidbaarheid. De andere twee metingen hebben een verhoogde conductiviteit. Het water is in alle drie de metingen uitgesproken mineraalrijk.

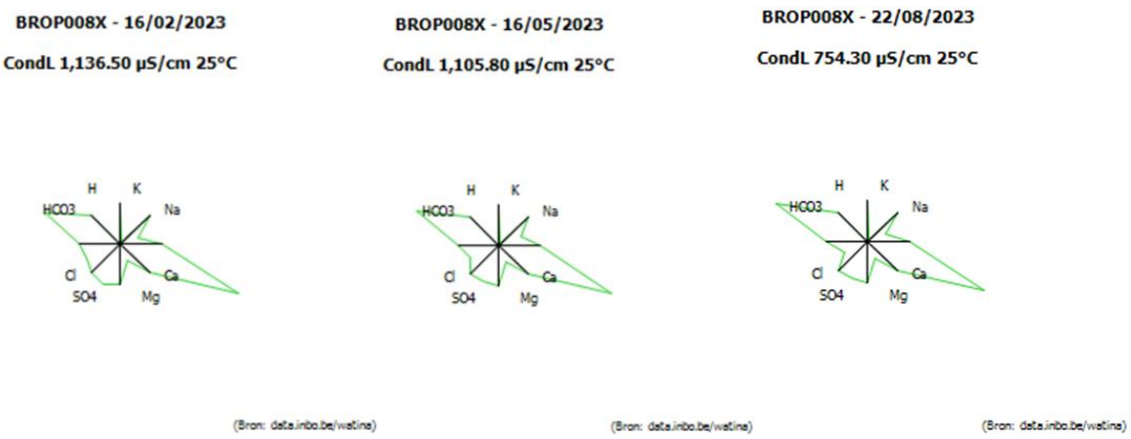


Figuur 112: IR/EC diagram voor alle grondwaterstalen uit BROP008.

In Figuur 113 en Figuur 114 staan de Stiff en Maucha diagrammen van het grondwater weergeven. De gemiddelde conductiviteit van meer dan 1100 µS/cm blijkt inderdaad aan de hoge kant te liggen. Uit de diagrammen is ook nog af te leiden dat er een verhoogde verhouding sulfaat en chloor aanwezig is in het grondwater.

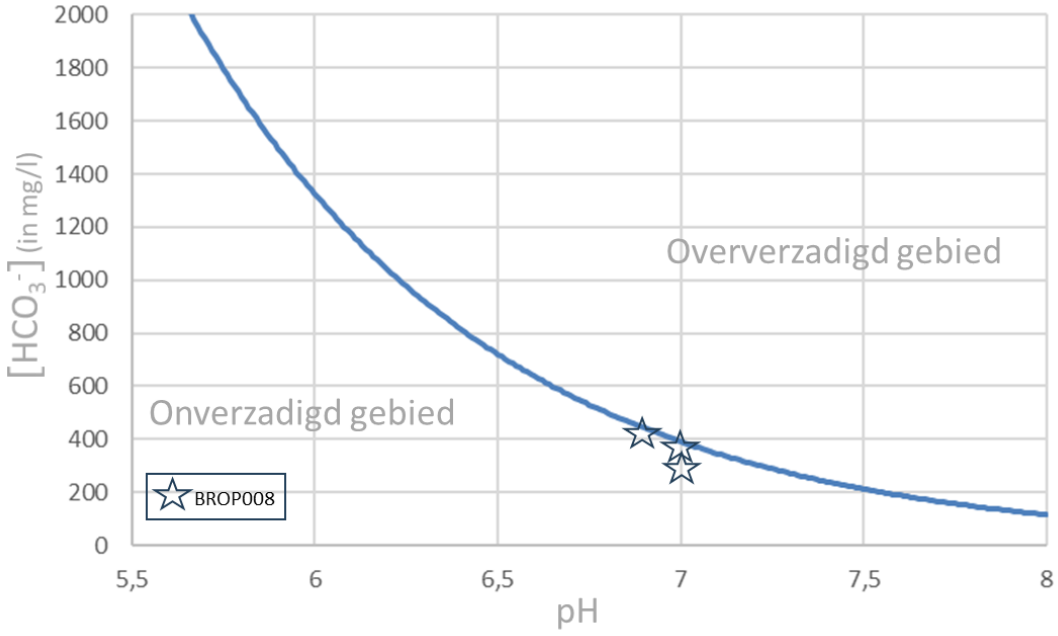


Figuur 113: Stiff diagrammen voor grondwater (BROP008) in Romershoven.



Figuur 114: Maucha diagrammen voor grondwater (BROP008) in Romershoven.

Het valt op dat de bicarbonaat en calcium concentraties iets lager liggen bij de laatste meting. In ieder geval is er hier geen sprake van bicarbonaat verzadiging (Figuur 115) en dus ook een lage waarschijnlijkheid van kalktufafzetting, wat bevestigd wordt door de waarnemingen op het terrein.



Figuur 115: Situering van de Romershovenbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

Bij geen enkele meting werd nitriet of wateroplosbare fosfaat gemeten. Nitraat is bij alle drie de metingen in (zeer) lage concentraties evenals ammonium.

Sulfaat is hier bij alle metingen sterk verhoogd, dit is minder uitgesproken bij de laatste meting. Op vlak van chloor is er een duidelijke verhoging te zien bij de eerste twee metingen. Andere mineralen lijken een “normale” concentratie te hebben.

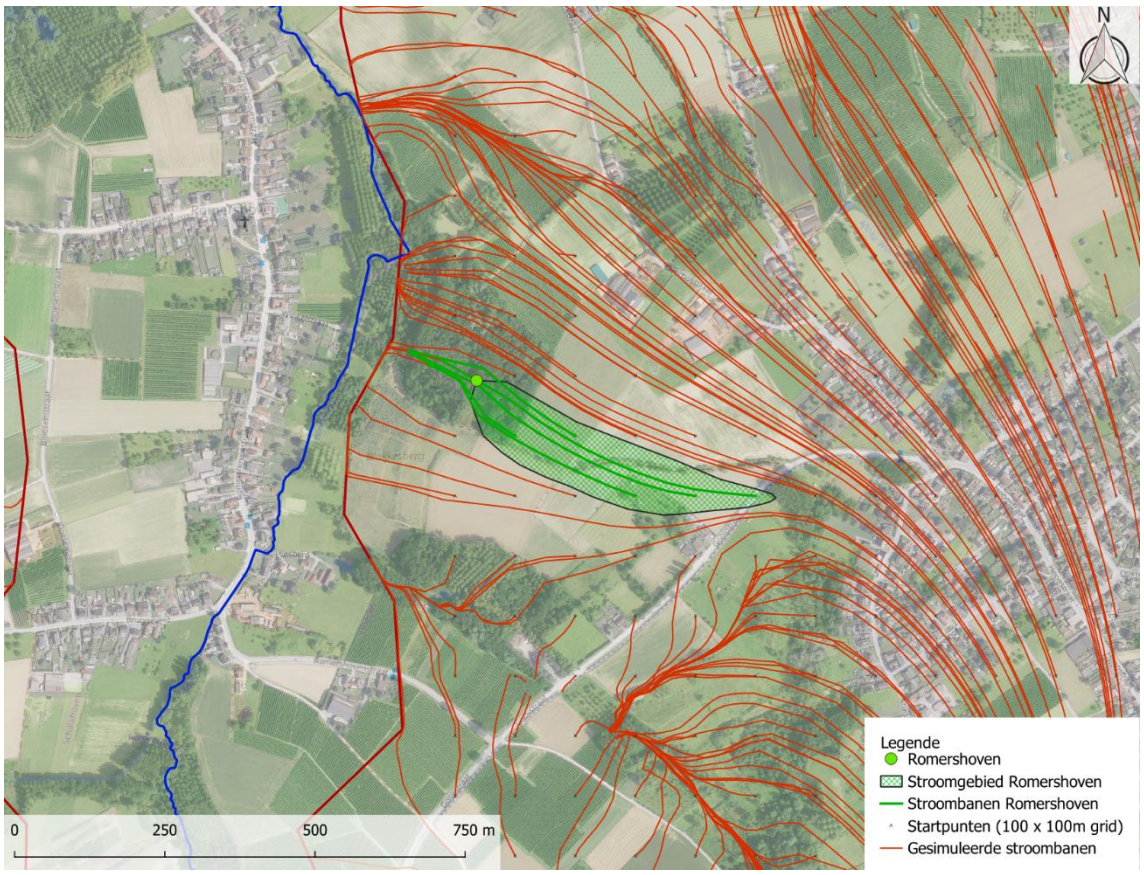
8.7.3.3 Debietmetingen en bepaling infiltratiegebied

In Romershoven werd tweemaal het debiet gemeten. Op 14 februari 2023 bedroeg de hoogte 27.5 mm, op 25 mei 2023 bedroeg deze 8.5 mm. Met een hoogte van 27.5 mm werd verder gerekend. Dit komt neer op een debiet van 0.19 l/s. Als grondwatervoeding werd 200 mm/jaar genomen. Dit resulteert in een oppervlakte van 3.20 hectare infiltratiegebied. Het infiltratiegebied bevindt zich vermoedelijk grotendeels in landbouwgebied naar het oosten.

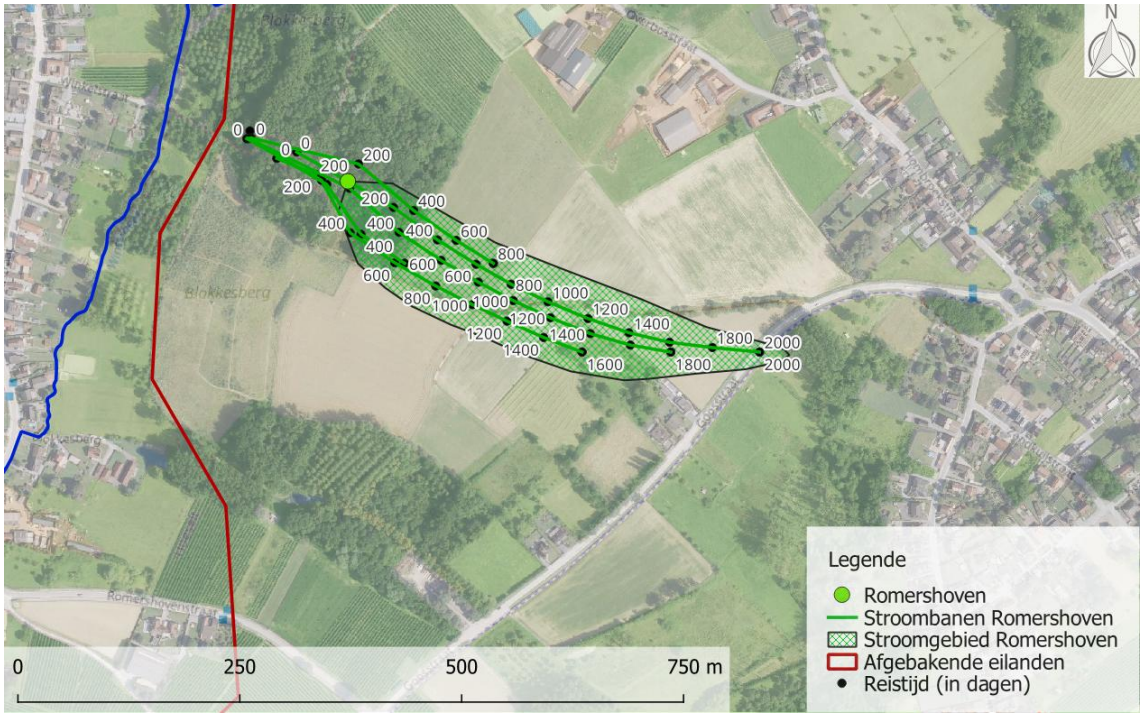
8.7.3.4 Stroombaananalyse in het grondwater

Wanneer de stroombanen in de omgeving van de Romershovenbron worden bekeken, valt op dat er veel westelijk gerichte stroombanen te zien zijn over de gehele oostelijke valleihelling van de Winterbeek. Waarschijnlijk laat de lokale geologie ter hoogte van het bronhoofd toe dat het grondwater hier kan uittreden, al kan verwacht worden dat onder de quartaire deklaag tamelijk wat grondwater van de heuvel afstroomt en zo de Winterbeek voedt (zie Figuur 116).

Het intrekgebied van Romershoven heeft een oppervlakte van ca. 4,7 ha volgens de stroombaananalyse, en is langwerpig van vorm. De reistijd van het grondwater naar de bron bedraagt maximaal ca. 5 jaar (zie Figuur 117).



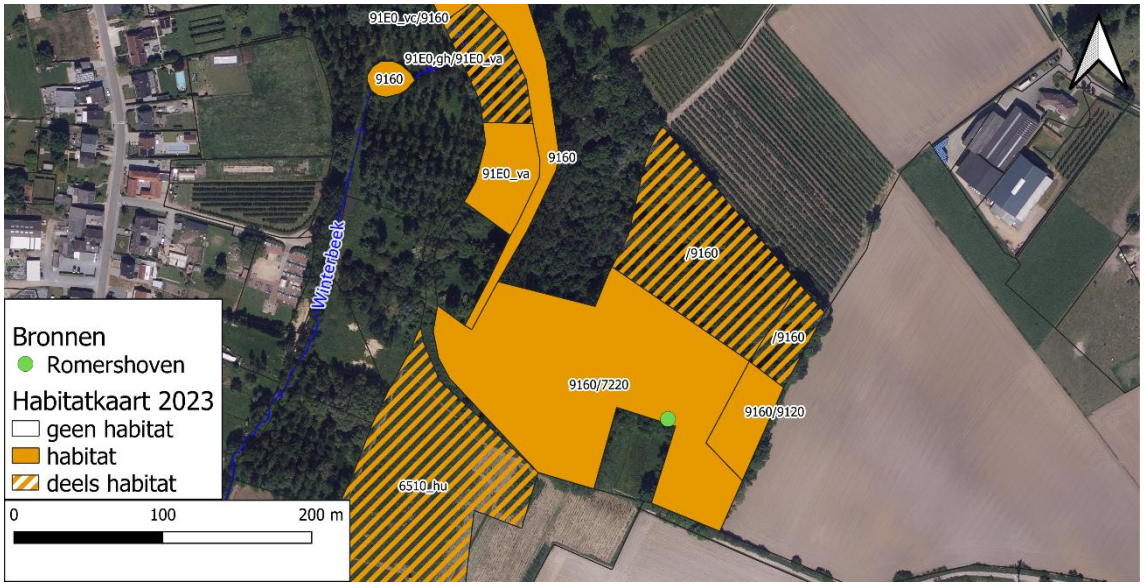
Figuur 116: Stroomgebied van de bron van Romershoven.



Figuur 117: Reistijd van het grondwater naar de bron van Romershoven.

8.7.4 Vegetatietypering

Op de habitatkaart versie 2023 staat het bos aan de bronzone aangegeven als een eiken-haagbeukenbos (9160). Volgens de habitatdefinitie is er te weinig kalktuf en mosvegetatie aanwezig, het label 7220 zal dus in een volgende update verwijderd worden. Verder naar het noordwesten ligt ook nog een strook valleibos. De westelijke helling staat aangeduid als deels soortenrijk glanshavergrasland (6510_hu). Ten oosten van de bron staat ook nog een klein aandeel eiken-beukenbos op zure bodem (9120). In het bos is lokaal Daslook aanwezig in de ondergroei, een zeldzame verschijning in deze regio.



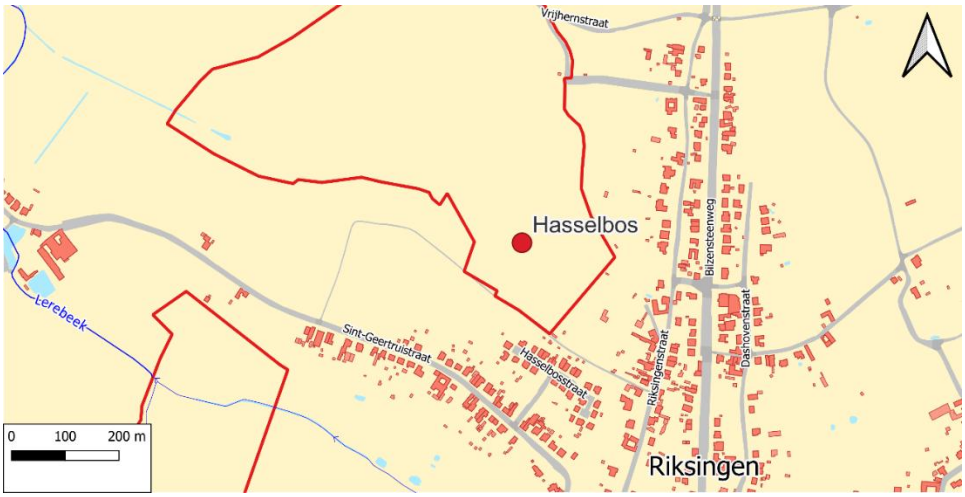
Figuur 118: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Romershoven. Voor duiding bij de gebruikte kartering zie tekst hierboven.

8.7.5 Lokale staat van Instandhouding

Deze bron kwalificeert niet voor habitattype 7220 en er wordt dus ook geen staat van instandhouding voor bepaald. Alhoewel er in zeer beperkte mate kalktufafzetting aanwezig is, zijn er geen typische mossoorten waargenomen. Aangezien actueel slechts weinig kalktuf aanwezig is, is het zeer onwaarschijnlijk dat hier ooit een (goed ontwikkelde) bronzone van habitattype 7220 aanwezig was. We meten ook geen verzadiging van bicarbonaat in het grondwater. De situatie waarbij de bron (mogelijks op natuurlijke wijze) tijdelijk droog komt te vallen bemoeilijkt ook de vorming van kalktufafzetting en groei van kenmerkende mossoorten.

8.8 HET HASSELBOS (BRON 8, BILZEN-BRON)

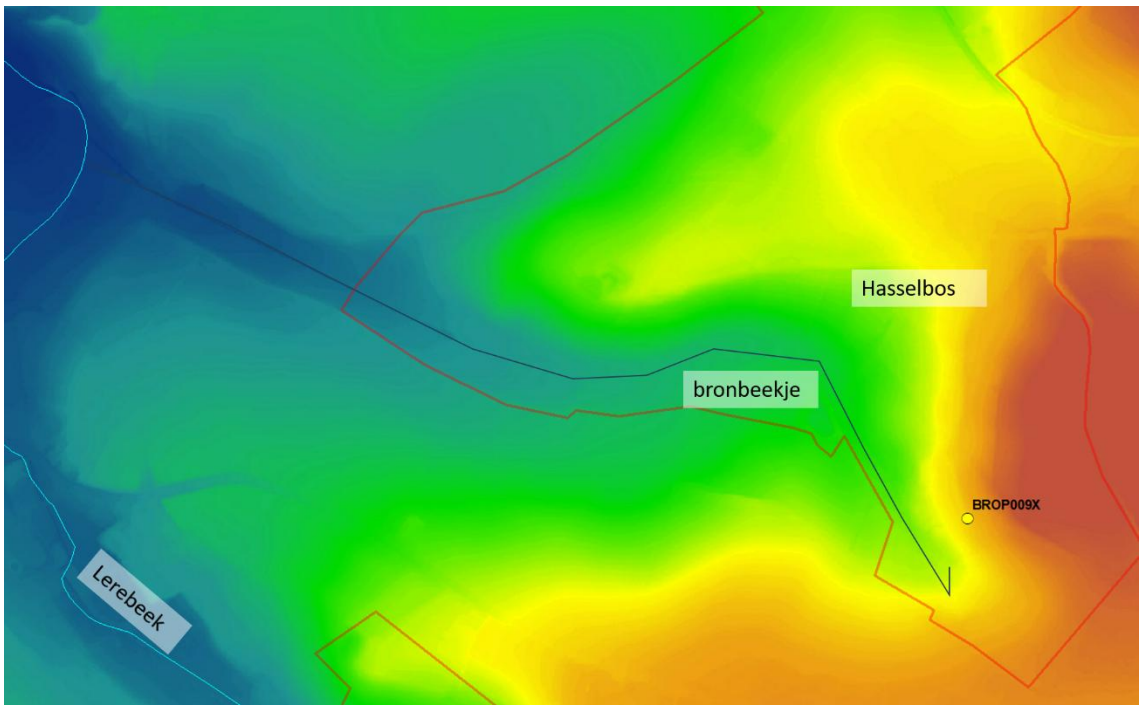
Het Hasselbos, met een oppervlakte van 48.6 ha waarvan 19.5 ha bosreservaat, maakt deel uit van het habitatrichtlijndeelgebied BE2200038-24: Bossen en Kalkgraslanden van Haspengouw. Het ligt op grondgebied van de gemeente Tongeren, ten noordwesten van de dorpskern van Riksingen.



Figuur 119: Situering van de bron aan Hasselbos op de GRB-basiskaart.

8.8.1 Topografie en Hydrografie

Het Hasselbos ligt op een zuidwestelijke flank van het oostelijke geologische eiland (Figuur 15) Verder naar het oosten ligt woongebied (lintbebouwing langs de Bilzensteenweg) en enkele boomgaarden, in het westen liggen vooral landbouwpercelen en de vallei van de Lerebeek, waar het (tijdelijke) bronbeekje van het Hasselbos een zijloopje van is.



Figuur 120: Detailtopografie in de omgeving van het Hasselbos met aanduiding van het (tijdelijke) bronbeekje, een zijloopje van de Lerebeek (uit DHM Vlaanderen II).

In het bos zijn niet echt drainagestructuren aanwezig behalve dan het voor het merendeel van de tijd droogstaande beekje waarop de bron(beek) aansluit. In het uiterste oosten, het dalhoofd van het valleitje, liggen wel enkele percelen met greppels.

De bronzone ligt ongeveer halverwege de helling op een hoogte van ongeveer 100 m T.A.W.. Op Figuur 121 wordt de ingemeten bronzone weergeven. Het gaat hier om een zeer kleine zone van maximum 30 m^2. In het amfitheatervormige dalhoofd komen her en der kleinere bronzones voor. De afzetting van kalktuf is er eerder beperkt. Er liggen ook zeer veel keien in het bronbeekje. De locatie voldoet niet aan de vereiste criteria voor habitattype 7220.



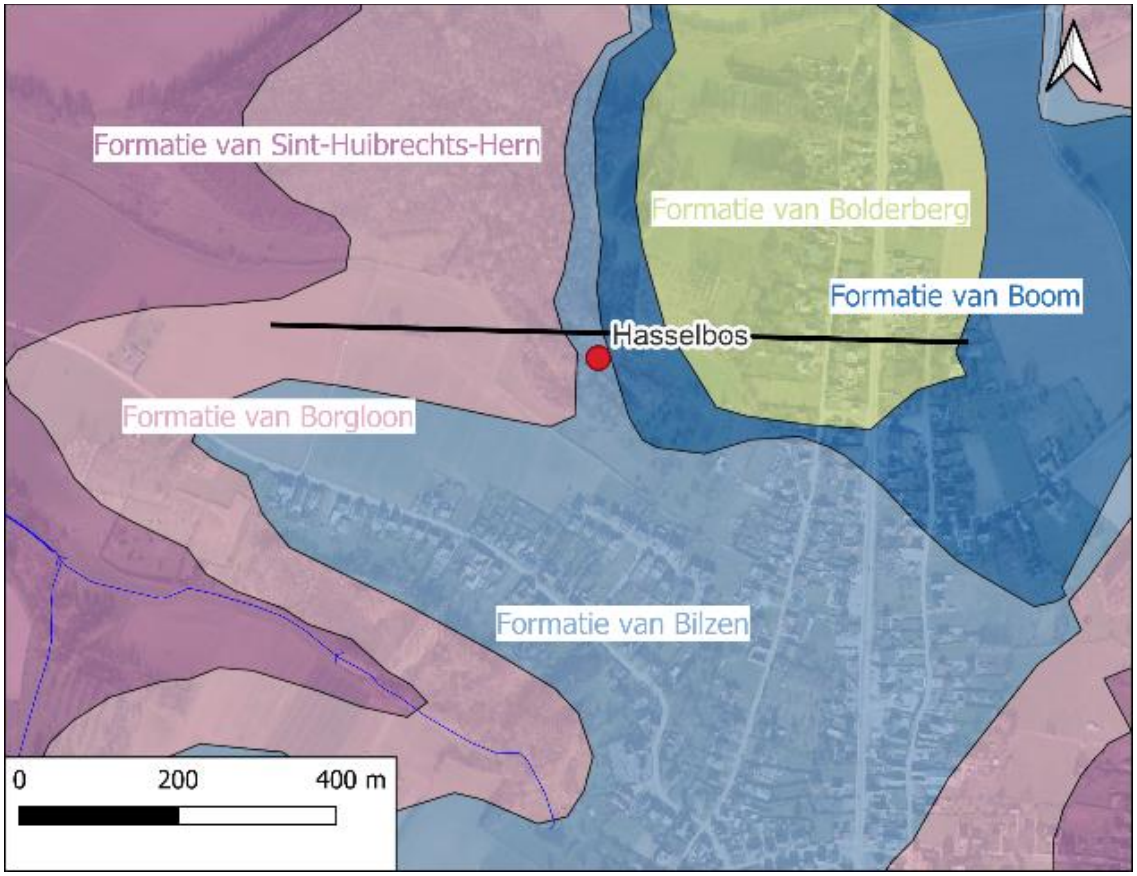
Figuur 121: Ingemeten bronzone aan het Hasselbos met aanduiding van piëzometer BROP009.

8.8.2 Geohydrologie

Geohydrologisch gezien ligt het Hasselbos op hetzelfde geologische “eiland” als de Keiberg-, Wijngaardbos-, Gerlabeek- en Werm-bronnetjes. Op het plateau staat de Formatie van Boom aangeduid. Op latere geohydrologische 3D-modellen wordt de Formatie van Boom niet meer weergegeven. Deze is hier waarschijnlijk zeer beperkt of niet aanwezig. Enkele boringen uit 1881 geven deze laag aan, in latere boringen wordt de Formatie van Boom niet meer benoemd. Bovenaan op het plateau ligt de Formatie van Bolderberg met een dikte tot 4 meter. Deze bestaat uit het lid van Houthalen dat bestaat uit fijn tot middel zand met glauconiet.

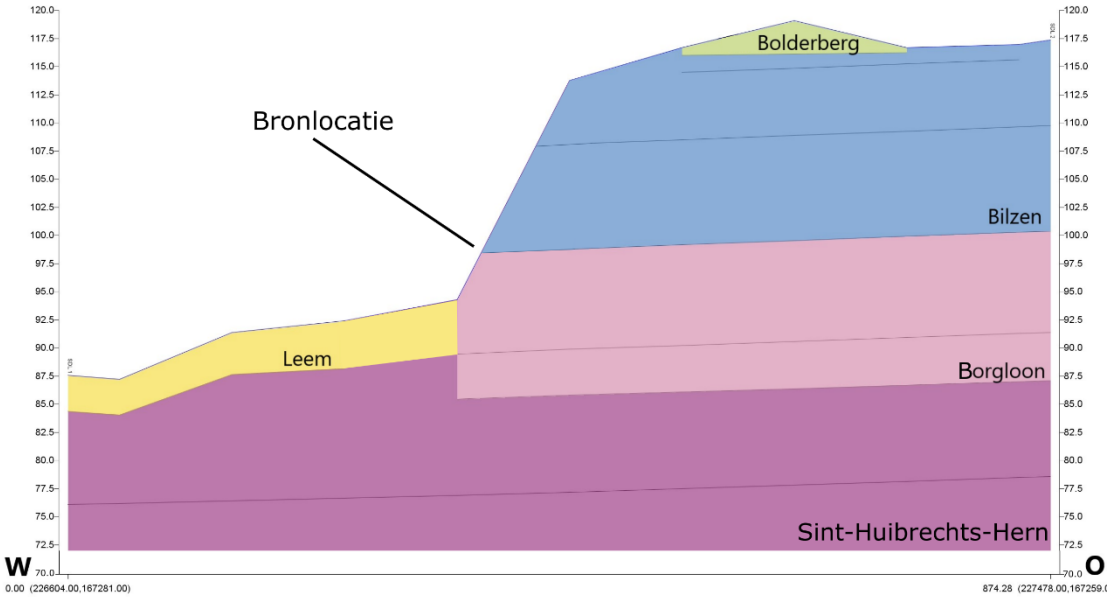
Daaronder ligt de Formatie van Bilzen dat hier bestaat uit drie leden. Bovenaan ligt het lid van Kerniel (tot 1 m dikte) dat voornamelijk bestaat uit fijn tot middel kleirijk zand met grind. Het middelste lid is het lid van Kleine Spouwen (tot 6 m dikte) dat bestaat uit grijze kalkrijke klei. Onderaan liggen de zanden van Berg die bestaan uit middel zand met schelpen. Onderaan de helling dagzoomt de Formatie van Borgloon met bovenaan het lid van Alden Biesen dat hier tot 9 meter dik is en bestaat uit kalkrijk zand met kleilenzen. Hieronder ligt nog het lid van Henis dat bestaat uit klei met zand. In de vallei zelf dagzoomt de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern

Hogerop in hetzelfde valleitje ligt nog een vochtige zone die op basis van kenmerken van de vegetatie grondwater lijkt te ontvangen uit de formatie van Bolderberg. Hier is echter geen meetpunt geplaatst en zijn er ook geen chemische analyses voorhanden



Figuur 122: Overzicht van de tertiaire geologische lagen met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 123)

Op Figuur 123 wordt de geologische dwarsdoorsnede door het Hasselbos weergeven.



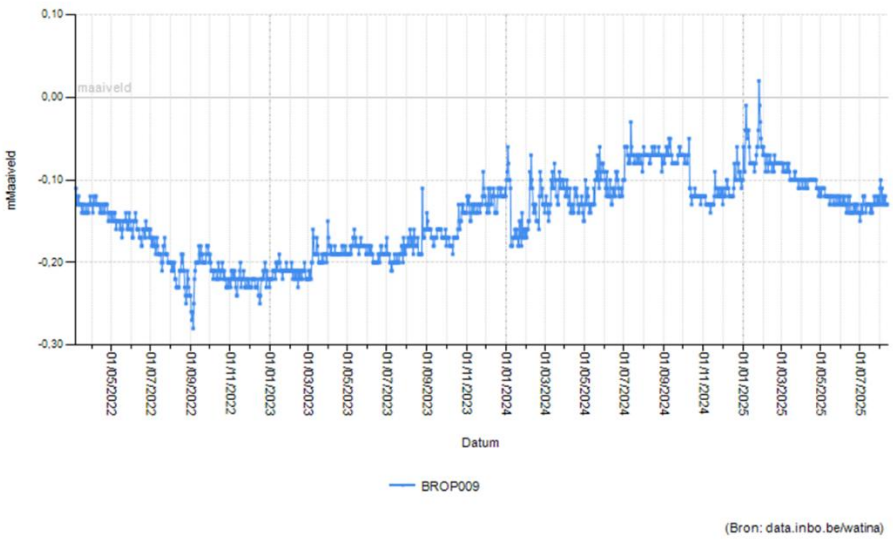
Figuur 123: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. het Hasselbos (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 122.

De bronlocatie bevindt zich ongeveer halverwege de helling ter hoogte van de scheiding van de Formatie van Borgloon en Bilzen (cf. de bronnen van Wijngaardbos, Romershoven en de Keiberg). Naar alle waarschijnlijkheid loopt ook dit bronwater af van de klei van Henis. Het grondwater dat aan de bron uittreedt, is dus mineraalrijk (Tabel 20). Het gaat hier dus zonder twijfel over een “Bilzen-bron”. Helemaal in het dalhoofd van dit bronbeekje werden tijdens terreinwerk in het voorjaar van 2023 nog drainagestructuren te vinden, veraard veen en een aantal vegetatie-elementen (zachte berk, dubbelloofvaren, een plukje Sphagnum fimbriatum) die wijzen op een ander grondwatertype, met name de formatie van Bolderberg. Er werd echter geen bijkomend meetpunt geïnstalleerd hier, waardoor er niet meer informatie over te geven is.

8.8.3 Grondwater

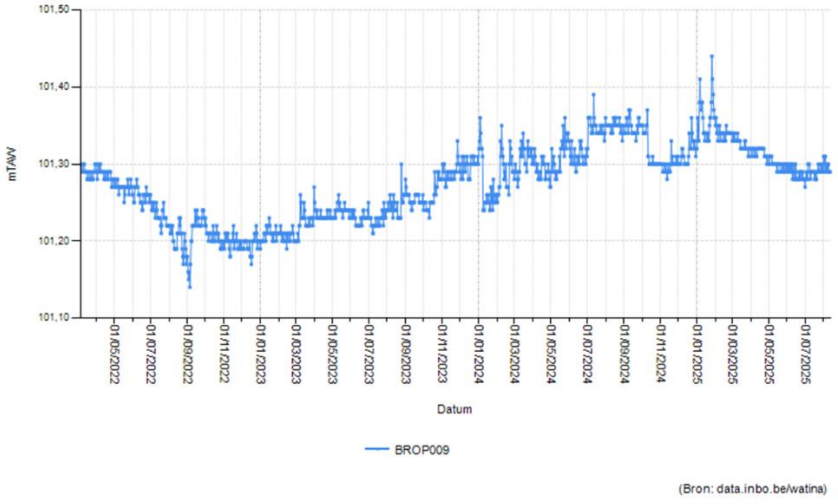
8.8.3.1 Grondwaterpeilen

In de bronzone staat de piëzometer BROP009. In Figuur 124 wordt de tijdreeks van de grondwaterpeilen in weergegeven. Het grondwater fluctueert over de volledige meetperiode zeer weinig (10-15 cm) en vertoont geen seizoenale fluctuaties. Er ontstaat op deze locatie effectief een bronbeekje dat echter een paar honderd meter verder weer in de ondergrond verdwijnt. Als het beekdebiet een beetje toeneemt (zoals dat tot halverwege 2025 het geval was, neemt de waterhoudende lengte van het beekje met een paar tientallen meter toe. In periodes dat het brondebiet afneemt (bij lagere grondwaterpeilen net stroomopwaarts van het meetpunt BROP009), wordt de watervoerende lengte weer wat korter. Al bij al gaat het over zeer kleine debieten (<< 1l/sec).



Figuur 124: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in Hasselbos (BROP009).

Het maaiveld aan de piëzometer bevindt zich op 101.42 m T.A.W.. Er zit zeer weinig schommeling in het grondwater. Het blijft gemiddeld op een hoogte tussen 101.32 m T.A.W. en 101.17 m T.A.W..



Figuur 125: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in Hasselbos (BROP009).

8.8.3.2 Grondwaterkwaliteit

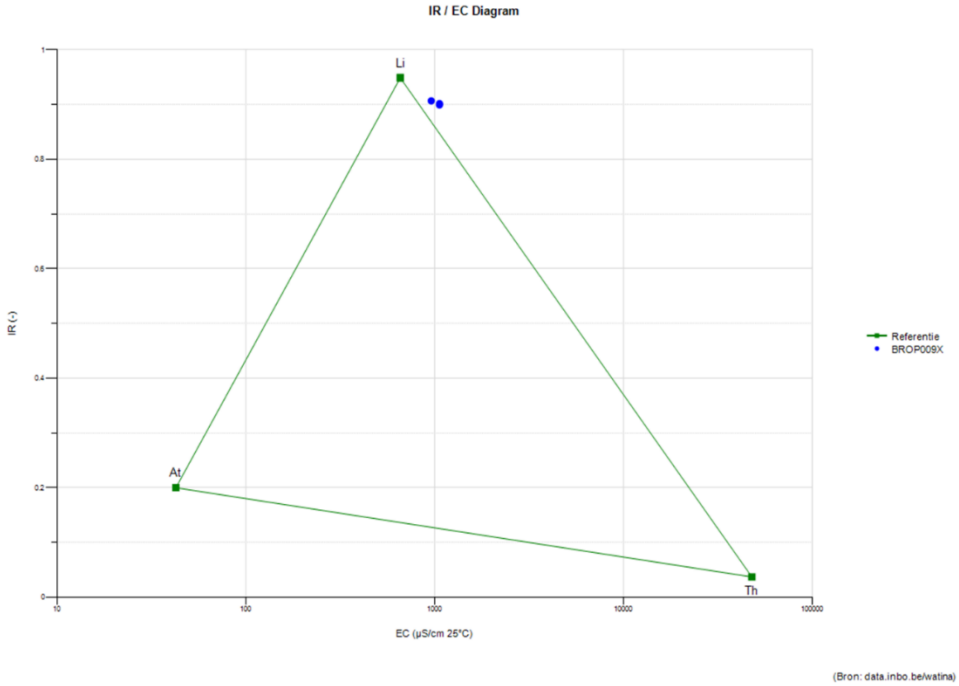
In Tabel 20 zijn de resultaten van de analyses op de grondwaterstalen (BROP009) weergegeven. Voor deze bron zijn geen oppervlaktewaterstalen uit 2011 beschikbaar.

Tabel 20: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP009) in Hasselbos.

Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
16/02/2023	BROP009	960	7,4	482	2,25	0,015	0,02	0,015	100	29,1	15,5	2,0	160,1	18,81	0,05	0,05
16/05/2023	BROP009	1061	7,3	506	0,03	0,015	0,02	0,015	137	38,9	14,1	2,3	202,6	21,18	3,80	0,05
22/08/2023	BROP009	1061	7,2	514	0,02	0,015	0,02	0,015	140	39,5	14,2	2,6	199,9	21,25	4,86	0,10

De elektrische geleidbaarheid ligt bij alle metingen vrij hoog (+/- 1000 µS/cm).

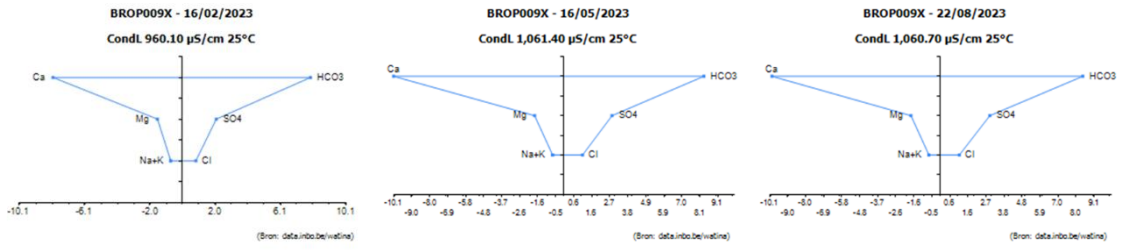
Figuur 126 weergeeft het IR/EC diagram met de grondwaterstalen uit BROP009.



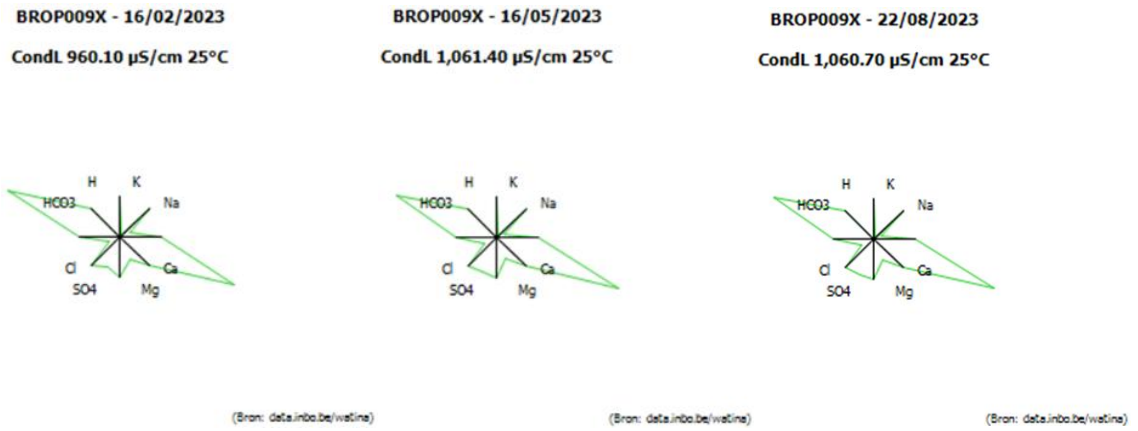
Figuur 126: IR/EC diagram voor alle grondwaterstalen uit BROP009.

Alle drie de stalen hebben een zeer gelijkaardige (hoge) ionenratio en (hoge) elektrische geleidbaarheid (ca.1000 µS/cm). Hieruit kan alvast besloten worden dat het om lithotroof, mineraalrijk grondwater gaat.

Figuur 127 en Figuur 128 weergeven de Stiff en Maucha diagrammen van het grondwater uit BROP009.

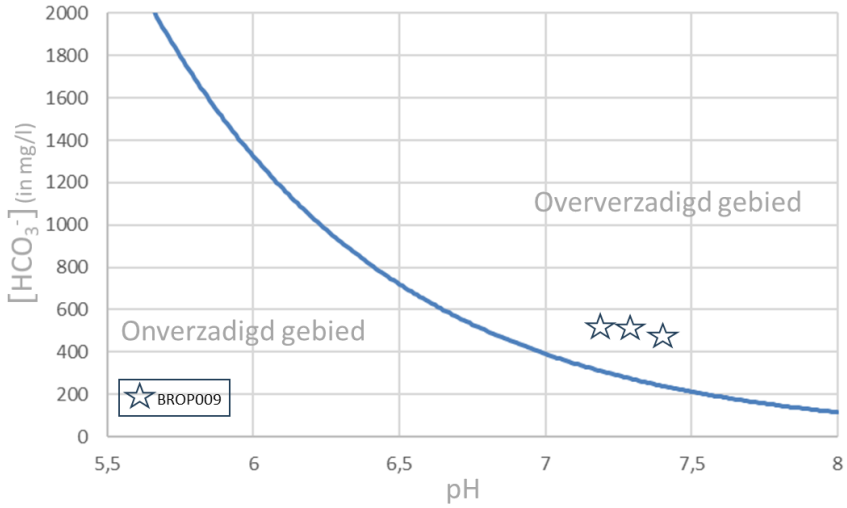


Figuur 127: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP009.



Figuur 128: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP009.

De bicarbonaatconcentraties en de pH zijn hoog. Dit bevestigt dus de verwachting dat het grondwater hier uit de Formatie van Bilzen moet afkomstig zijn. Er is zeker sprake van bicarbonaat oververzadiging (Figuur 129). Er is sprake van kalktufafzetting in het bronbeekje.



Figuur 129: Situering van de grondwaterstalen op de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie) voor het Hasselbosbron.

Nitriet, ammonium en orthofosfaat zijn niet aangetroffen in de grondwaterstalen. Nitraat werd enkel in verhoogde concentratie gemeten op 16/02/2023. De latere stalen vertoonden een lagere concentratie. werd éénmaal gemeten op 22/08/2023. Hier is dus nagenoeg geen aanrijking met nutriënten te meten.

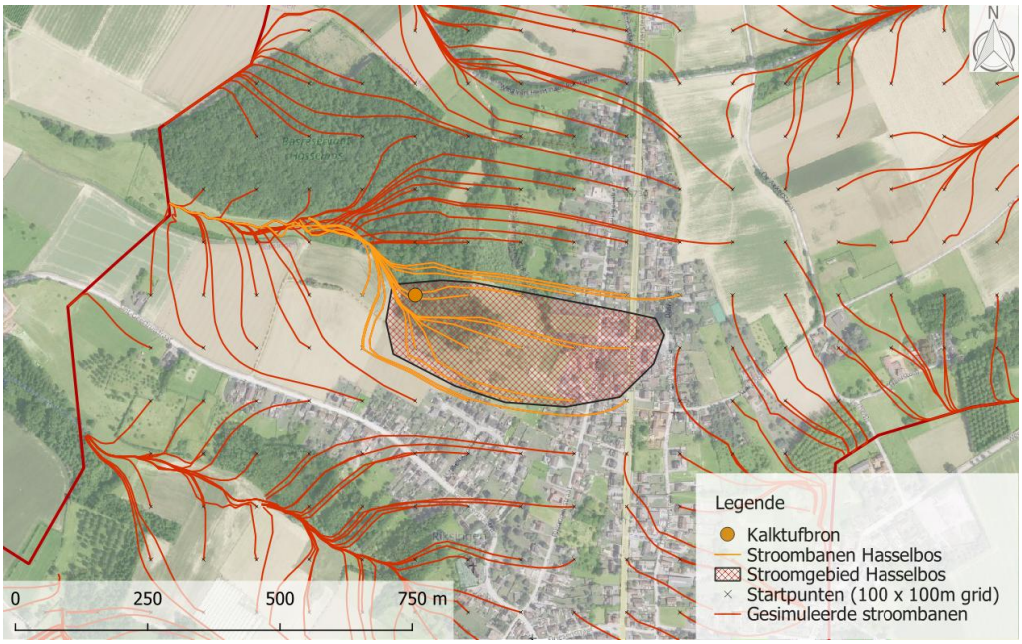
De sulfaatconcentraties zijn wel (en stevig) verhoogd (zie § 5.2.4). Ze liggen tussen 100 – 140 mg/l. De concentratie chloride is lichtjes verhoogd (tussen 29 en 40 mg/l). De andere mineralen komen in normale concentraties voor.

8.8.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied

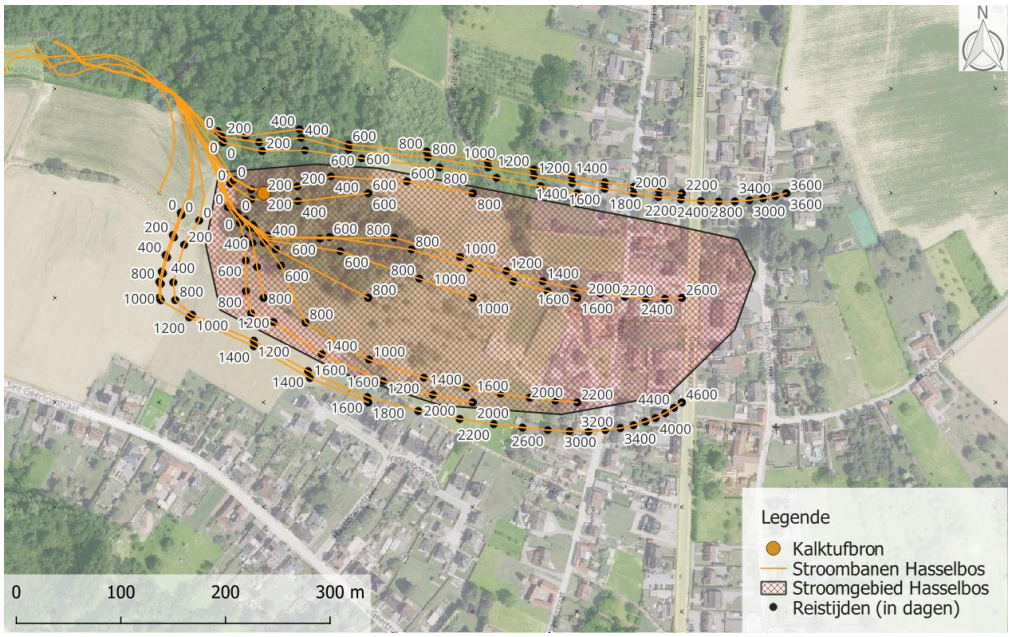
Aangezien deze bron een zeer klein debiet heeft, was debietmeting nagenoeg onmogelijk en werd ze hier niet uitgevoerd. Het bepalen van de grootte van het infiltratiegebied is dus niet mogelijk.

8.8.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

Het meeste water dat in het brongebied aan de zuidkant van het Hasselbos aan het oppervlak komt is afkomstig van het oosten, zoals te zien is in Figuur 130. Het infiltratiegebied bestaat uit bos, akkerland en bebouwde percelen. De oppervlakte van het intrekgebied bedraagt ca. 8,7 ha. Stroombanen meer naar het noorden gelegen tonen een gelijkaardig patroon. Dit water voedt het beekje dat verder naar het westen uitmondt in de Lerebeek. De reistijd van het grondwater is 5-8 jaar. De reistijden zijn weergegeven in Figuur 131.



Figuur 130: Stroombaananalyse ter hoogte van de bron in het Hasselbos.



Figuur 131: Reistijden van het grondwater richting het brongebied in het Hasselbos.

8.8.4 Vegetatietypering

Het bronhoofd in het Hasselbos ligt in een perceel gekarteerd als 9160: eiken-haagbeukenbos. In het zuiden ligt er nog wat gedegradeerd (70% gh, 30% 9160) eiken-haagbeukenbos. Naar het noorden toe liggen nog habitatwaardige percelen van 9160 maar ook 91E0_vc: bronbos. Maretak komt vrij veel voor in de percelen. Aan de bronzone en op open plekken staat ook veel reuzenpaardenstaart, alsook in het naastgelegen graslandperceel, waarin zich tevens een kwelzone bevindt



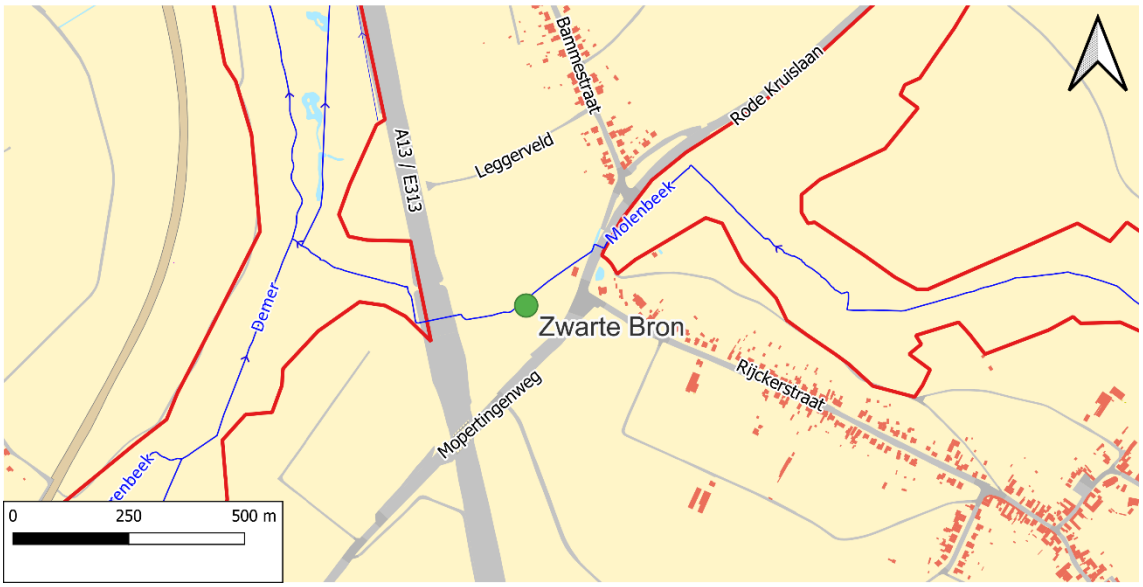
Figuur 132: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Hasselbos.

8.8.5 Lokale staat van Instandhouding

De lokale staat van instandhouding is voor deze bron niet bepaald, aangezien de locatie niet als habitattype 7220 getypeerd kan worden.

8.9 DE ZWARTE BRON (BRON 9 HEERS-BRON)

De Zwarte Bron is gelegen vlak naast de autosnelweg E313 tussen de habitatrichtlijndeelgebieden: BE2200041-1 (in het oosten) en BE2200041-3 (in het westen). Deze zones maken deel uit van het habitatrichtlijngebied BE2200041: Jekervallei en bovenloop van de Demervallei. De Zwarte Bron zelf ligt net buiten het habitatrichtlijngebied.



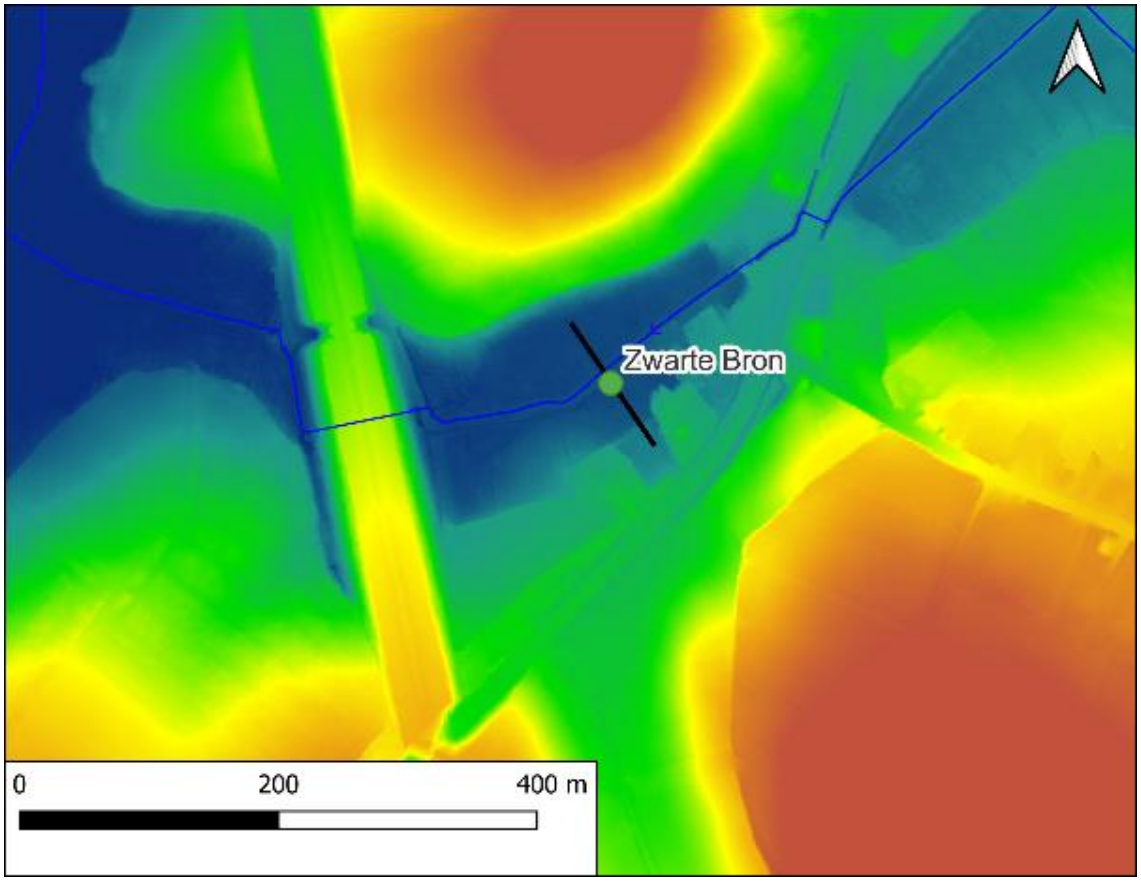
Figuur 133: Situering van de Zwarte Bron op de GRB-basiskaart.

8.9.1 Topografie en Hydrografie

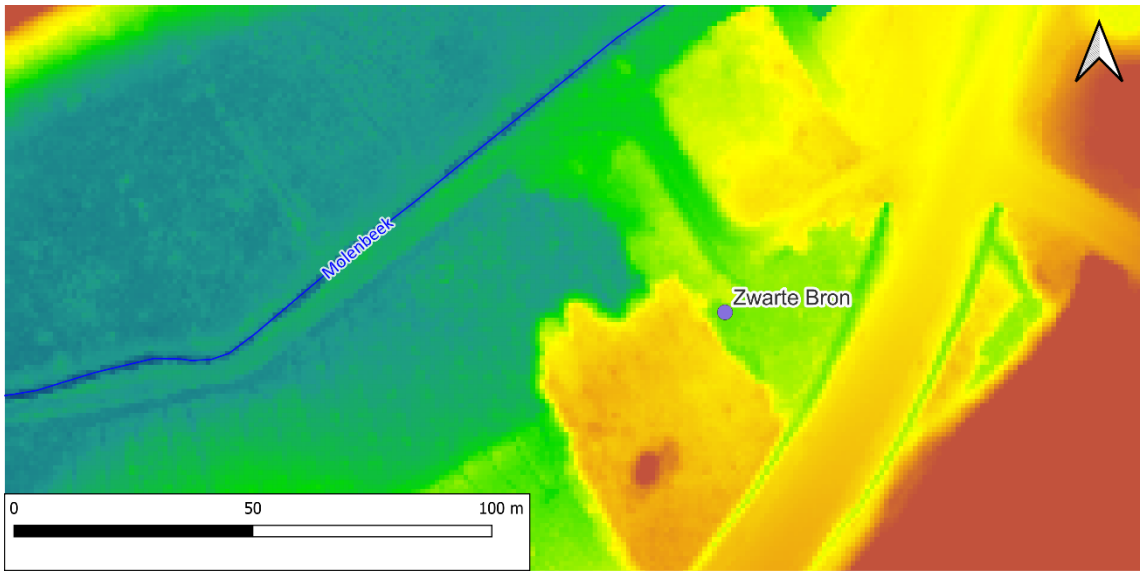
Langs de Zwarte Bron loopt de Molenbeek die onder de autosnelweg doorloopt om dan uit te komen in de Demer. In het zuiden wordt het gebiedje begrensd door de Mopertingenweg. In het noorden door het Leggerveld. De vallei van de Molenbeek staat aangeduid als de Molenbeemden en is een natuurgebied in beheer van Natuurpunt. De Molenbeemd is een gebied met meerdere kwelzones die in de vallei ten zuiden van de Molenbeek ligt. De vallei is begreppeld waardoor water versneld afgevoerd wordt naar de beek. De Zwarte Bron zelf wordt gevormd door een uitgegraven poel die overloopt in een artificieel gegraven gracht waarlangs het bronwater afgevoerd wordt naar de Molenbeek (zie Figuur 135). De gracht heeft een lengte van ongeveer 85 meter en komt dan uit in een drainagegracht die parallel langs de Molenbeek stroomt. Ter hoogte van de poel is geen (actieve) kalktufafzetting vastgesteld. De kalktufafzettingen beginnen pas een eindje stroomafwaarts waar de gracht langs een wegje loopt tussen een wegje, dat een bewandelbaar dijkje vormt tussen de natte zone waarin de grotendeels dichtgestorte bronnenzone ligt, en de Molenbeek Tussen deze gracht en de Molenbeek is een oeverwal aanwezig (die tevens ook functioneert als wandelpad).

De zone met bronnen moet vroeger groter geweest zijn. Deze bronnenzone is echter zeer sterk verstoord door storten van allerlei materiaal, vermoedelijk grotendeels bouwpuin en huishoudelijk afval, al zijn er geen details bekend van wat hier destijds gestort werd. Deze staat echter niet op de “GIS-kaart: Stortplaatsen in Vlaanderen” opgesteld door OVAM. Op het DHM (Figuur 134 & Figuur 135) zijn deze onnatuurlijke ophogingen goed zichtbaar. Het gestorte materiaal is niet regelmatig gespreid over het terrein. Tussen de storthopen is hier en daar nog een oorspronkelijk stukje maaiveld niet opgehoogd gebleven. Daar perst grondwater de grond uit. Het zijn de bronnen waarvan de zgn. Zwarte bron er één is. De aanduiding van de Zwarte

Bron staat op deze figuur op het bronhoofd van het bronbeekje maar het gebied bevat eigenlijk meerdere bronnen.



Figuur 134: Detailtopografie in de omgeving van Molenbeemd met aanduiding van een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II).



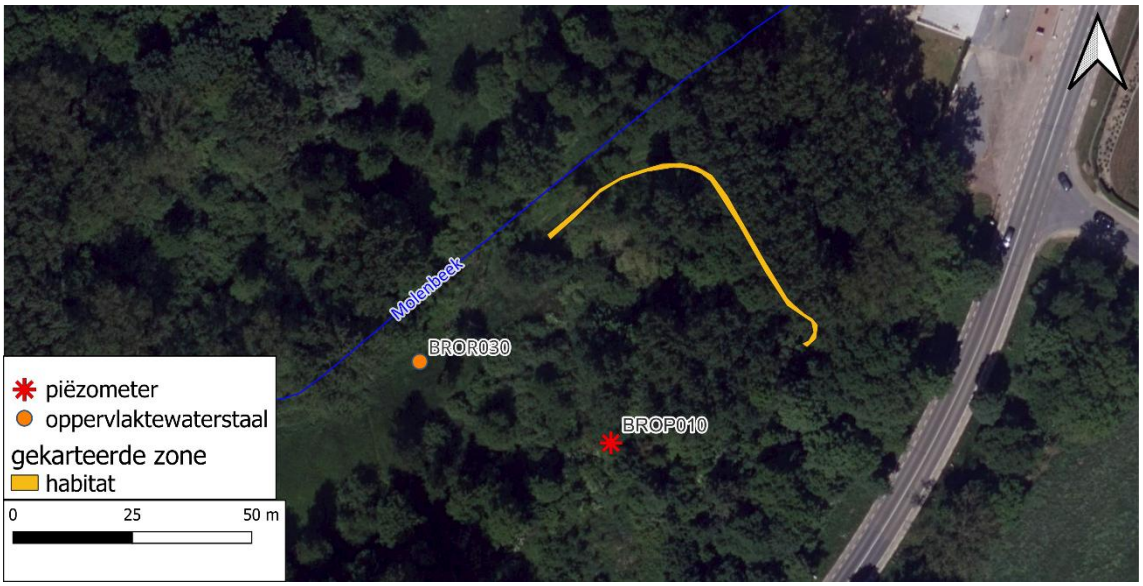
Figuur 135: Detailtopografie in de omgeving van de Zwarte Bron (uit DHM Vlaanderen II).



Afbeelding 7: Verstoord (vergraving/ophoging) bronhoofd van de Zwarte Bron (locatie: zie Figuur 135).

Het bronhoofd van de Zwarte Bron ligt hier niet op een helling (zoals veelal het geval is bij kalktufbronnen) maar in de lagergelegen valleidelen zelf.

Op Figuur 136 is de ingemeten bronzone te zien. Het gaat hier om een bronzone met slechts een beperkte oppervlakte waar kalktuf afgezet wordt. Het afvoerbeekje is verbonden met de drainagegracht die parallel langs de Molenbeek loopt en hiermee verderop aantakt.

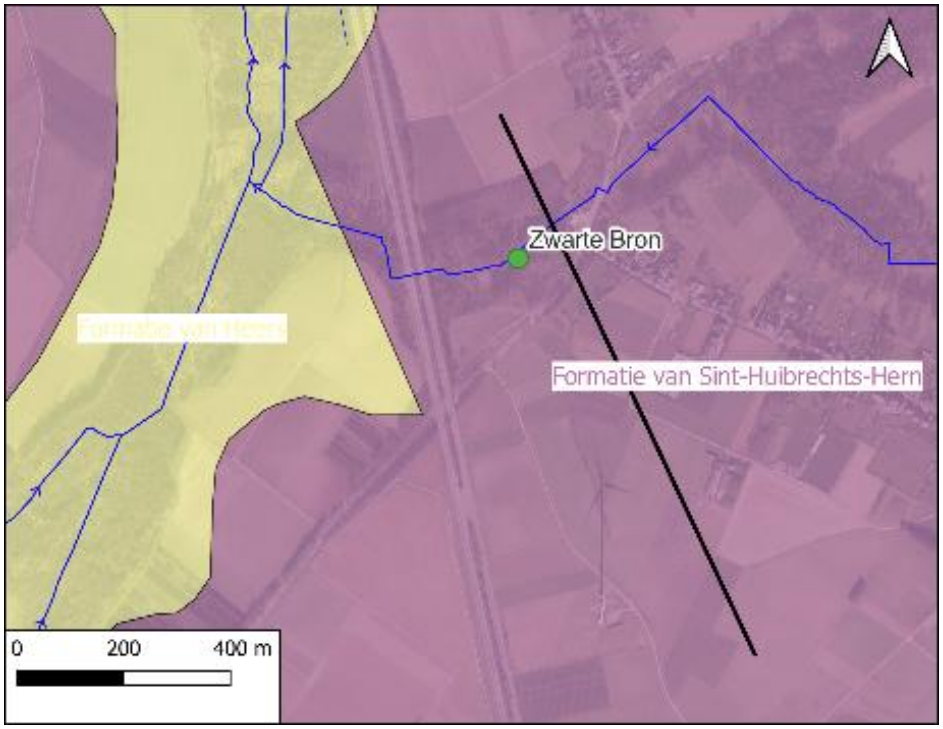


Figuur 136: Ingemeten bronzone aan de Zwarte Bron met aanduiding van piëzometer BROP010 en bronbeekwater-meetpunt BROR030.

8.9.2 Geohydrologie

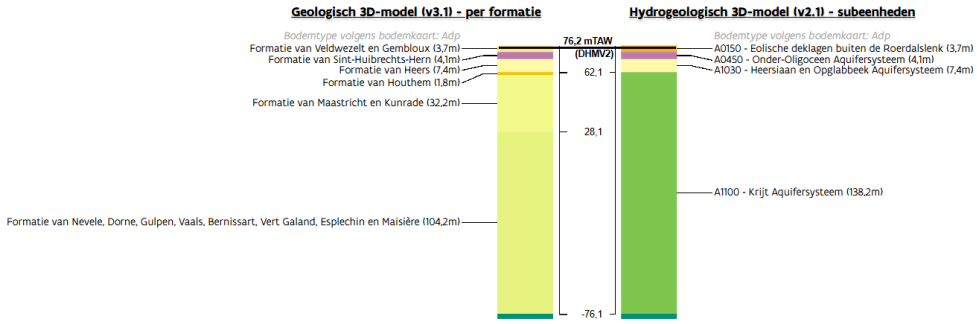
Geohydrologisch gezien is dit gebied vrij eenvoudig. Op Figuur 137 worden de tertiaire geologische lagen in dit gebied weergeven. In de vallei van de Demer is dit de Formatie van Heers, met daar bovenop, ter hoogte van de Molenbeek, de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. De Formatie van Heers bestaat uit twee leden. Bovenaan ligt het lid van Gelinden dat bestaat uit mergel, onderaan liggen de glauconiethoudende zanden van het lid van Orp. Alhoewel het

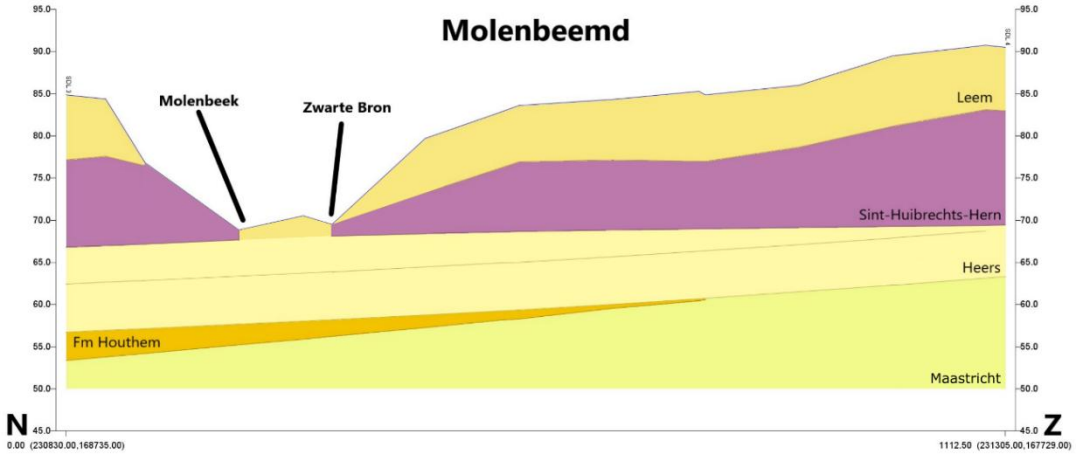
op Figuur 137 lijkt alsof Sint-Huibrechts-Hern de volledige vallei aan de Zwarte Bron bedekt is dit in realiteit niet het geval. De Formatie is op verschillende plaatsen verdwenen waardoor de Formatie van Heers bloot komt te liggen.



Figuur 137: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. de Zwarte Bron aan de molenbeemd met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 138).

Op Figuur 138 staat de geologische dwarsdoorsnede doorheen het gebied weergeven. In de vallei zelf is de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern volledig verdwenen op de figuur. De “kwelzones” aan de Zwarte Bron ontstaan dus hoogstwaarschijnlijk door uittredend grondwater dat door de Formatie van Heers is gegaan en onder spanning staat. De formatie van Heers is immers grotendeels afgedekt met de klei van Grimmertingen en andere geologische afzettingen. Het grondwater erin staat onder druk. Waar de riviervallei (in dit geval de Demer) de afdichtende lagen weg geërodeerd heeft, kan de overdruk ontsnappen en welt het grondwater uit de mergel omhoog om zo de bronzone van de Zwarte Bron vorm te geven. Deze Formatie is zeer mineraalrijk (waaronder kalk) en geeft aan het grondwater een zeer specifieke chemische samenstelling. Dit is een voorbeeld van een zgn. “Heers-bron”.



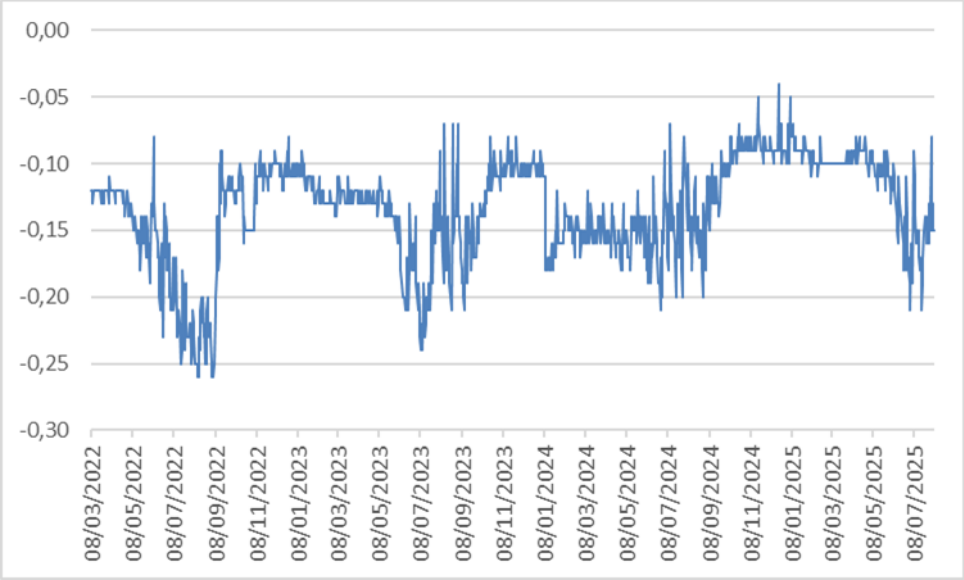


Figuur 138: Geologische dwarsdoorsnede ter hoogte van de Zwarte Bron aan de Molenbeemd (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 137.

8.9.3 Grondwater

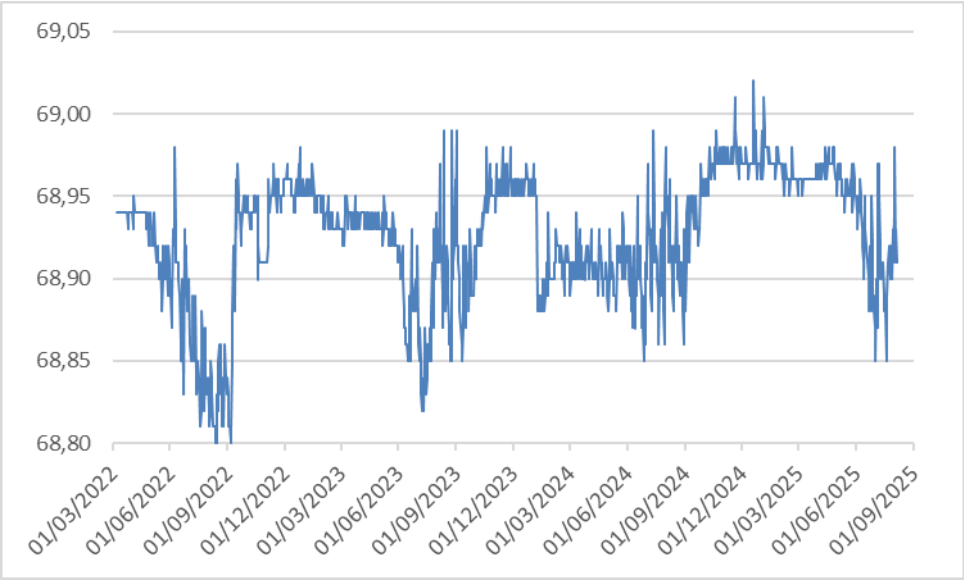
8.9.3.1 Grondwaterpeilen

Op Figuur 140 wordt het grondwaterpeil aan BROP010 weergeven in meter onder het maaiveld. Voor het grootste deel van de meetperiode ligt het grondwaterpeil boven 15 cm onder maaiveld.



Figuur 139: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP010 bij de Zwarte Bron.

Het maaiveld aan de piëzometer bevindt zich op een hoogte van 69.06 m T.A.W.. Alhoewel het grondwater een seizoenale fluctuatie vertoont, is de amplitude zeer beperkt. Met een gemiddelde amplitude van 15 cm blijft het grondwater dicht tegen het maaiveld staan. Er lijkt dus een constante, vermoedelijk regionale, grondwaterstroom te zorgen voor het uittredende bronwater.



Figuur 140: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP010) in de Zwarte Bron.

8.9.3.2 Grondwaterkwaliteit

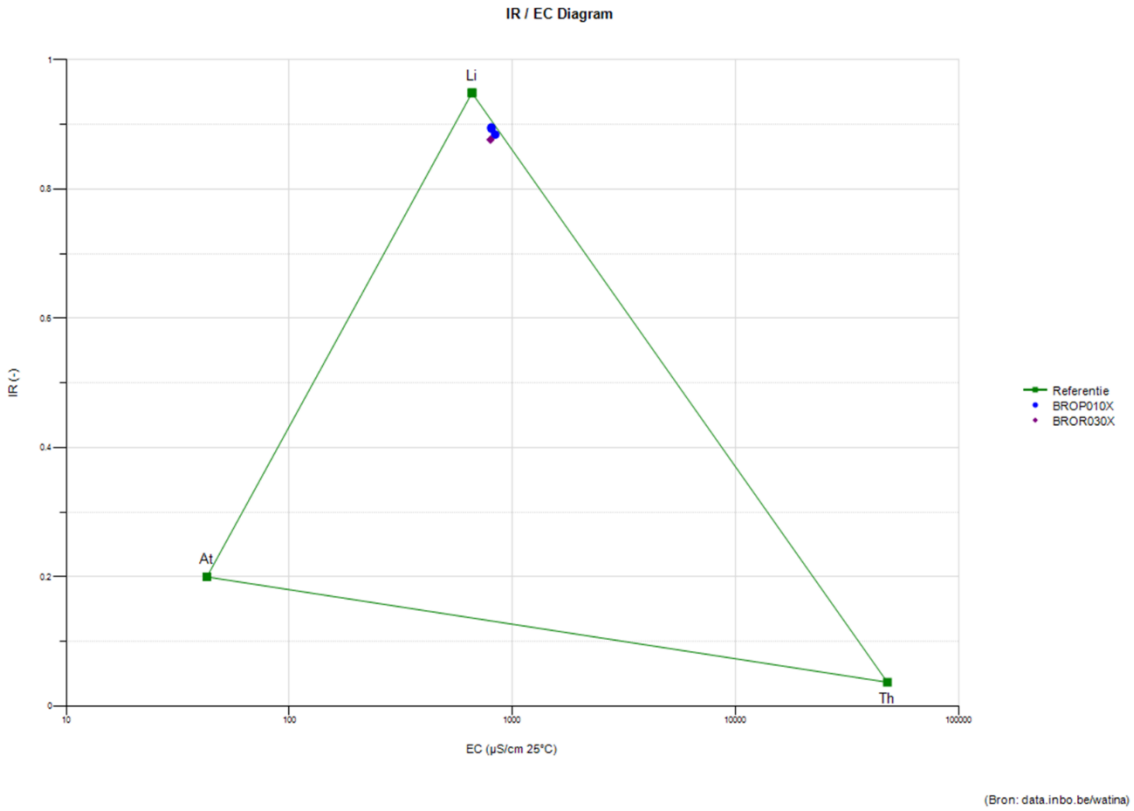
In Tabel 21 worden alle grondwaterstalen uit BROP010 en het oppervlaktewaterstaal uit BROR030 opgelijst. Het blijken alvast zeer gelijkaardige metingen te zijn.

Tabel 21: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP010) & bronbeekwater (BROR030) voor de Zwarte Bron.

Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
19/04/2011	BROR030	797	7,9	397	4,75	0,030	0,04	0,035	52	33,6	11,0	4,2	135,0	21,00	0,05	-
16/02/2023	BROP010	836	7,1	527	0,02	0,015	0,02	0,015	2	33,5	12,0	0,3	145,1	19,97	20,27	0,82
16/05/2023	BROP010	804	7,0	501	0,01	0,015	0,16	0,015	4	29,3	10,4	0,2	142,1	18,71	18,34	0,54
22/08/2023	BROP010	805	7,0	504	0,05	0,015	0,17	0,015	2	29,2	10,2	0,2	138,3	18,40	21,52	0,67

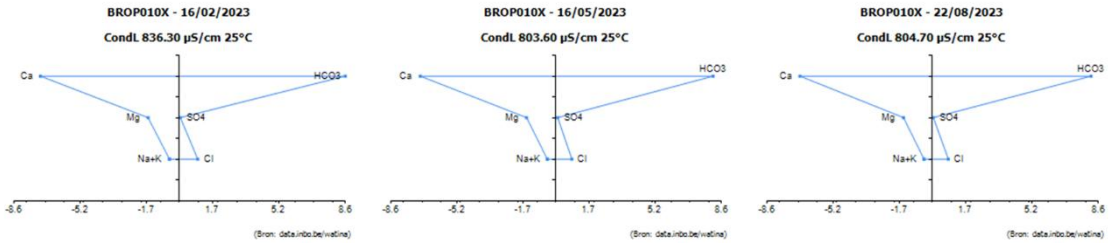
De elektrische geleidbaarheid voor zowel grondwater als bronbeekwater zeer vergelijkbaar en ligt ongeveer rond 800 µS/cm.

Op Figuur 141 worden de grondwaterstalen uit BROP010 en het oppervlaktewaterstaal uit BROR030 afgebeeld op een IR/EC diagram. Alle stalen lijken zeer gelijkaardig te zijn. Ze hebben allemaal ongeveer dezelfde ionenratio en elektrische geleidbaarheid. Het oppervlaktewaterstaal werd genomen uit een greppel aan de Molenbeek.

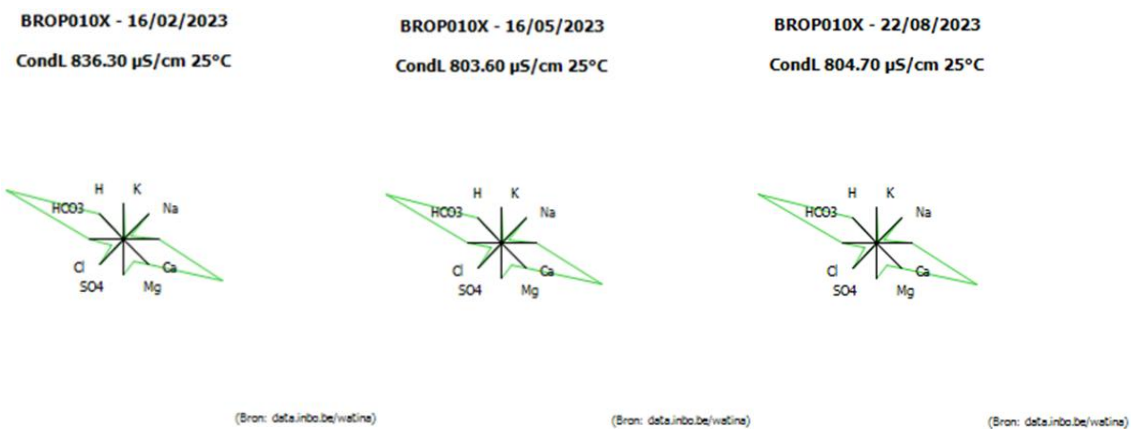


Figuur 141: IR/EC diagram van alle grondwaterstalen uit BROP010 en oppervlaktewaterstaal uit BROR030.

Figuur 142 en Figuur 143 tonen de Stiff en Maucha diagrammen voor het grondwater uit BROP010. Hier blijkt alvast dat het grondwater van een goede kwaliteit is.

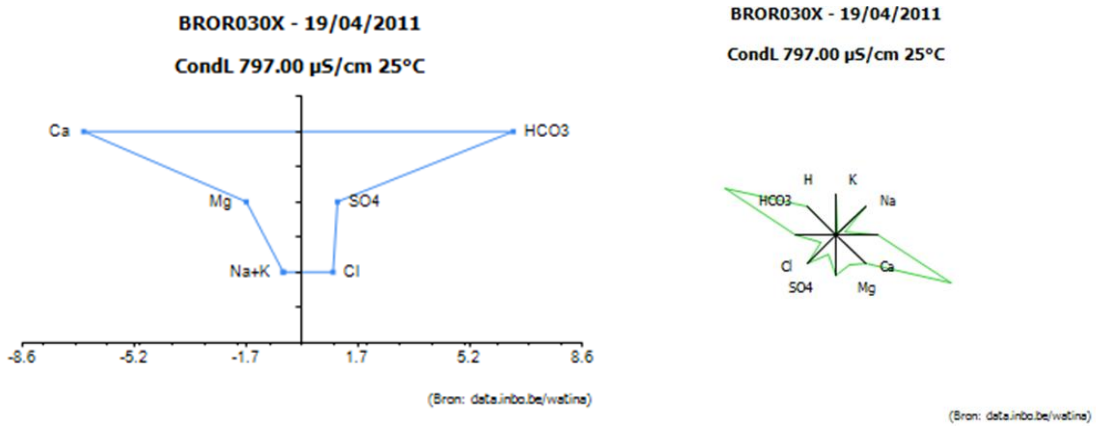


Figuur 142: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP010.



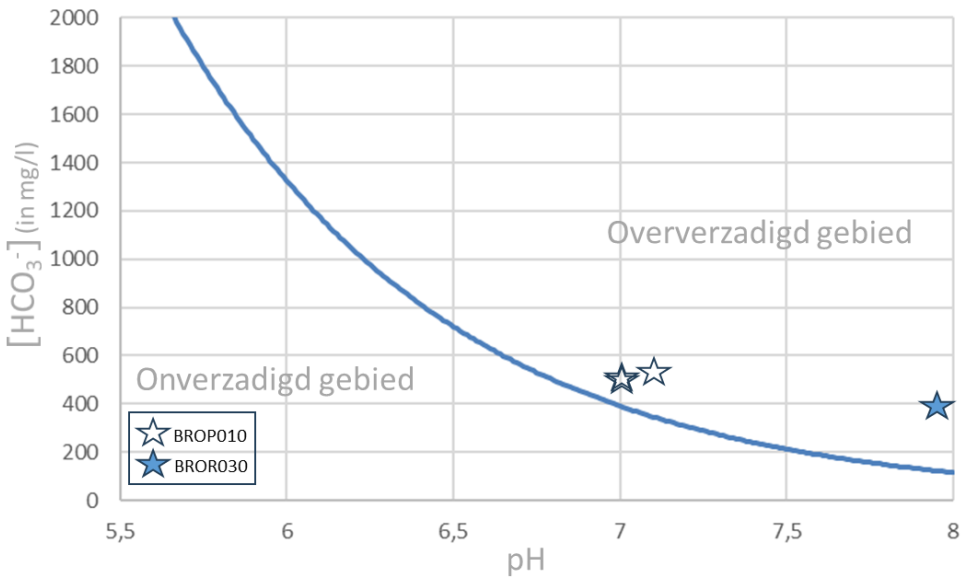
Figuur 143: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP010.

Ook de Stiff en Maucha diagrammen (Figuur 144) van het oppervlaktewater uit BROR030 duiden op een goede waterkwaliteit. In dit oppervlaktewaterstaal lijkt er echter wel een grotere concentratie sulfaat te zijn.



Figuur 144: Stiff en Maucha diagram voor oppervlaktewater uit BROR030.

Aangezien het grondwater uit de Formatie van Heers komt, is het zeer bicarbonaat- en calciumrijk. Het water i sterk oververzadigd voor bicarbonaat (Figuur 145), er is dus een grote kans op afzetting van kalktuf, wat overeenstemt met de realiteit.



Figuur 145: Situering van de Zwarte bron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

Er zijn zeer weinig nutriënten aanwezig in het grondwater. Nitriet en orthofosfaat is in geen enkel staal gevonden (BROR030 had nog oude detectielimieten van respectievelijk 0.030 mg/l en 0.035 mg/l). Nitraat komt maar in zeer kleine concentratie voor in het grondwater. Het bronbeekwaterstaal had wel een sterk verhoogde concentratie van 4.75 mg/l. Ammoniumstikstof komt maar in beperkte mate voor. De concentratie is meetbaar voor de laatste twee grondwatermetingen maar ligt onder 0.2 mg/l.

Sulfaat is zo goed als afwezig in het Heerswater. Ook chloride is met zeer lage concentratie aangetroffen. Het bronbeekwaterstaal (van 2011) had wel een concentratie van 52.1 mg/l sulfaat. Ook de concentratie chloor is hier relatief beperkt. De andere mineralen komen ook in normale, hoge concentraties voor.

8.9.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied

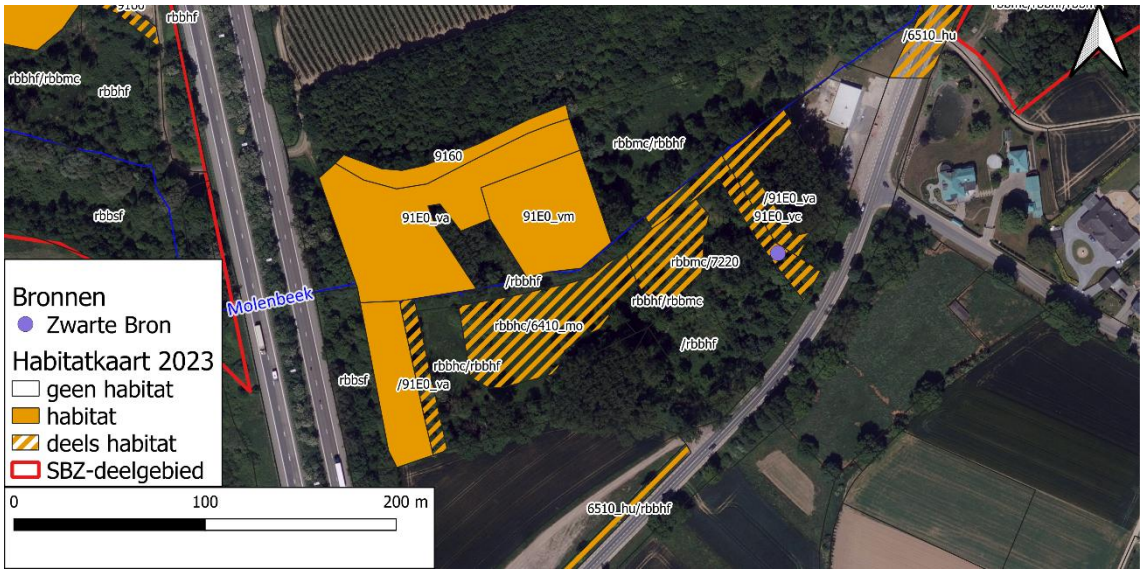
Aan het bronbeekje van de Zwarte Bron werd één keer het debiet gemeten (13 april 2023). Hier is geprobeerd om het brondebiet te meten. Echter, aan de basisvoorwaarde, namelijk het vrij uitstromen van het bronbeekwater, dat van het “V-profiel moet kunnen afvallen, is niet voldaan. Bovendien is dit een uitgestrektere bronnenzone die grotendeels dichtgestort werd, waardoor het “bron”-water overal diffuus de grond komt uitgeperst; het is met andere woorden quasi onmogelijk om het brondebiet in één meetpunt (of zelfs in een paar meetpunten) te meten. De hiernavolgende conclusies gelden dan ook alleen maar voor één van de vele bronbeekjes die in dit gebied stromen. Voor de grondwatervoeding in de directe omgeving werd een waarde van 220 mm/jaar bepaald. Dit komt neer op een berekende oppervlakte van 6.34 hectare als infiltratiegebied.

8.9.3.4 Stroombaananalyse in het grondwater

Gezien deze bron zich ten oosten van de Demer bevindt, en bijgevolg buiten het modelgebied van het grondwatermodel gelegen is, werd er geen stroombaananalyse noch een modelmatige bepaling van het voedingsgebied uitgevoerd voor deze bron.

8.9.4 Vegetatietypering

De kwelzone met bronbeek ligt in een perceel dat gekarteerd staat als rbbmc (grote zeggenvegetatie). Verder stroomafwaarts ligt een deels habitatwaardig complex van rbbhc (dotterbloemgrasland) en 6410_mo (blauwgrasland). Ten noorden van de Molenbeek komt voornamelijk 91E0_va (valleibos) voor. Aan de bronzone staat vrij veel Beekpunge en Groot moerasscherm. De mosbedekking is laag en bestaat uit slechts twee soorten: Gewoon diknerfmos en Beekdikkopmos.



Figuur 146: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de Zwarte Bron.

8.9.5 Lokale staat van Instandhouding

De Zwart Bron bestaat uit een aantal zones waar grondwater artesisch (vanuit de gespannen watervoerende laag van de formatie van heers) uit opwelt. Slechts één kwelzone geeft uit in een bronbeekje/grachtje met duidelijke kalktufafzettingen. Het bronhoofd van dit beekje ligt vergraven in een poeltje met zeer veel kroos. Het kalktufgedeelte begint pas in de stroomafwaarts gelegen gracht maar is relatief beperkt (bedekking van ongeveer 5%). De bedekking aan mossen is ook zeer beperkt (< 1 %) met slechts twee soorten aanwezig (Gewoon diknerfmos en Beekdikkopmos). Er komen vrij veel draadalgen voor in het water.



Afbeelding 8: Bronbeekje van de Zwarte Bron.

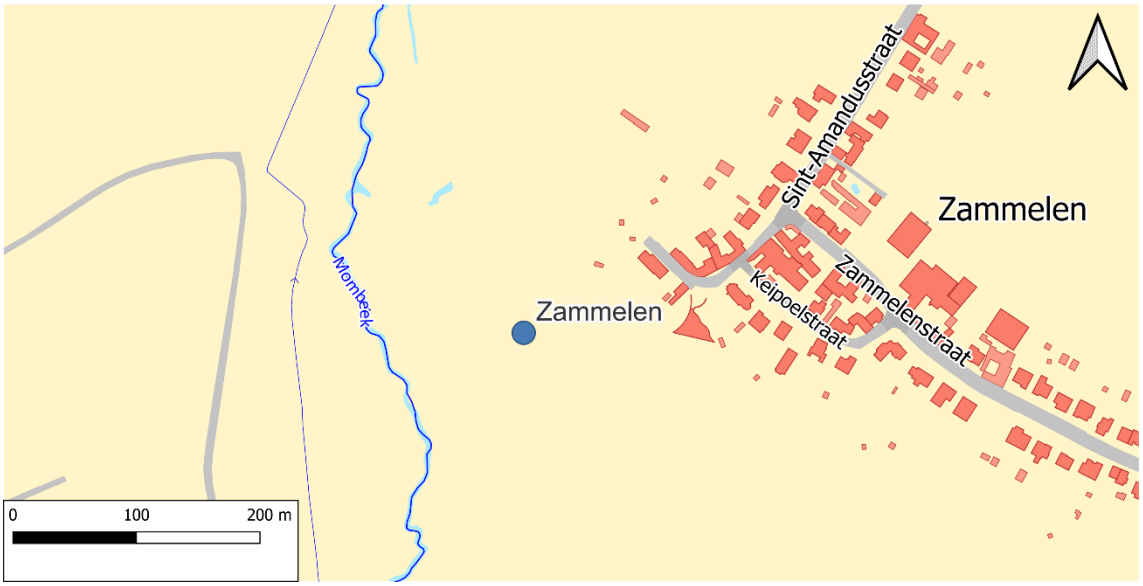
Rondom de bronzone ligt ook veel puin dat afkomstig is van ophogingen/stortingen uit het verleden. Momenteel is het systeem erg verstoord door de vele ingrepen uit het verleden (begreppeling, stortingen, ophogingen, etc.) en lijkt er sprake te zijn van eutrofiëring van grondwater van zeer goede kwaliteit door bijmenging van verontreinigd ondiep grondwater of oppervlaktewater. Om voorgaande redenen verkeert de bron dus niet in een goede lokale staat van instandhouding. Verwijderen van het stortmateriaal is evident aan de orde als verbeterende maatregel.

Tabel 22: Beoordelingsmatrix van de Zwarte Bron met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	weinig Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*)	NEE
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	bedekking < 1%	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	bedekking < 5%	NEE
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	afwezig	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	kalkafzetting beschadigd, aanwezigheid puin	NEE
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	vrij veel algen (> 10 %)	NEE

8.10 ZAMMELEN (BRON 10, HEERS-BRON)

In het focusgebied Zammelen ligt er een bronzone waar kalkrijk grondwater aan de oppervlakte komt. Voor een meer algemene situering van het gebied zie deelrapport: Zammelen. De bronzone ligt aan de basis van de westelijke helling van het plateau waar de oude dorpskern van het dorpje Zammelen op gelegen is. De bron ligt onderaan de oostelijke flank net boven de valleigronden van de Mombeek.

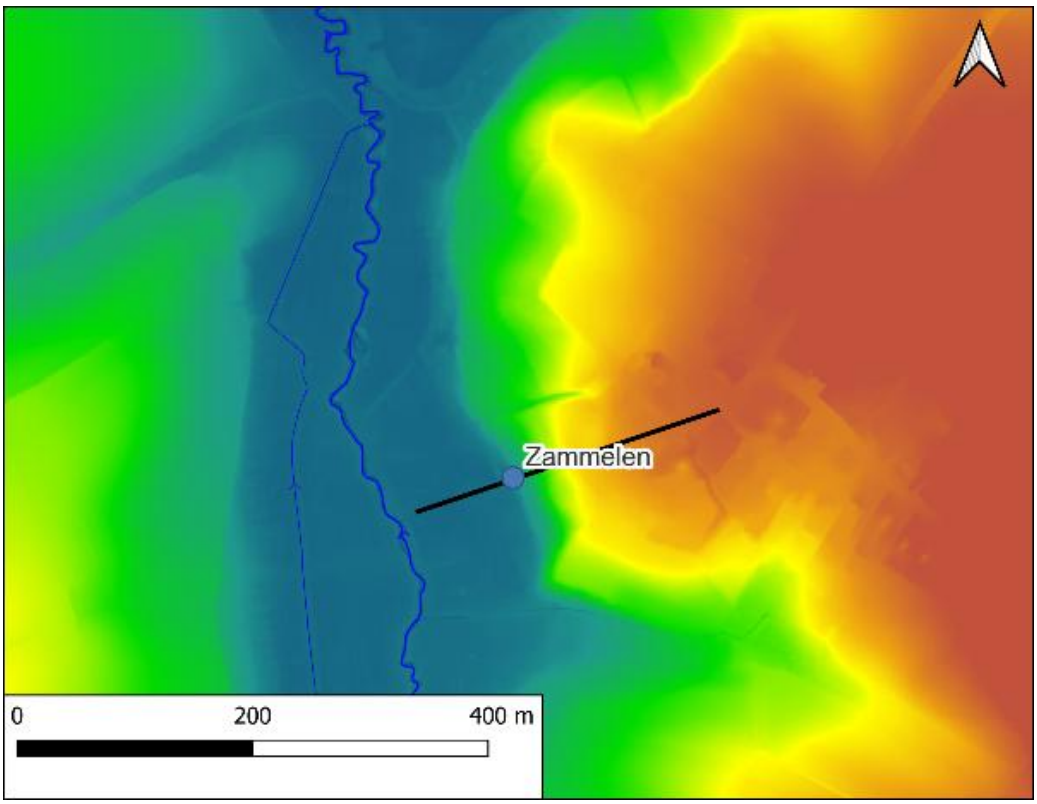


Figuur 147: Situering van de bron aan Zammelen op de GRB-basiskaart.

8.10.1 Topografie en Hydrografie

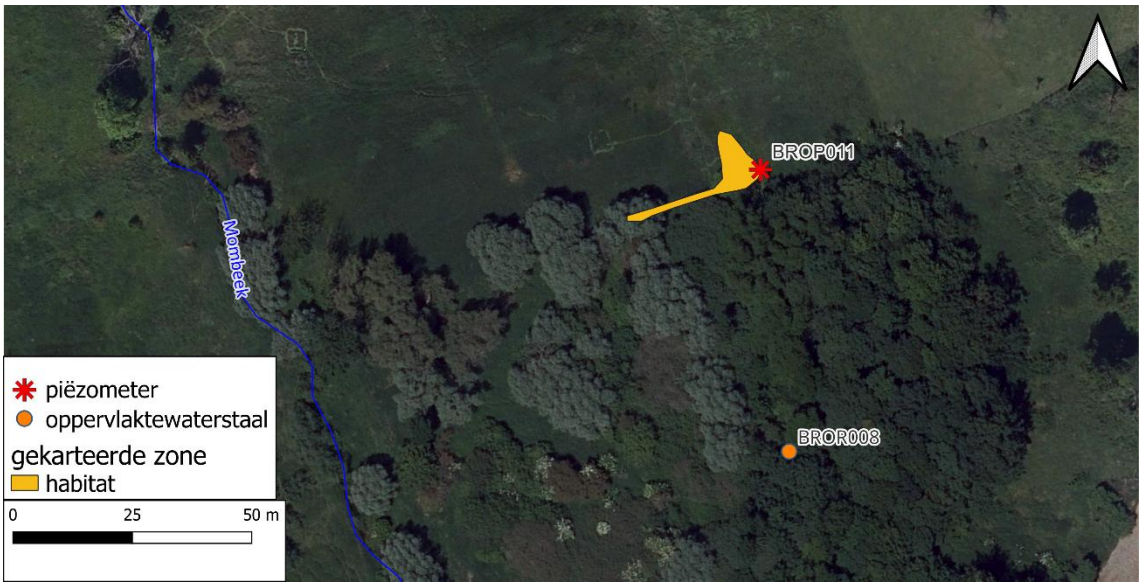
Het water treedt uit onderaan de helling en vormt een diffuse bronzone en een bronbeekje dat richting de Mombeek loopt. Het ligt op de scheiding van een open dotterbloemgrasland (in de vallei) een soortenrijk kamgrasland op de flank en een meer gesloten complex van moerasspirearuigte en moerasbos.

Centraal in de vallei stroomt de Mombeek. De bron van Zammelen bestaat uit een bronhoofd, bronbeekje en een kwelzone aan de voet van de helling. Hier komt kalkrijk grondwater aan het oppervlak dat zich verzamelt in een bronzone en bronbeekje dat doorstroomt richting Mombeek. Het debiet is beperkt (naar schatting << 1 l/sec) Het beekje heeft een lengte van ongeveer 30 meter waarna het verdwijnt in de ondergrond. Het beekje loopt dus niet uit in de Mombeek.



Figuur 148: Detailtopografie in de omgeving van Zammelen met aanduiding van de bronlocatie op een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II).

Op Figuur 149 wordt de ingemeten bronzone weergegeven. Deze heeft een oppervlakte van 106 m^2. Zoals hierboven vermeld, verdwijnt het bronbeekje na een dertigtal meter onder het maaiveld.



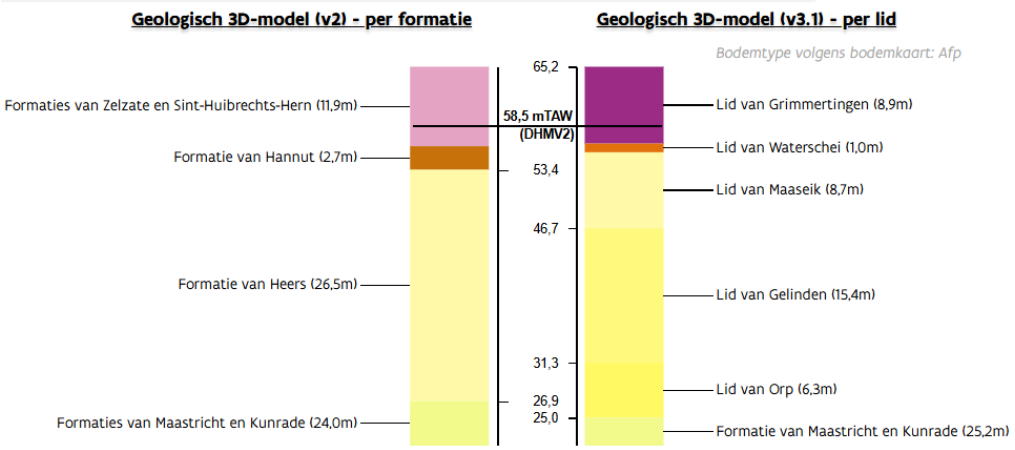
Figuur 149: Ingemeten bronzone aan Zammelen met aanduiding van piëzometer BROP011 en oppervlaktewatermeetpunt BROR008.

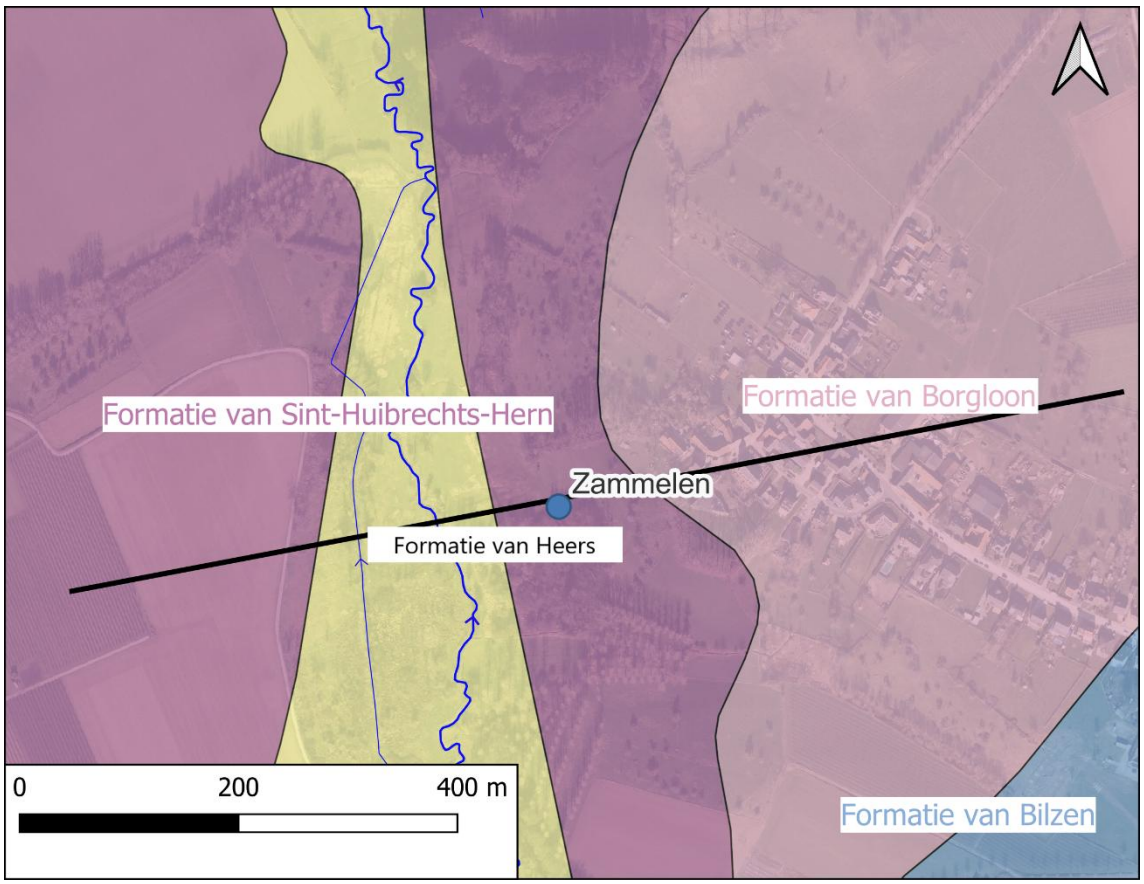
8.10.2 Geohydrologie

De bovenste tertiair geologische laag in het diepste valleigedeelte van Zammelen is de formatie van Heers. De vallei heeft zich tot in dit bovenste lid ingesneden. De Formatie van Sint-Huibrechts-Hern ligt in belangrijke mate wel nog tot op de valleirand en hellingen. De hellingen bestaan voornamelijk uit de Formatie van Borgloon met daarop in de hoogste gedeeltes de Formatie van Bilzen.

De Formatie van Borgloon bestaat onderaan uit de klei van Henis (zware groene en grijze klei bedekt door een zwarte ligniet-houdende klei) met daarboven de grove en schelpenrijke zanden van Alden Biesen. Hieronder ligt de formatie van Sint-Huibrechts-Hern die op te delen is in twee leden: bovenaan de zanden van Neerrepen en daaronder het kleiige zand van Grimmertingen. De vallei van de Mombeek is hier dwars door die geologische langen ingesneden tot op de onderliggende Formatie van Heers. Deze Formatie bestaat uit twee leden. Het onderste lid van Orp bestaat uit kleiig groen glauconiethoudend zand. Hierboven ligt het lid van Gelinden dat uit mergel bestaat (en zeer kalkrijk is).

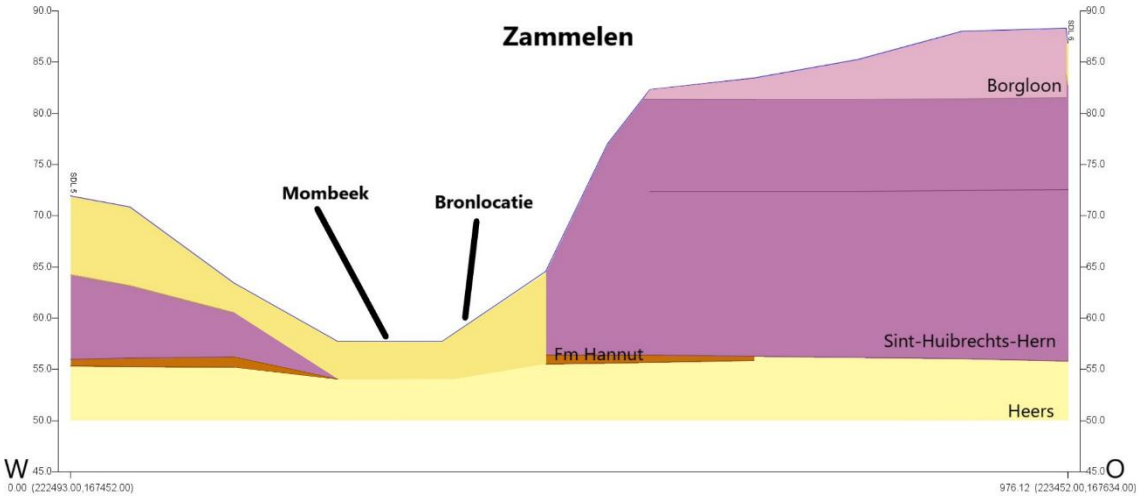
Aangezien de bronzone zich onderaan de helling bevindt, is er enige tijd twijfel geweest of het watervoerende pakket hier de formatie van Sint-Huibrechts-Hern dan wel de formatie van Heers was. Door de ligging van de diffuse bronzone en vergelijking van de chemische samenstelling met water van andere bronnen (zie Tabel 2 & Tabel 23) lijkt het er eerder op dat het grondwater zijn oorsprong vindt in de Formatie van Heers. Het water komt onder spanning vanuit de ondergrond geperst. Dit is dus een zgn. “Heers-bron”.





Figuur 150: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Zammelen met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 151).

Op Figuur 151 worden de tertiair geologische formaties weergeven op een dwarsdoorsnede doorheen de bronlocatie in Zammelen. De oostelijke valleihelling is een stuk steiler dan de westelijke. Aan de voet van deze helling ligt de bronzone. In de vallei zelf wordt, zoals hierboven al vermeld, de Formatie van Heers aangesneden. Door het aansnijden van deze laag komt zeer kalkrijk grondwater aan de oppervlakte en kan er een kalktufbron ontstaan.

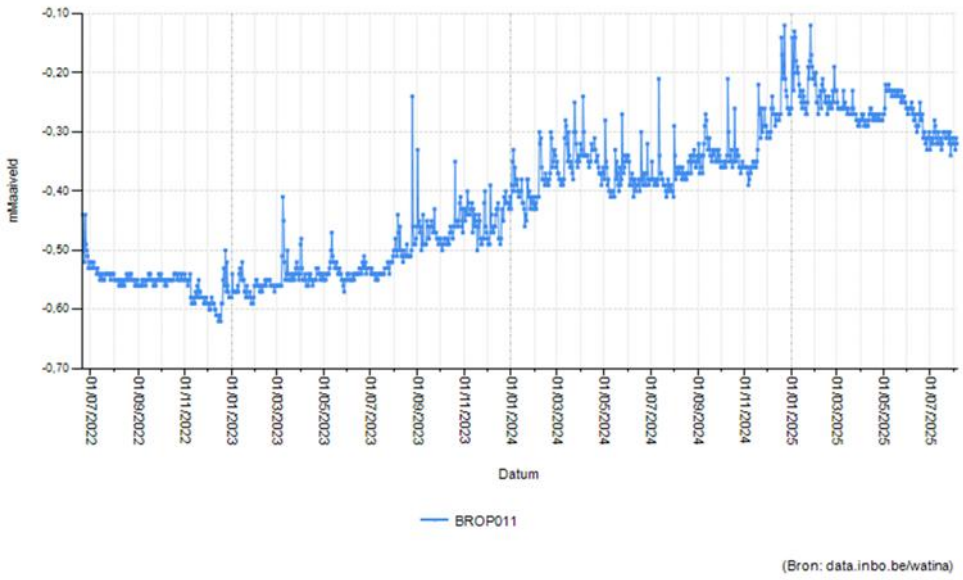


Figuur 151: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Zammelen (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 150.

8.10.3 Grondwater

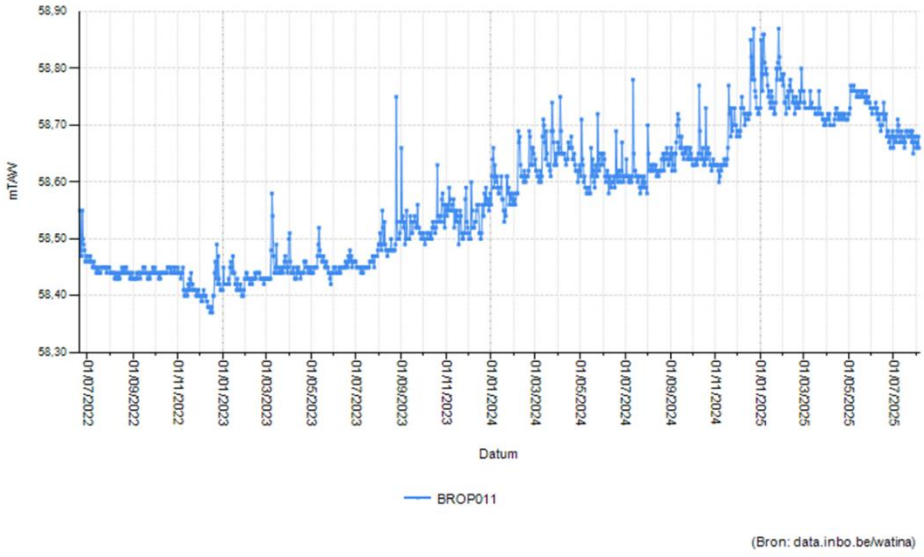
8.10.3.1 Grondwaterpeilen

Op Figuur 152 staat de tijdreeks van het grondwaterpeil (in meter-mv) voor meetpunt BROP011. De metingen starten op 21 juni 2022. Er is zo goed als geen seizoenale fluctuatie waar te nemen. Neerslagpiekjes zijn wel, in beperkte mate, te zien In het begin van de meetperiode (zomer 2022) stagneert het peil om vervolgens over de seizoenen en jaren nagenoeg constant te blijven stijgen. In de lente en zomer van 2025 vlakt de tijdreeks uit.



Figuur 152: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) Zammelen bron (BROP011).

Aan de piëzometer BROP011 ligt het maaiveld op een hoogte van 59.00 m T.A.W.. Deze staat nog op de helling boven het eigenlijke bronhoofd.



Figuur 153: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater Zammelen-bron (BROP011).

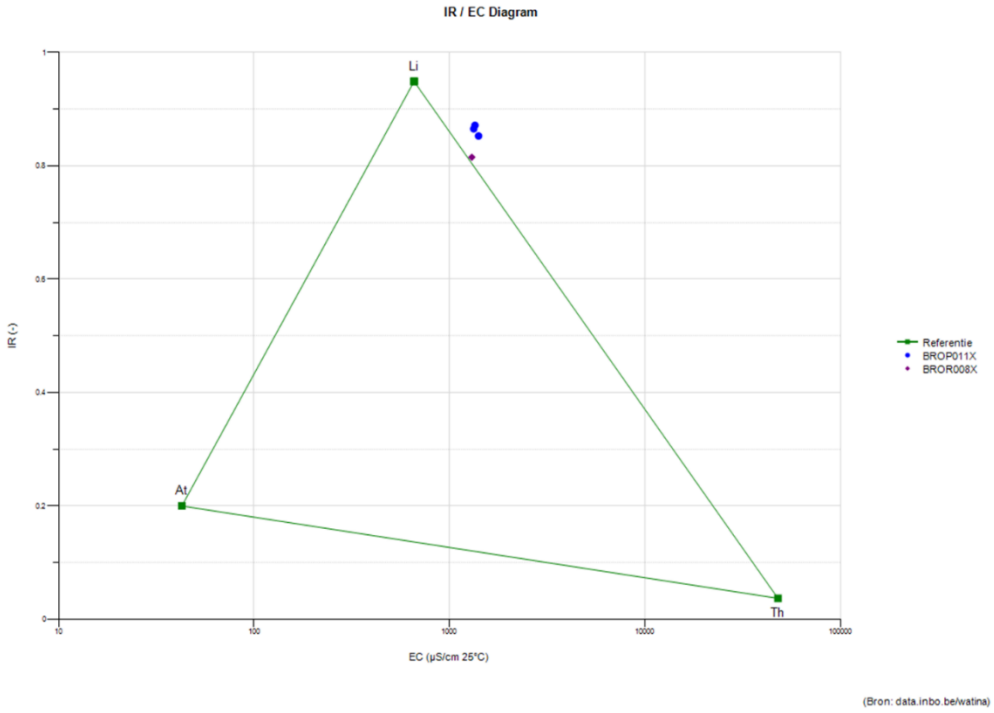
8.10.3.2 Grondwaterkwaliteit

In Tabel 23 worden de resultaten van de chemische analyses van de grondwaterstalen (BROP011) op drie momenten in 2023 en een ouder staal van het bronbeekwaterstaal (BROR008 (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012) weergeven.

Tabel 23: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP011) & bronbeekwater (BROR008) in Zammelen.

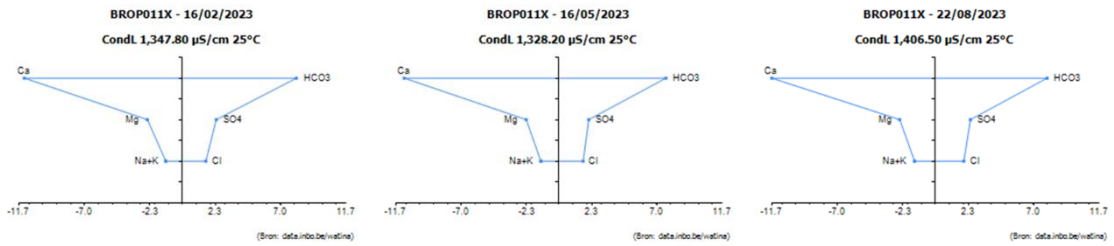
Datum	Meetpunt Code	EC_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
19/04/2011	BROR008	1300	7,8	469	19,25	0,613	0,16	0,035	167	74,5	54,8	30,2	186,0	26,90	0,05	-
16/02/2023	BROP011	1348	7,4	497	37,87	0,015	0,02	0,015	116	59,1	26,6	1,9	226,9	30,56	0,05	0,05
16/05/2023	BROP011	1328	7,1	468	41,01	0,015	0,02	0,015	103	61,3	28,9	2,0	222,6	28,65	0,05	0,05
22/08/2023	BROP011	1407	7,0	487	45,58	0,015	0,02	0,015	120	71,7	33,1	2,5	235,0	31,18	0,05	0,05

Figuur 154 geeft de grondwaterstalen uit BROP011 en het oppervlaktewater uit BROR008 weer op het IR/EC diagram. In één oogopslag is te zien dat de elektrische geleidbaarheid hier zeer hoog is. Alle metingen, inclusief oppervlaktewater zijn naar rechts verschoven.

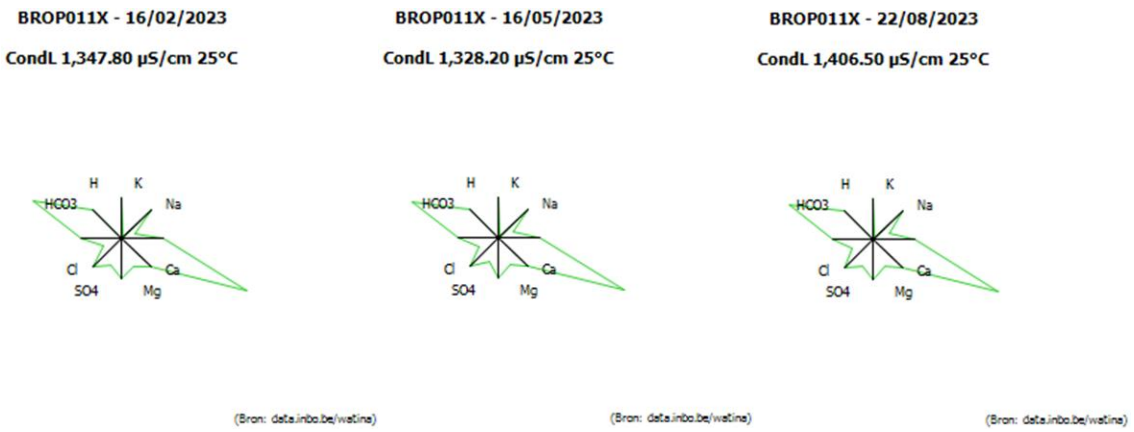


Figuur 154: IR/EC diagram van alle grondwaterstalen uit BROP011 en oppervlaktewaterstaal uit BROR008.

Figuur 155 en Figuur 156 tonen de Stiff en Maucha diagrammen van het grondwater uit BROP011.

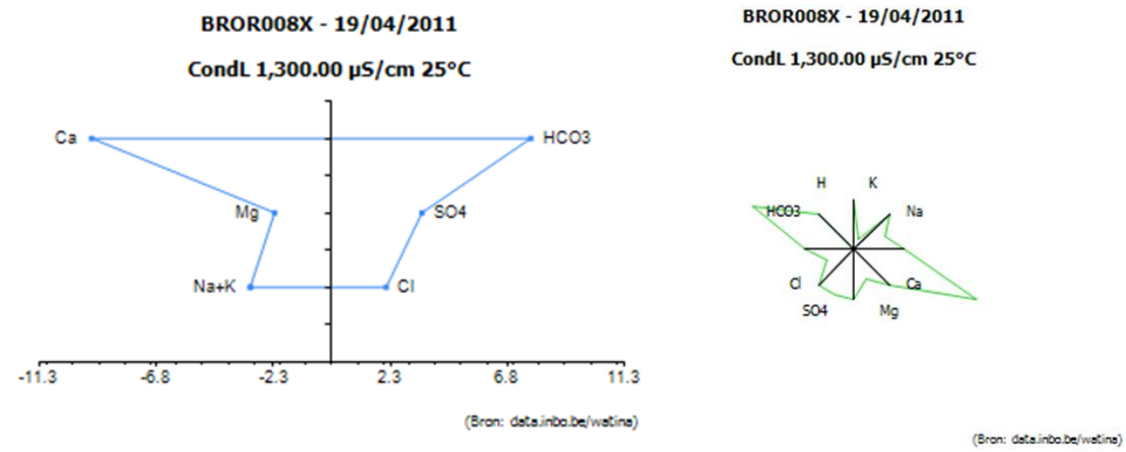


Figuur 155: Stiff diagrammen voor grondwater (BROP011) in Zammelen.



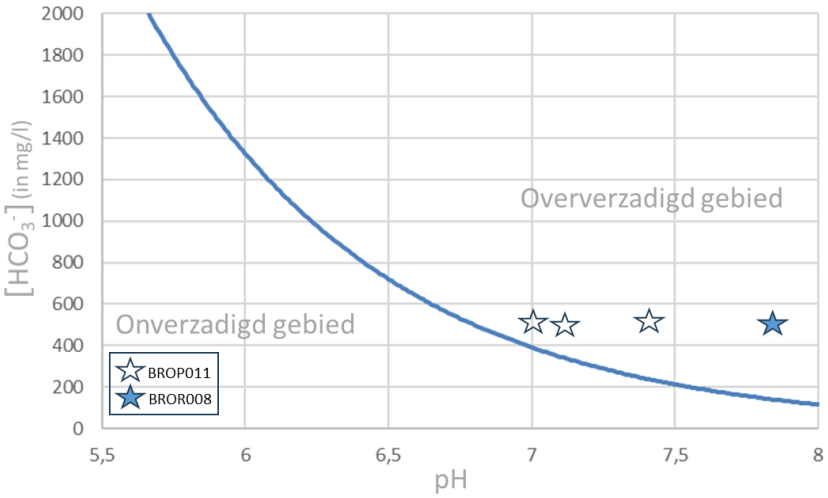
Figuur 156: Maucha diagrammen voor grondwater (BROP011) in Zammelen.

Figuur 157 toont het Stiff en Maucha diagram voor oppervlaktewater uit BROR008.



Figuur 157: Stiff en Maucha diagram voor het bronbeekwater (BROR008) in Zammelen.

Waarden voor elektrische geleidbaarheid van rond de 1300 – 1400 µS/cm zijn erg hoog en komen in natuurlijke omstandigheden in het binnenland van Vlaanderen maar voor in een beperkt aantal natuurgebieden waar sprake is van kalkmoeras (Torfbroek in Vlaams-Brabant, Moervaartdepressie Oost-Vlaanderen, …). Er was tot deze studie zo goed als geen ervaring met de chemische samenstelling van water uit de Formatie van Heers gestroomd is. In ieder geval is het geen water uit de formatie van Sint-Huibrechts-Hern (vergelijk bv met de Harenbron Tabel 8). Hier is zeker sprake van bicarbonaat-oververzadiging (Figuur 158) en dus een grote kans op het afzetten van kalktuf. Dat werd ook waargenomen op het terrein.



Figuur 158: Situering van de Zammelen-bron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

De concentratie nitraat ligt hier extreem hoog. In het grondwater liggen ze tussen 37 en 45 mg N/l. Dat is ruim vier keer zo hoog als de VLAREMII-norm (die al erg tolerant is). In het bronbeekwater werd in 2011 al een concentratie van 19.25 mg/l gemeten. Deze vervuiling moet al langere tijd in het systeem aanwezig zijn. Aangezien de concentraties zo hoog zijn en water uit de formatie van Heers in regel niet aangerijkt is met nutriënten, is het zeer waarschijnlijk dat deze concentraties afkomstig zijn van een plaatselijke vervuilingsbron (lekkende mestkelder of plaatselijke afvalwaterlozing in de ondergrond). In het grondwater werden voor andere nutriënten (nitriet, ammonium en orthofosfaat) erg lage concentraties (< bepaalbaarheidsgrens) aangetroffen. Het heeft er alle schijn van da de vervuiling niet toe te schrijven is aan het grondwater uit de formatie van heers, maar wel afkomstig is uit grondwater van de formatie van St. Huibrechts Hern, dat samen met het Heerswater in de bron uitstroomt.

Sulfaat en chloride concentraties zijn echter ook sterk verhoogd, wat ook aan vervuiling moet toegeschreven worden. In het bronbeekwater werd in 2011 wel wat nitrietstikstof (0.613 mg/l) en ammoniumstikstof (0.16 mg/l) gemeten.

8.10.3.3 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied

Aangezien het debiet van het bronbeekje te klein is, was geen debietmeting mogelijk. Hier is dus geen oppervlakte van het infiltratiegebied bepaald. Vermoedelijk komt het grondwater hier van iets verder (= regionale kwel) aangezien we vermoeden dat het uittredend grondwater door de Formatie van Heers gepasseerd is en bevindt er zich een nitraatbron in de dorpskern van Zammelen (bv. lekkende mestput).

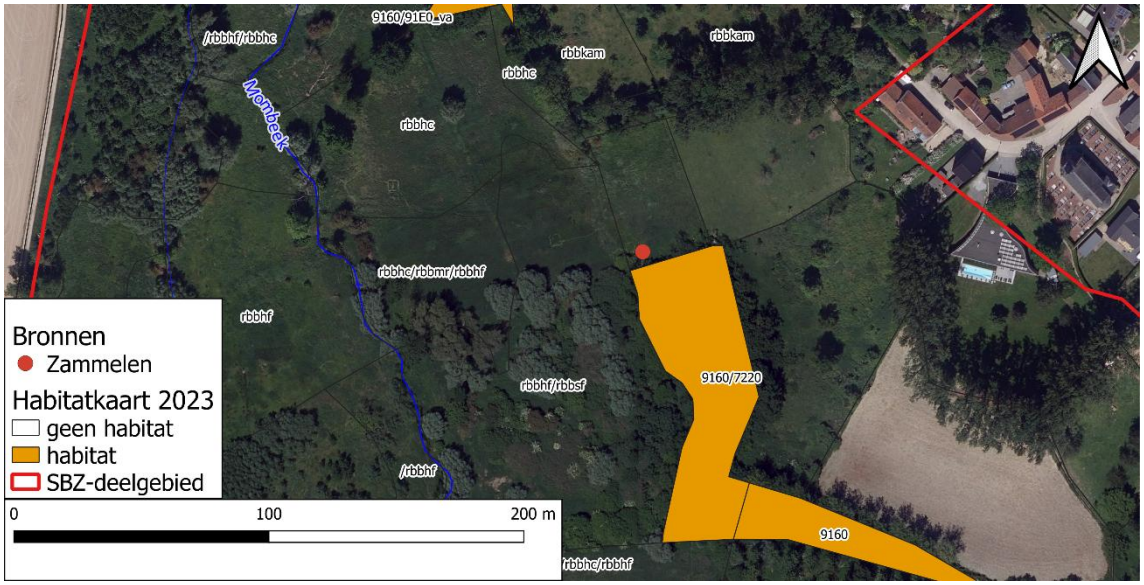
8.10.3.4 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

Gezien deze bron afkomstig is uit de Formatie van Heers, en niet van water dat afstroomt van boven de Formatie van Henis, is ze niet zichtbaar in het de bestaande bronnen-grondwatermodellen en kwam ze niet in aanmerking om een stroombaananalyse uit te voeren.

8.10.4 Vegetatietypering

Voor een volledige beschrijving van het focusgebied, zie deelrapport: Zammelen. De bronlocatie is gelegen in een niet-habitatwaardig perceel dat gekarteerd staat als hpr*: soortenrijk

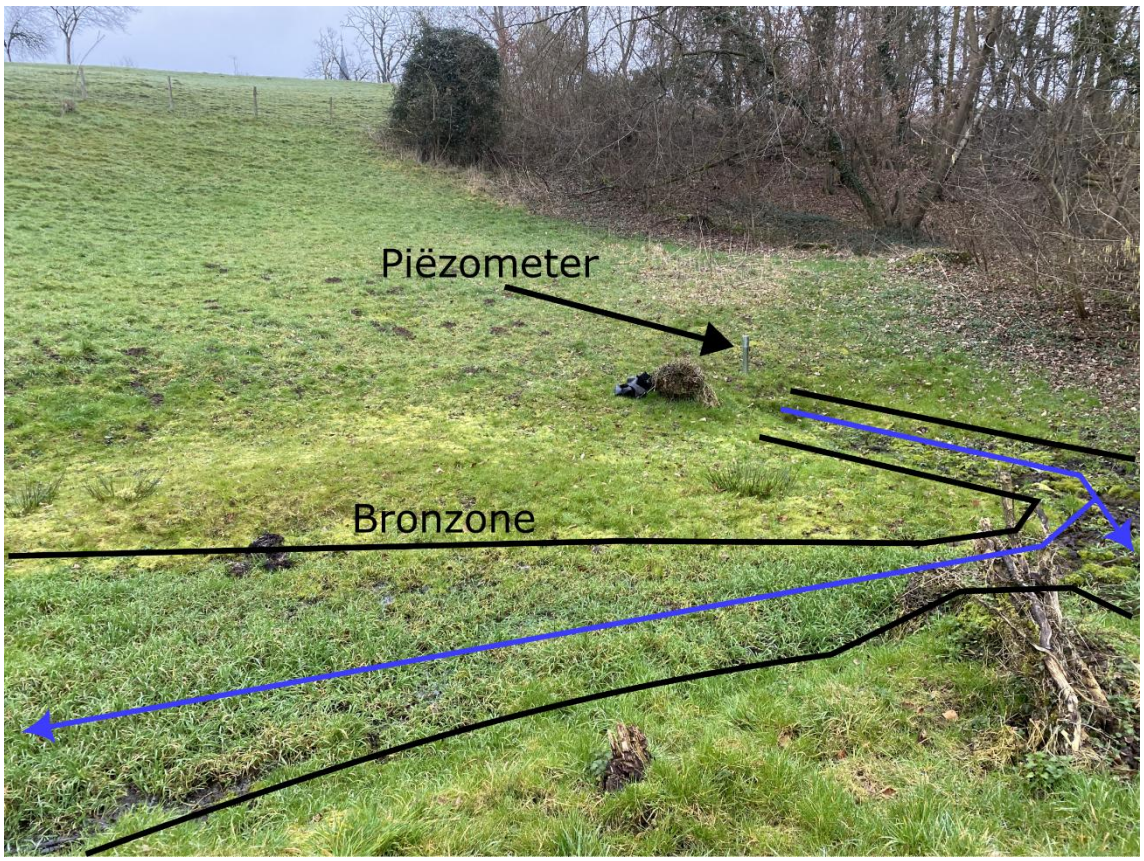
permanent cultuurgrasland met microreliëf. Ten zuiden hiervan ligt een stukje goed ontwikkeld 9160: eiken-haagbeukenbos . Hier bloeit ieder jaar zeer veel Daslook. In dit perceel staat ook het habitattype 7220 aangeduid aangezien het bronbeekje langsheen dit perceel loopt. Het eigenlijke bronhoofd ligt dus iets meer naar het noorden in het grasland. Voorkomen van habitattype 7220 is hier weliswaar zeer beperkt.



Figuur 159: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Zammelen.

8.10.5 Lokale staat van Instandhouding

Aan de bron van Zammelen groeit vooral Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en in mindere mate Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*). De bron heeft een goede habitatstructuur met actieve kalkafzetting en wordt weinig verstoord. Het grasland wordt jaarlijks wel gemaaid met behulp van een bosmaaier.



Afbeelding 9: Bronzone van kalktufbron aan Zammelen met aanduiding van BROP011.

De bron, ondanks de kleine oppervlakte, verkeerd volgens de beoordeling in een goede staat van instandhouding. Hier moet wel de kanttekening bijgemaakt worden dat dit systeem al geruime tijd onderhevig is aan een sterke structurele vervuiling met nitraat en dat er een zeer hoog risico op eutrofiëring is (bv. wanneer er ook fosfaat zou terechtkomen in het grondwater).

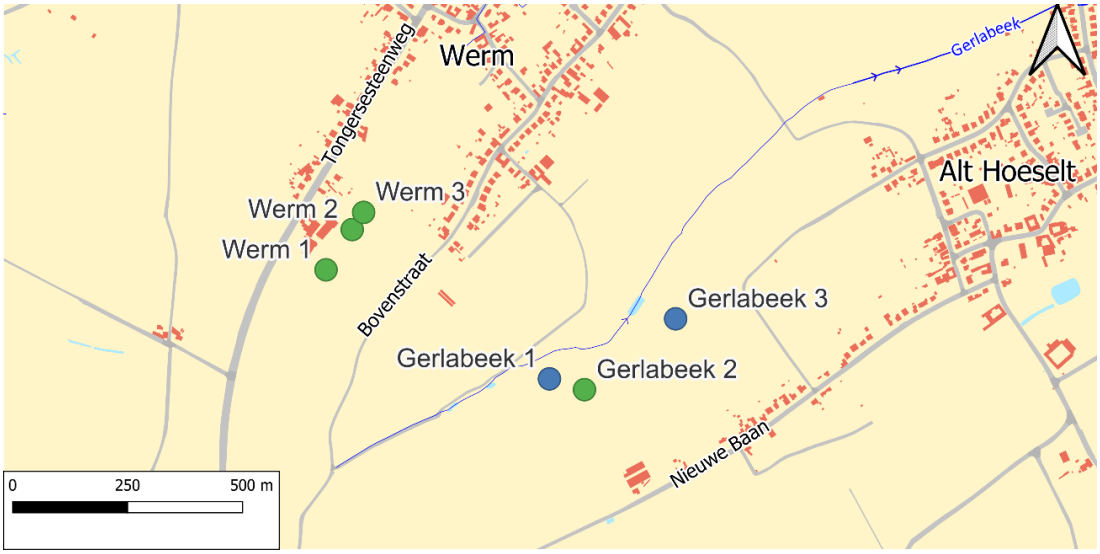
Tabel 24: Beoordelingsmatrix van de bron aan Zammelen met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	veel Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*)	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	bedekking mos = 10 %	JA
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	bedekking kalktuf = 40%	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen slib of zand	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	geen afval, geen betreding, wel jaarlijks gemaaid	JA
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	geen draadalgen	JA

8.11 GERLABEEK (BRON 11 – BILZEN-BRON)

Het natuurgebiedje “de Gerlabeek” is (een beetje verwarrend) gelegen in een gelijknamig valleitje aan de noordwestrand van het zogenaamde oostelijke geohydrologische eiland (zie Figuur 11) leemplateau van Haspengouw dat ter hoogte van het dorpje Alt Hoeselt insnijdt, ten noorden van Tongeren. In het noordwesten ligt, boven op de noordwestelijke valleiflank, het dorpje Werm.

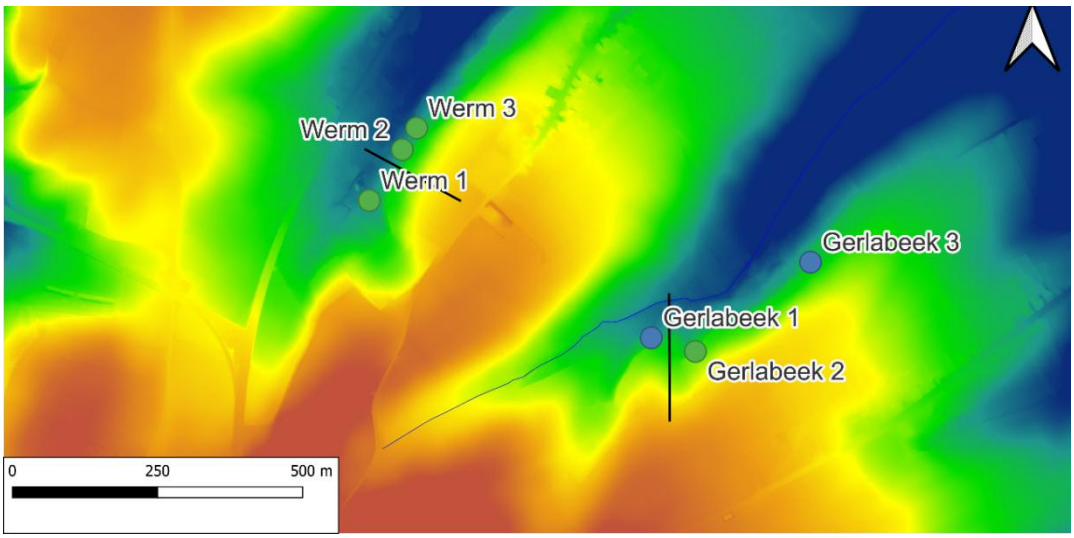
In dit gebied werden geen hydrologische meetpunten voorzien zoals dat in de meeste andere brongebieden van deze studie wel het geval was. Hier liep een project vanuit het ANB waarbij multiparameter-sensoren van de firma I-flux getest werden op bruikbaarheid voor het oplossen van vraagstellingen vanuit het ANB. Hier zijn dan ook geen tijdreeksen van peilmetingen verzameld of (volledige) chemische analysen uitgevoerd op het grondwater. De verwerkte informatie is dus enigszins anders dan voor de meeste brongebiedjes.



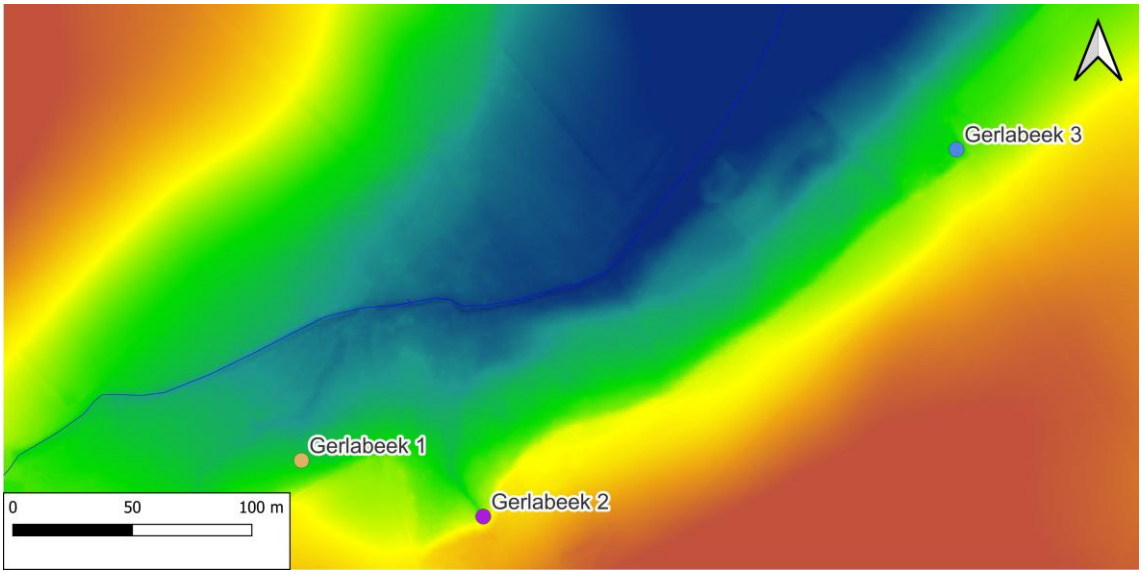
Figuur 160: Situering van de bronnen aan de Gerlabeek en Werm op de GRB-basiskaart.

8.11.1 Topografie en Hydrografie

Topografisch gezien ligt het natuurgebiedje in een inham van een steile flank aan de oostzijde van het zgn. oostelijke geohydrologische eiland. De Gerlabeek wordt in het zuiden begrensd door een helling waaruit de bronnetjes ontstaan. Deze valleitjes zijn veel groter dan zou verwacht worden op basis van het debiet van de aanwezige beekjes. Ze zijn dan ook ontstaan door fluviatiele processen tijdens het Holoceen en/of Tardiglaciaal. Het zijn zgn. droge dalen die het gevolg zijn van verplaatsende ontdooide toplagen in permafrostlandschappen.

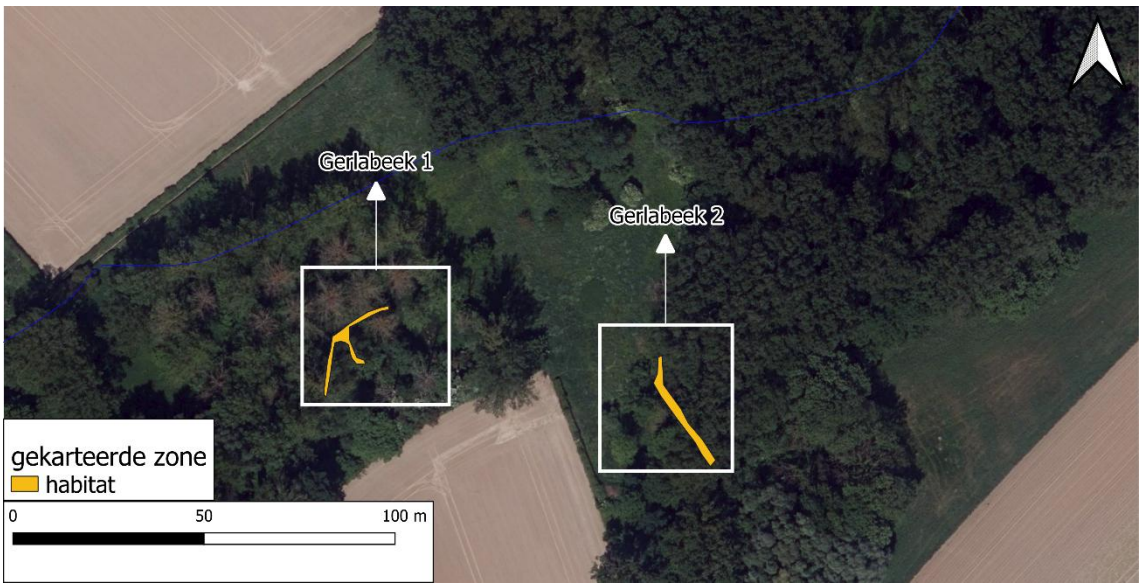


Figuur 161: Detailtopografie in de omgeving van de Gerlabeek en Werm met aanduiding van de dwarsprofielen (uit DHM Vlaanderen II).



Figuur 162: Detailtopografie in de omgeving van de Gerlabeek (uit DHM Vlaanderen II).

Op Figuur 163 staan de ingemeten bronzones aan de Gerlabeek. Deze zijn vrij beperkt qua oppervlakte. Gerlabeek 1 heeft een bronzone van 49.5 m^2 en Gerlabeek 2 heeft een bronzone van 65.4 m^2.

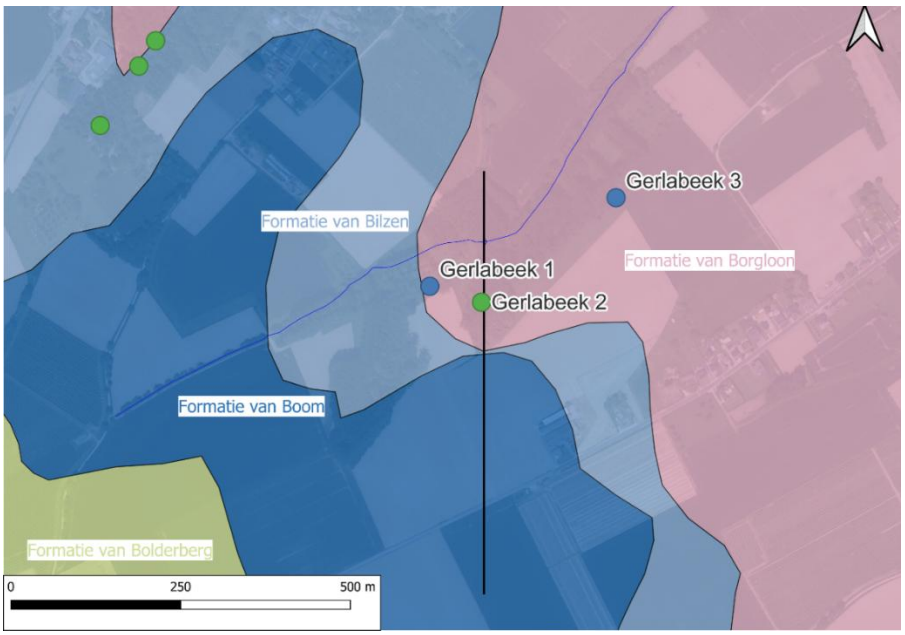


Figuur 163: Ingemeten bronzones aan de Gerlabeek.

8.11.2 Geohydrologie

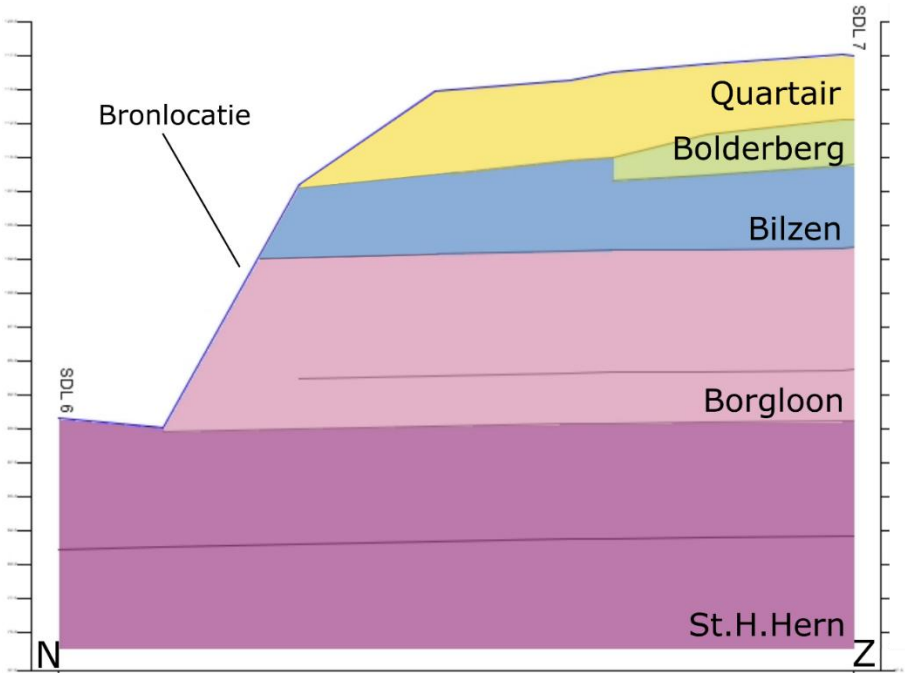
Geohydrologisch gezien ligt de Gerlabeek aan de noordoostzijde van het oostelijke “geohydrologisch eiland” waar nog andere, in dit rapport besproken bronnen op liggen. Op de tertiaire geologische kaart (Figuur 164) staat de Formatie van Boom en de formatie van Bolderberg op het plateau aangegeven. In recentere versies van het geologisch 3D-model (hier: versie 3.1) staan deze niet meer vermeld in dit gebied. Of beide formaties al dan niet voorkomen is weinig relevant voor het voorkomen van de bronnen in dit gebied. Immers, onder de (veronderstelde) formatie van Boom, komen ook nog de formaties van Bilzen en Borgloon voor.

De bronlocaties liggen op de bovenkant van het onderste lid van de Formatie van Borgloon, de klei van Henis.



Figuur 164: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. de Gerlabeek met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 165).

Het bronwater van de bronnen in het natuurgebied van de Gerlabeek is met andere woorden afkomstig uit de formatie van Bilzen (enkel zanden van berg zijn hier aanwezig) en de formatie van Borgloon. Op Figuur 165 wordt de tertiaire geologie gevisualiseerd a.d.h.v. een geologische dwarsdoorsnede. Het gaat dus om een zgn. “Bilzenbron”.



Figuur 165: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. de Gerlabeek (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 164.

8.11.3 Grondwater

8.11.3.1 iFlux-metingen

In een eerdere studie werden (op vraag van het ANB) in twee bronnen in het gebied (Gerlabeek 1 & 2) door het bedrijf iFLUX een testopstelling geplaatst om in hydrologische meetpunten (i.c. piëzometers) en in situ en hoogfrequent (op uurlijkse basis) grondwaterstroomrichting en de nitraatconcentraties te registreren. De resultaten van die meetcampagne wordt hier kort toegelicht. Andere metingen zoals bijvoorbeeld grondwaterstalen voor chemische analyse, werden in het kader van dit project niet uitgevoerd.

8.11.3.2 Plaatsing peilbuizen

Net boven bron Gerlabeek 1 werd een meetpunt geïnstalleerd op een diepte van 120 cm onder het maaiveld. De filter beslaat de onderste 86 cm (tussen 0.34 – 1.20 m-mv). Tussen 0 en 40 cm onder maaiveld werd een bentonietstop aangebracht.

De bovenste 30 cm van de bodem bestaat uit organisch materiaal waarvan een deel gehumificeerd in minerale fractie. Tussen 30 en 57 cm komt een compacte kleilaag voor gemengd met zand. Tussen 57 tot 80 cm wordt het zandig met grove korrels en schelpen. Vanaf 80 cm tot 120 cm ligt weer compacte lichtgrijze klei met hier en daar nog grovere korrels. Onder 120 cm (tot 150 cm) ligt er groen tot blauwe zeer compacte klei met af en toe nog grotere kiezels.

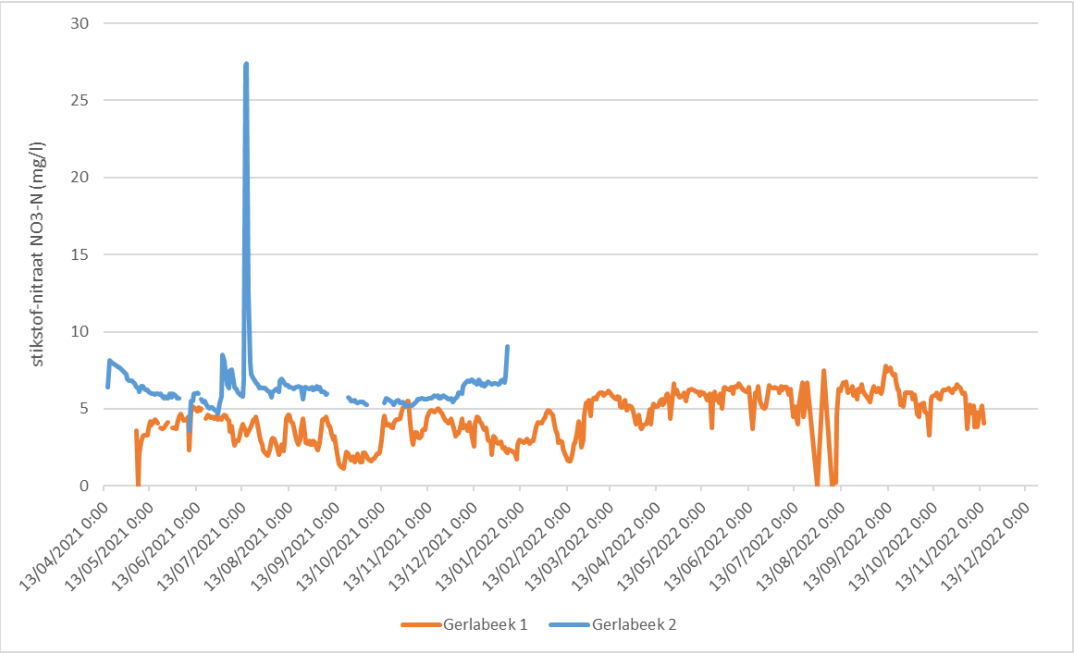
Aan de bron Gerlabeek 2 werd een tweede meetpunt geïnstalleerd tot een diepte van 1.30 m-mv. De filter beslaat de onderste meter.

De organische en gehumificeerde minerale fractie gaat hier tot 40 cm diep. Uit 40 tot 60 cm werd weinig materiaal gehaald. Hier werden geen schelpen teruggevonden. Met de Edelman boor werden grove korrels en veel wortels gevonden. Vanaf 60 cm tot 200 cm lag een kleiige laag met af en toe zwarte stukken. Dieper kwam een schijnbaar andere kleilaag voor met grovere partikels. Tussen 220 cm en 250 cm werd nog en groene tot blauwe compacte kleilaag gevonden.

8.11.3.3 Metingen

In de meetpunten van de Gerlabeek zijn geen klassieke grondwaterstalen genomen. In Figuur 166 wordt de tijdreeks van uurlijks gemeten nitraatstikstof concentratie in de bronnen Gerlabeek 1 & 2 weergeven. De bemeten periode liep van half april 2021 tot eind 2022. Het bronwater in Gerlabeek 1 heeft een gemiddelde nitraatconcentratie van 4.28 mg N/l.

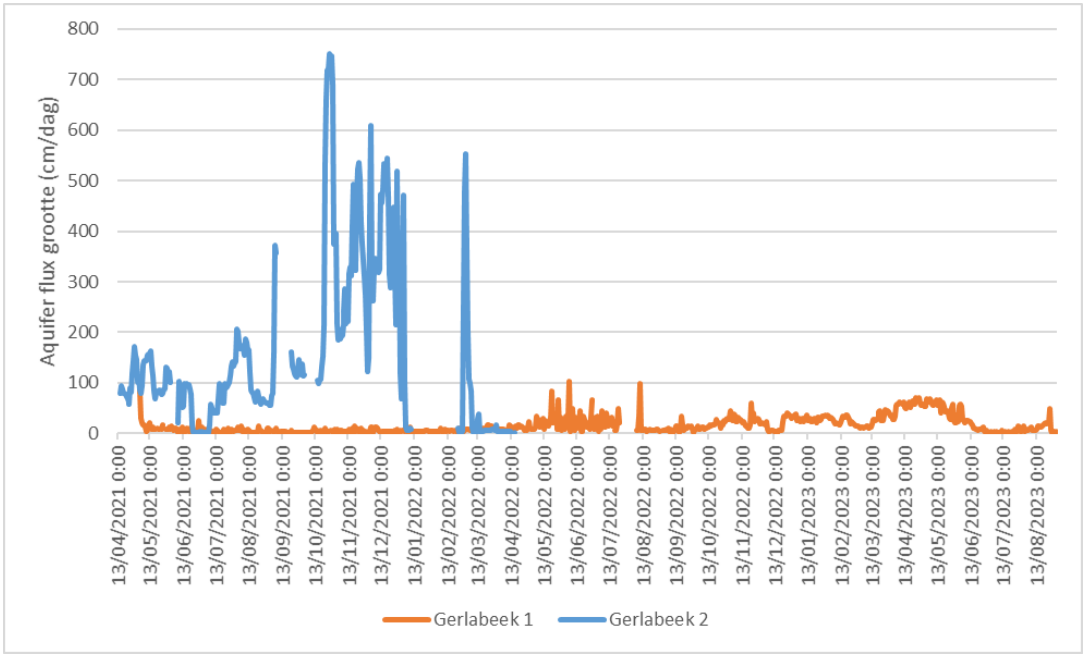
De tijdreeks van de nitraatconcentraties in het bronwater in Gerlabeek 2 is korter (tot einde december 2021) en vertoont wat meer haperingen. Daar is de gemiddelde nitraatconcentratie van 5.21 mg N/l. Op 15 en 16 juli 2021 werd een nitraatstikstofpiek waargenomen in Gerlabeek 2 van respectievelijk 27.30 en 27.40 mg/l. De plotse nulmetingen in augustus 2022 aan de tijdreeks van nitraatconcentratie in de bron Gerlabeek 1 zijn vermoedelijk aan droogstand van het meetpunt te wijten.



Figuur 166: Gemeten concentratie nitraatstikstof (NO_3-N) in mg N/l aan Gerlabeek 1 en Gerlabeek 2.

De grondwaterfluxen voor Gerlabeek 2 zijn groter hoger bij dan bij Gerlabeek 1 (zie Figuur 167). Opvallend is in de zomer van 2022 Gerlabeek 2 nagenoeg volledig stilvalt.

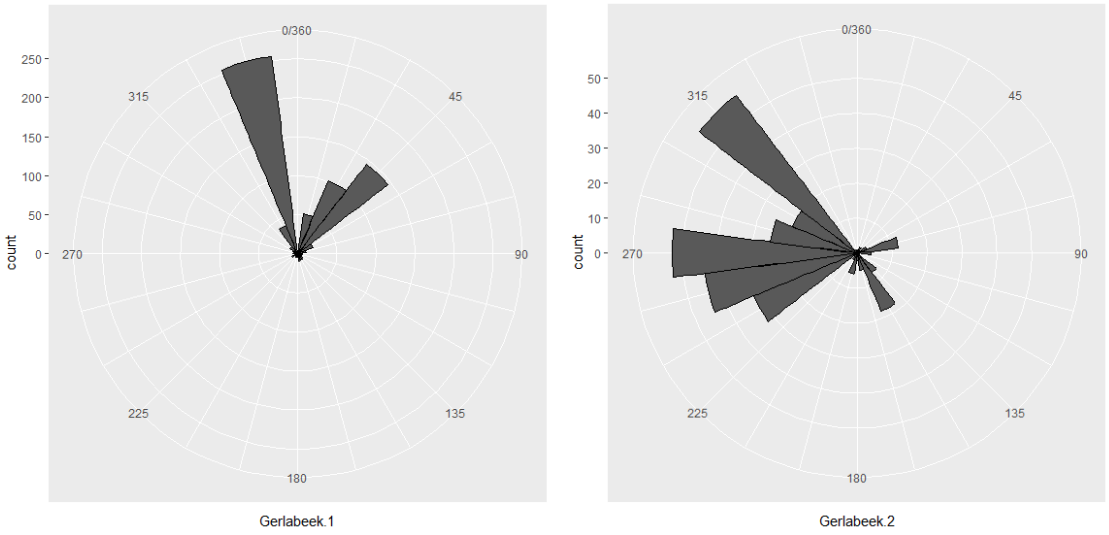
Net zoals voor alle “Bilzen”-bronnen die in deze studie bemeten zijn, zit er ook hier opmerkelijk veel te hoge nitraatconcentraties in het bronwater.



Figuur 167: Grootte van de grondwater flux bij Gerlabeek 1 en Gerlabeek 2.

In Figuur 168 wordt een overzicht gegeven van de variatie in de stroomrichting van het grondwater in de bronnen Gerlabeek 1 & 2 weergeven. Het water in Gerlabeek 1 treedt

voornamelijk uit in noordelijke richting terwijl dat in Gerlabeek 2 meer (noord-)westwaarts stroomt.



Figuur 168: kompasdiagram van de flux richting bron Gerlabeek 1 (825 observaties) en bron Gerlabeek 2 (295 observaties) tussen 13/04/2021 en 31/08/2023.

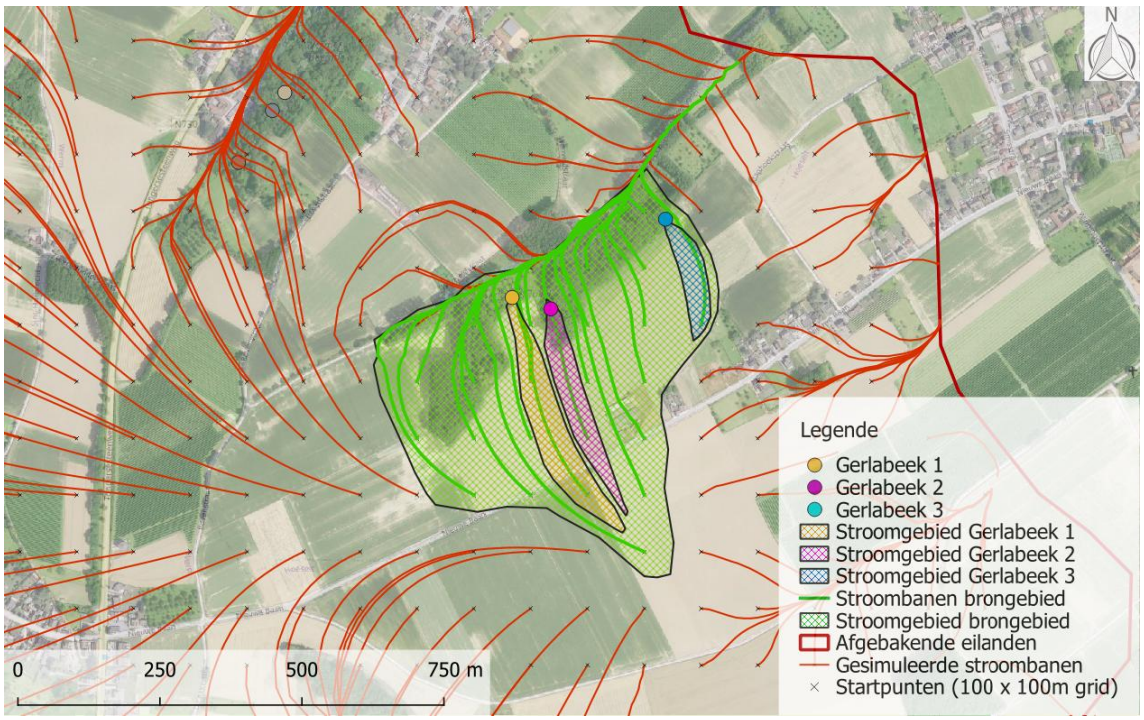
8.11.3.4 Debietmeting en bepaling infiltratiegebied

Anders dan direct met de i-flux-sensoren, werd het debiet van de bron Gerlabeek 1 met behulp van het zgn. “V-schot” in totaal vier keer bemeten. De eerste drie metingen dateren uit 2021 (Van Den Keybus *et al.*, 2021). De laatste meting aan Gerlabeek 1 werd gedaan in het kader van deze studie op 2 februari 2023. Het debiet van de bron Gerlabeek 2 werd op dezelfde wijze, drie keer bemeten; alle metingen dateren uit 2021. Voor het bepalen van de oppervlakte van het infiltratiegebied werd telkens de grootste hoogtemeting genomen. Voor de bron Gerlabeek 1 bedraagt deze 22.5 mm van 3 maart 2021, voor de bron Gerlabeek 2 is dit 33 mm van 23 februari 2021. Voor een volledig overzicht van alle metingen, zie bijlage 1.

Op basis van de topografie wordt ingeschat dat het infiltratiegebied zich voornamelijk naar het zuiden onder het plateau uitstrekt, in de aanpalende akkers dus. Voor Gerlabeek 1 was de berekende oppervlakte van het infiltratiegebied 1.62 hectare. Het infiltratiegebied voor de bron Gerlabeek 2 werd zo een aanmerkelijk grotere oppervlakte van 4.19 hectare bekomen.

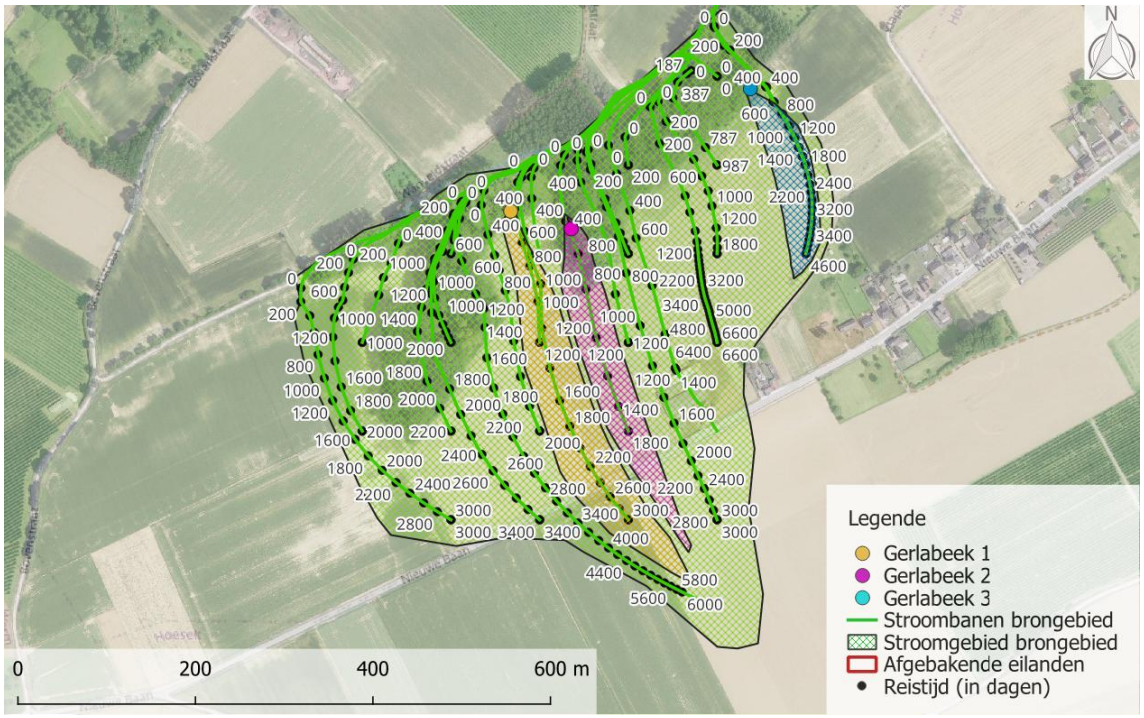
8.11.3.5 Stroombaananalyse met inzet van het grondwatermodel

Met inzet van het geohydrologische eilandenmodel werd achterhaald waar het uittredende grondwater over de gehele zuidelijke helling vandaan komt. Met behulp van stroombaananalyse wordt de oppervlakte van het gehele intrekgebied ingeschat op ca. 24 ha (zie Figuur 169). Het beslaat vooral landbouwgebied. De drie bronnetjes hebben allemaal een langwerpig infiltratiegebied met oppervlaktes van 2,1 ha, 1,6 ha en 0,7 ha. De reistijden bedragen maximaal ca. 10-15 jaar. Er wordt hierbij wel geen rekening gehouden van eventueel aanwezige gefaciliteerde drainage op de akkers.



Figuur 169: Bepalen van het infiltratiegebied met stroombaanberekening in het grondwatermodel voor de bronnen van de Gerlabeek.

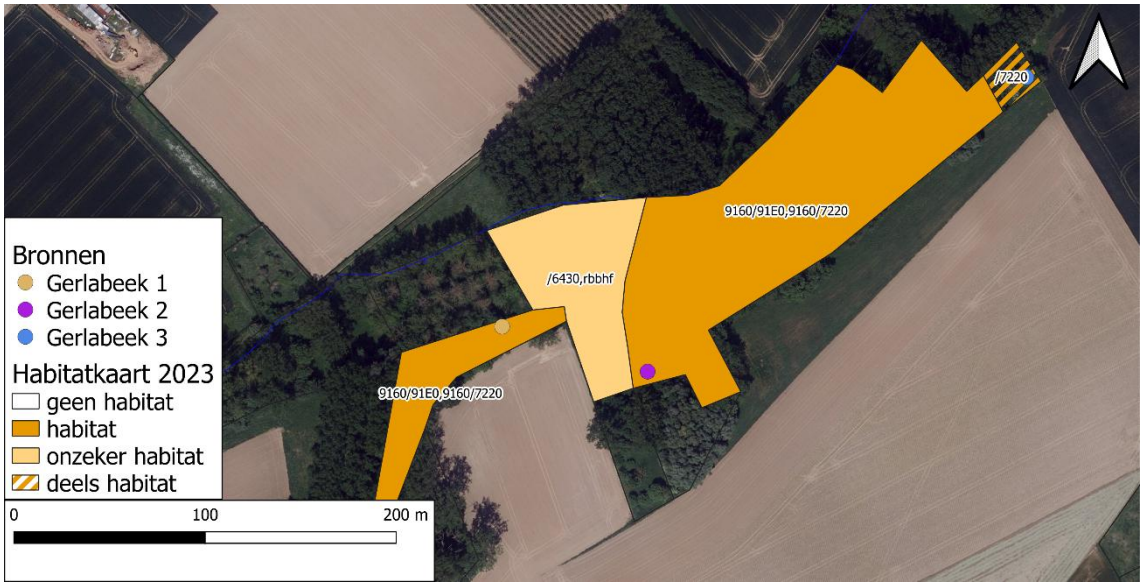
Met wat goede wil lijken de stroombanen voor de bron Gerlabeek 1 (gele stip) ietsje meer in noordwestelijke richting te stromen dan deze voor de bron Gerlabeek 2 (roze stip)



Figuur 170: Berekende reistijden binnen het infiltratiegebied van de Gerlabeek-bronnen.

8.11.4 Vegetatietypering

Gerlabeek 1 en Gerlabeek 2 liggen beide in een complex van habitatwaardig eiken-haagbeukenbos (9160), valleibos (91E0) en kalktufbron (7220). Verder stroomafwaarts ligt in een stukje verruigd grasland (gh) een kleine derde zone met kalktuf, maar die is in het kader van deze studie niet verder bekeken omdat het geen bron betreft. Nochtans is deze wel zo opgenomen in de habitatkaart. Voor de Gerlabeek zijn er twee vegetatieopnamen gemaakt, één aan Gerlabeek 1 en één aan Gerlabeek 2 (zie bijlage 3). Aan beide zones komt Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*) voor. Aan Gerlabeek 2 groeit ook nog Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*).



Figuur 171: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de Gerlabeek.

8.11.5 Lokale staat van Instandhouding

Gerlabeek 1 is zeer beperkt qua oppervlakte (49.5 m^2). Er zijn hier slechts twee mossoorten aangetroffen: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*). Beide hebben een bedekking van slechts een tweetal procent.

Tabel 25: Beoordelingsmatrix van de bronzone aan Gerlabeek 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*)	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	Bedekking = 5%	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	10%	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	geen	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	frequent	NEE
invasieve exoten (b)	afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	0%	JA

Conclusie: gunstige staat

Gerlabeek 2 heeft een iets grotere bronzone van 65.4 m^2. Hier staan in totaal vijf soorten mossen, waarvan drie kenmerkende soorten: Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*). Conclusie: gunstige staat

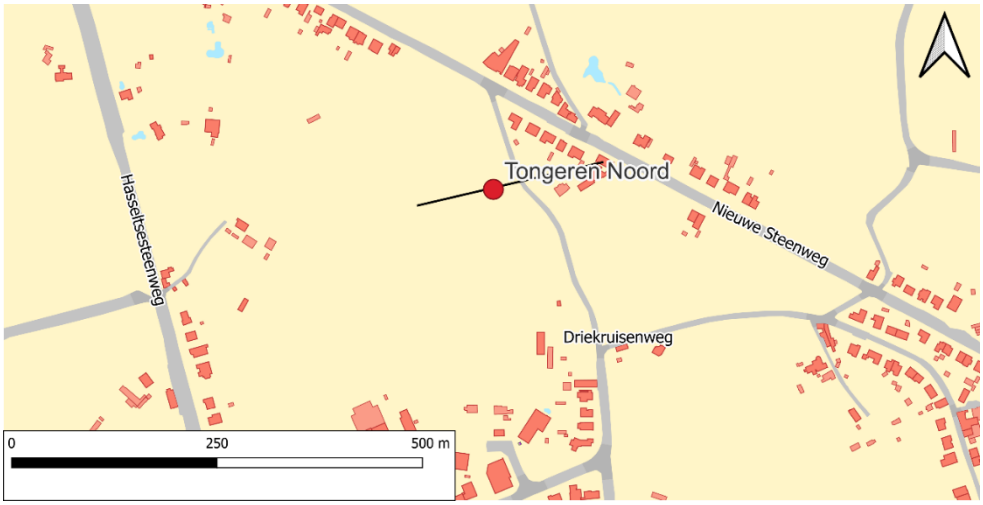
Tabel 26: Beoordelingsmatrix van de bronzone aan Gerlabeek 2 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk).

Criterium	Gunstige staat	Huidige staat	Voldoet
Vegetatie			
Sleutelsoorten (b)	≥ 2 sleutelsoorten waarvan minstens één: Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*; *Palustriella falcata*) of Tufmos (*Eucladium verticillatum*)	Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*)	JA
bedekking sleutelsoorten (b)	bedekking sleutelsoorten ≥ 10%	Bedekking < 10%	NEE
Habitatstructuur			
aard van de kalkafzettingen (zb)	actieve tufvorming aanwezig	Actief	JA
bedekking kalktuf (zb)	≥10%	25%	JA
Verstoring			
Dynamiek (zb)	hooguit zeer schaars	Afwezig	JA
Structuur (b)	structuurschade hooguit zeer schaars	geen	JA
invasieve exoten (b)	Afwezig	afwezig	JA
Eutrofiëring (zb)	≤10%	10%	NEE

8.12 TONGEREN NOORD (BRON 12: BILZEN-BRON)

De bron van Tongeren Noord is een klein bronnetje dat ontspringt uit een helling ten noorden van de stad Tongeren aan de Nieuwe Steenweg. De omgeving wordt gekenmerkt door lintbebouwing en voornamelijk landbouwpercelen. De bronzone ligt op een helling in een klein bosfragment. Het bosfragment ligt niet in een habitatrichtlijngebied.

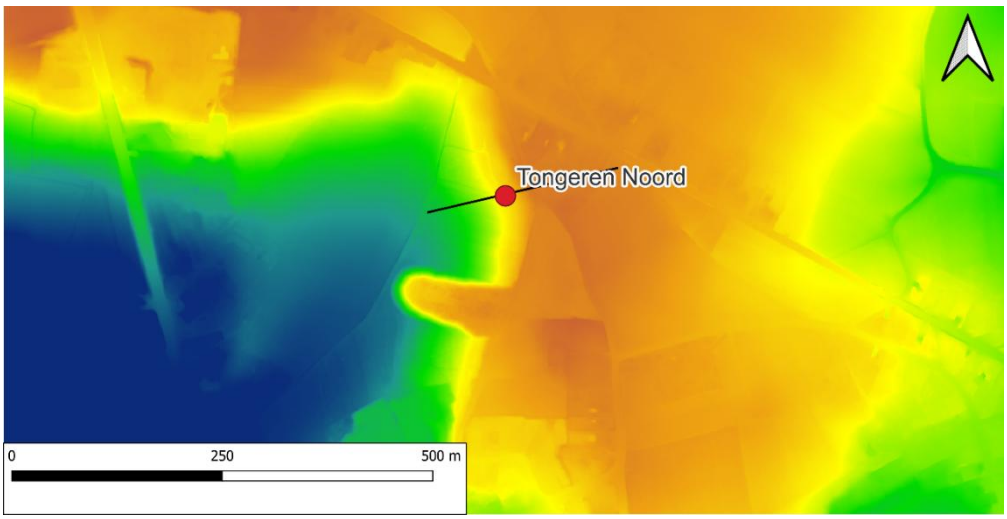
In dit gebied werden geen hydrologische meetpunten voorzien zoals dat in de meeste andere brongebieden van deze studie wel het geval was. Hier zijn dan ook geen tijdreeksen van peilmetingen verzameld of (volledige) chemische analysen uitgevoerd op het grondwater. De verwerkte informatie is dus enigszins anders dan voor de meeste brongebiedjes.



Figuur 172: Situering van de bron Tongeren Noord.

8.12.1 Topografie en Hydrografie

De bron van Tongeren Noord ligt op een westelijke helling van een heuvel. het bronbeekje loopt de helling af; het water verzamelt zich onderaan de helling in een gracht. Het bos met bronzone bevat weinig tot geen drainagestructuren. De bronlocatie bevindt zich ongeveer halverwege de helling.



Figuur 173: Detailtopografie in de omgeving van de bron Tongeren Noord met aanduiding van een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II).

Op Figuur 176 wordt het dwarsprofiel ter hoogte van de bronlocatie weergeven. De bronzone die in de helling snijdt is duidelijk zichtbaar op de figuur. De bron bevindt zich op een hoogte van ongeveer 99 m T.A.W..

Op Figuur 174 wordt de ingemeten bronzone weergeven. De bronzone lijkt niet gravitair de helling af te lopen maar eerder afgebogen te zijn naar het noorden langs de helling. Ze ligt in een recent verboste flank. De bron zelf is vergraven tot een poel die permanent waterhoudend lijkt te zijn. De totale oppervlakte van de bronzone is 118 m^2. Het bronbeekje heeft ongeveer een lengte van 56 m.

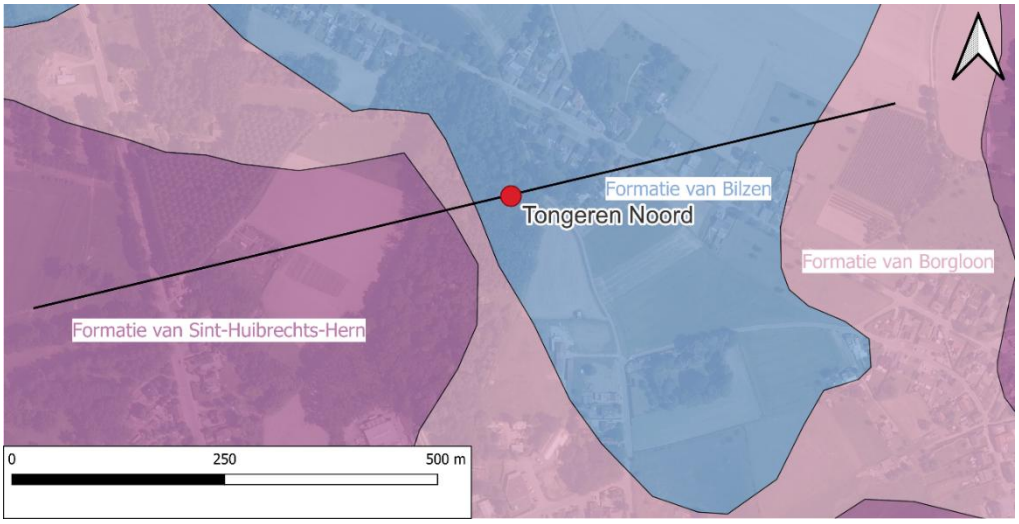


Figuur 174: Ingemeten bronzone aan Tongeren-Noord.

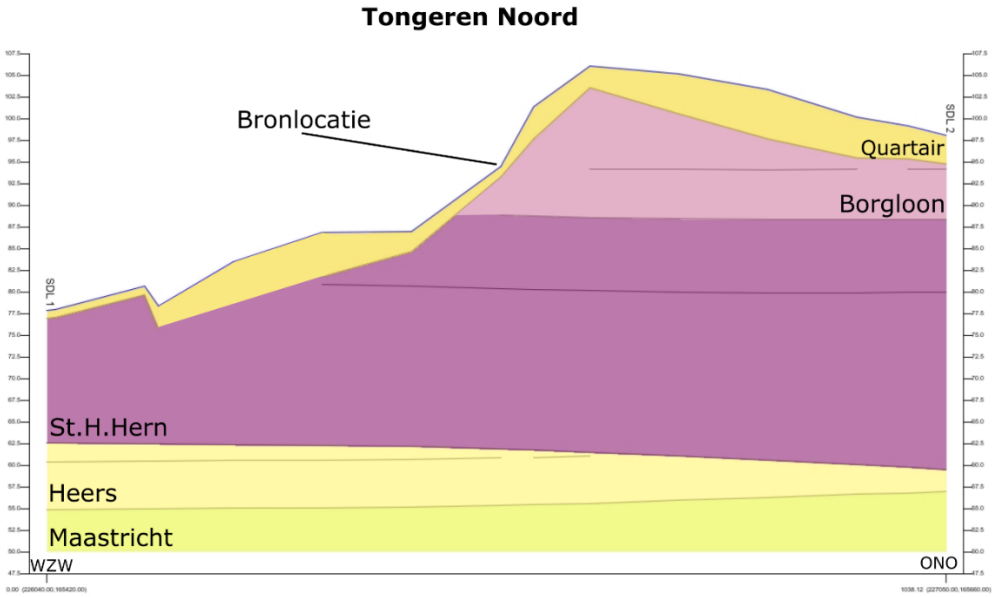
8.12.2 Geohydrologie

Op de tertiaire geologische kaart op Figuur 175 lijkt de bronlocatie te liggen op de scheiding van de Formatie van Bilzen en de Formatie van Borgloon. Uit Figuur 176 blijkt dan weer dat de Formatie van Bilzen niet aanwezig is. Uit een boring van 1996 net ten westen van de bron ligt

hier enkel de Formatie van Borgloon met het lid van Henis onder de quartaire afzetting. Uit de dwarsdoorsnede blijkt de bronlocatie op de scheiding van twee leden van de Formatie van Borgloon (hier tot 13 m dikte) te liggen. Bovenaan ligt het lid van Alden Biesen (dat niet aanwezig is op de helling maar dus wel hogerop) bestaande uit zand met veel schelpfragmenten en een afwisseling van laagjes compacte klei.



Figuur 175: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Tongeren Noord met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 176).



Figuur 176: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Tongeren Noord (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 175.

Onderaan ligt het lid van Henis dat bestaat uit zware groene en grijze klei bedekt door een zwarte ligniet-houdende klei. Onder de Formatie van Borgloon ligt de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern die hier tot wel 27 meter dik kan zijn. Vermoedelijk is de Formatie van Borgloon hier de enige relevante laag voor het ontstaan van de bron.

Op Figuur 176 wordt de geologische dwarsdoorsnede met bronlocatie weergeven. Hieruit lijkt de bron hoofdzakelijk te zijn ontstaan door de scheiding van de twee leden van de Formatie van Borgloon. Het infiltratiegebied bevindt zich dus hoogstwaarschijnlijk hoger op het plateau.

Aangezien zowel de formatie van Borgloon als de formatie van Bilzen als watervoerend pakket aanleiding geeft tot zgn. Bilzen bronnen (omdat het verschil in chemische samenstelling van het grondwater niet duidelijk is) wordt ook deze bron gekarakteriseerd als een zgn. “Bilzenbron”.

8.12.3 Grondwater

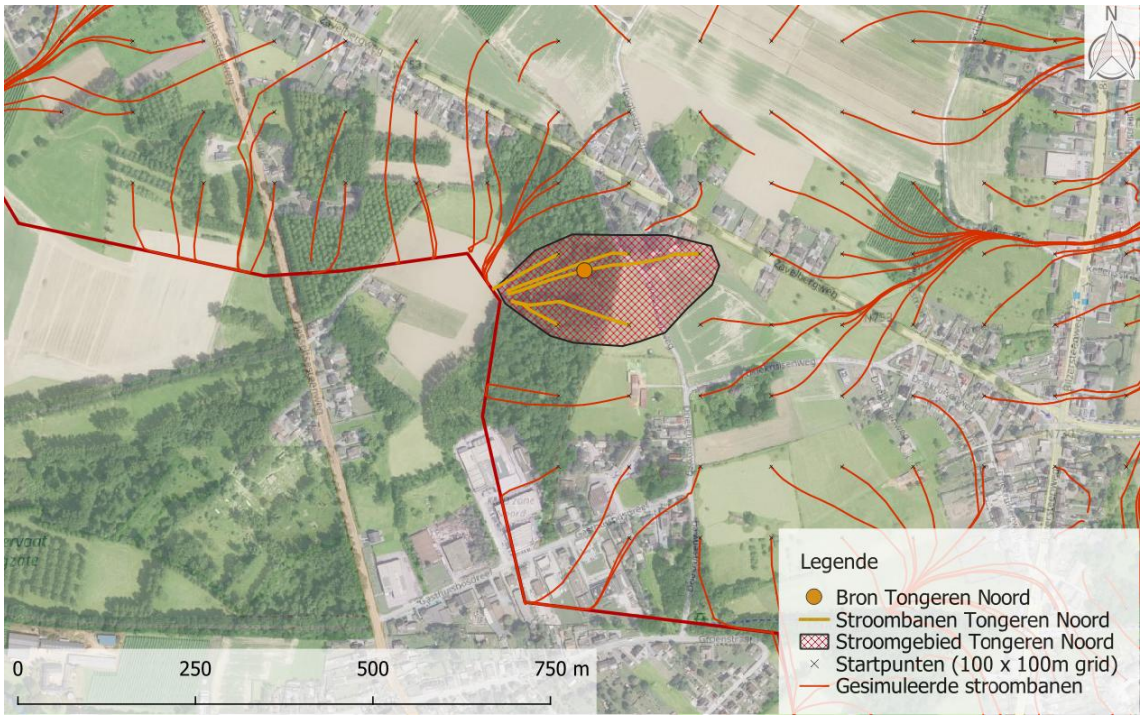
In dit gebied werden geen hydrologische meetpunten geïnstalleerd, noch tijdens deze studie, noch in het verleden, voor zover bekend.

8.12.3.1 Debietmeting en bepaling van infiltratiegebied

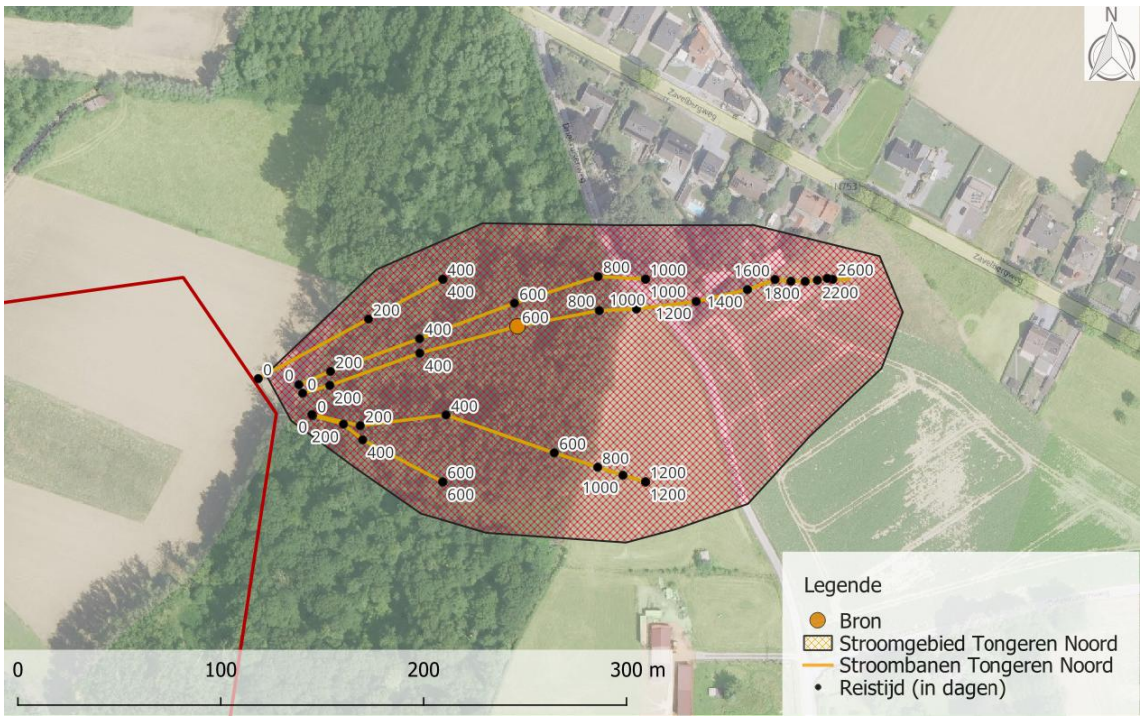
Voor deze bron werd geen debietmeting uitgevoerd omwille van een te beperkt debiet van de bronbeek. Het infiltratiegebied bevindt zich op basis van geologische en topografische informatie vermoedelijk in het oosten op de heuvelrug.

8.12.3.2 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

Het infiltratiegebied voor dit bronnetje werd wel in beeld gebracht via het geohydrologische eilandenmodel. Het bronnetje maakt deel uit van een zeer klein brongebied ter hoogte van het bosje. Volgens de stroombaananalyse in het grondwatermodel heeft het hele brongebied een oppervlakte van ca. 3,5 ha. Dit bestaat vooral uit akkerland iets hogerop gelegen, ten westen van het brongebied. Het intrekgebied van het bronnetje zelf is nog kleiner, en kan aan de hand van het grondwatermodel op minder dan 1 ha worden ingeschat (zie Figuur 177). De berekende reistijden bedragen voor dit brongebied maximaal ca. 5-6 jaar (zie Figuur 178).



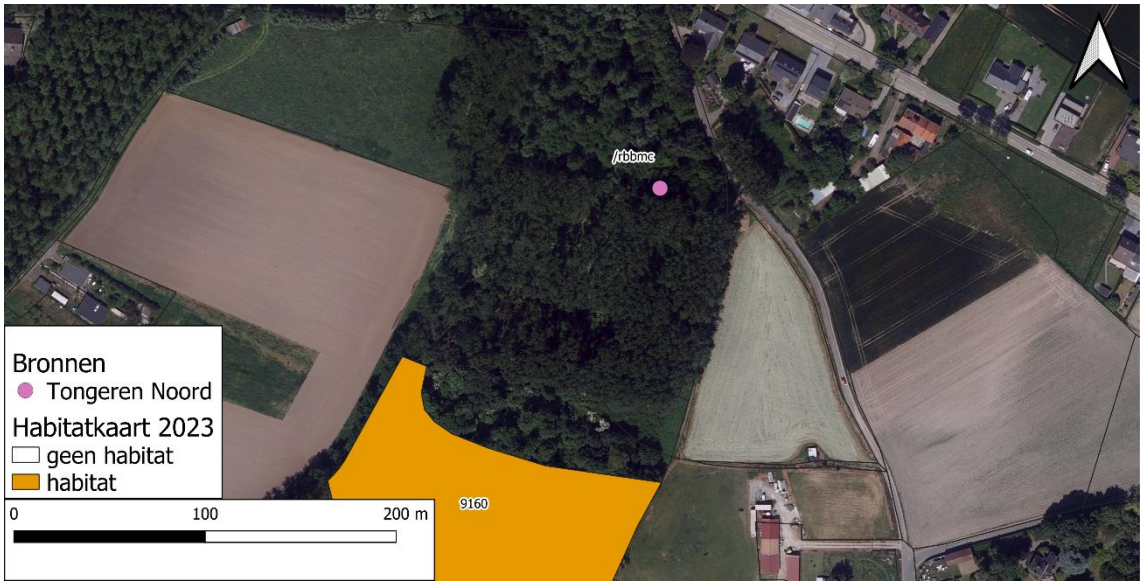
Figuur 177: Bepalen van het infiltratiegebied aan de hand van stroombaananalyse voor de bron Tongeren Noord.



Figuur 178: Berekening van de reistijden binnen het infiltratiegebied van de bron Tongeren Noord.

8.12.4 Vegetatietypering

De bron en bronzone liggen in een recent verboste aanplanting van populieren. Hier zijn geen kalktufafzettingen noch typische mossoorten aangetroffen.



Figuur 179: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Tongeren Noord.

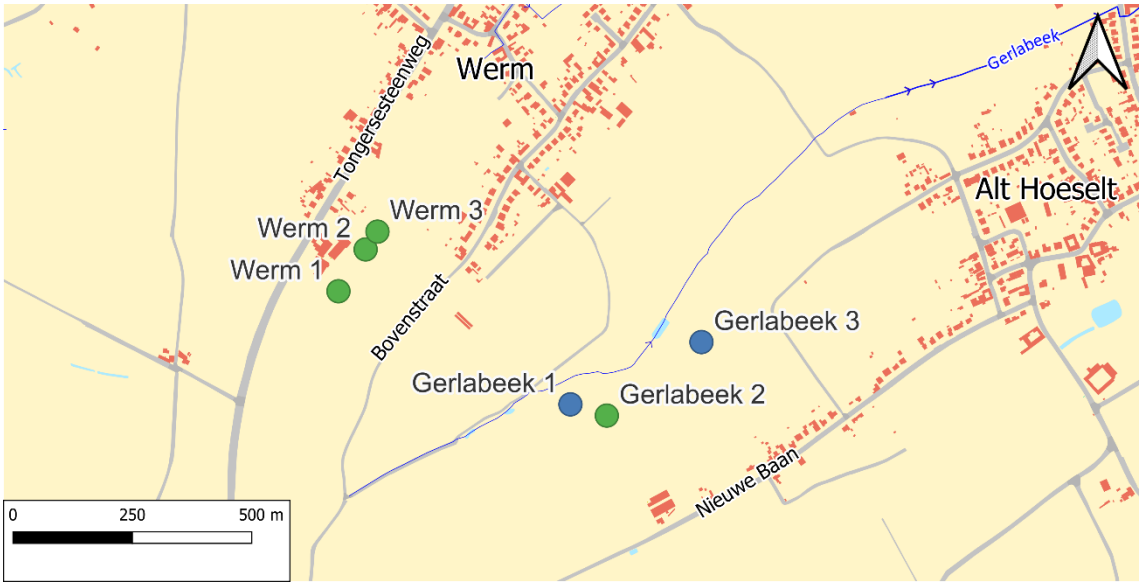
8.12.5 Lokale staat van Instandhouding

Aangezien deze bron niet geclassificeerd kon worden als habitattype 7220 is er geen lokale staat van instandhouding bepaald.

8.13 WERM (BRON 13, BILZEN-BRON)

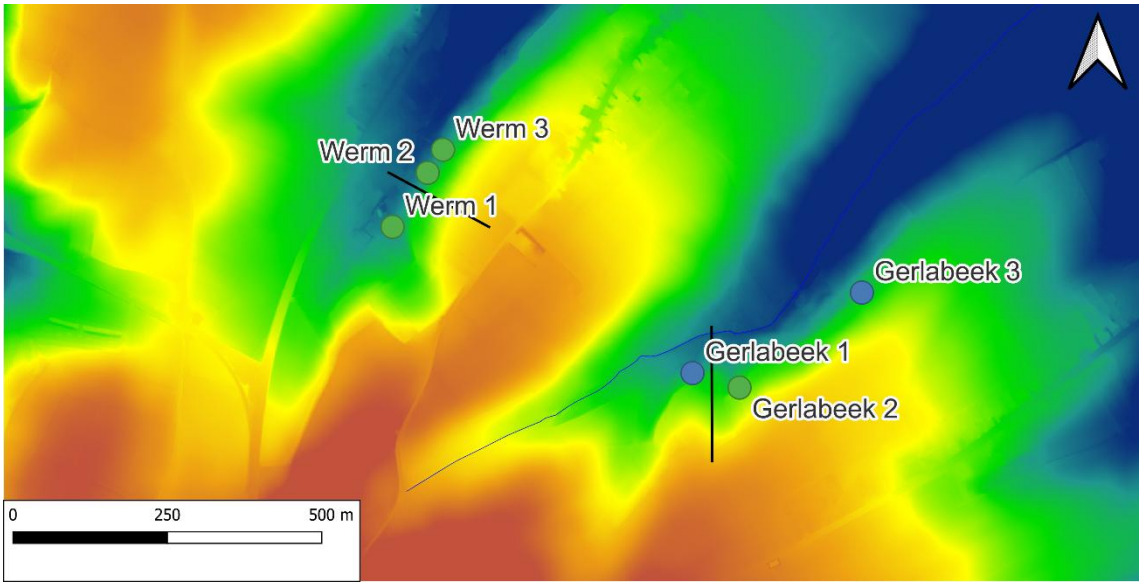
De bronlocaties van Werm liggen ten zuiden van het dorp tussen de Tongersesteenweg en de Bovenstraat. De bronnetjes van Werm liggen tussen twee straten met lintbebouwing.

In dit gebied werden geen hydrologische meetpunten voorzien zoals dat in de meeste andere brongebieden van deze studie wel het geval was. Hier zijn dan ook geen tijdreeksen van peilmetingen verzameld of (volledige) chemische analysen uitgevoerd op het grondwater. De verwerkte informatie is dus enigszins anders dan voor de meeste brongebiedjes.



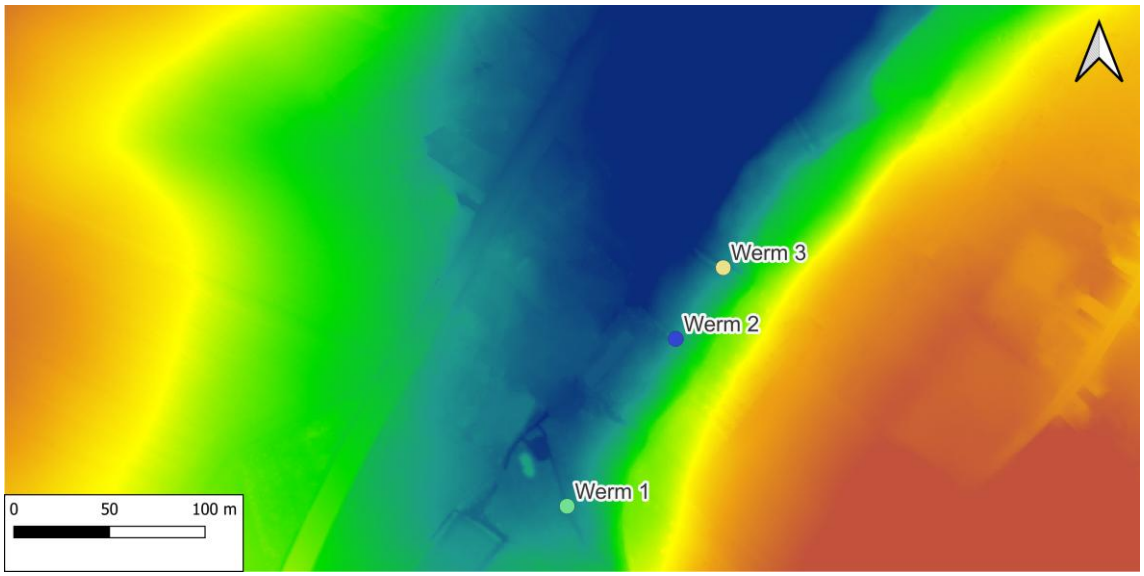
Figuur 180: Situering van de bronnen van Werm (en de Gerlabeek) op de GRB-basiskaart.

8.13.1 Topografie en Hydrografie



Figuur 181: Detailtopografie in de omgeving van Werm met aanduiding van een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II).

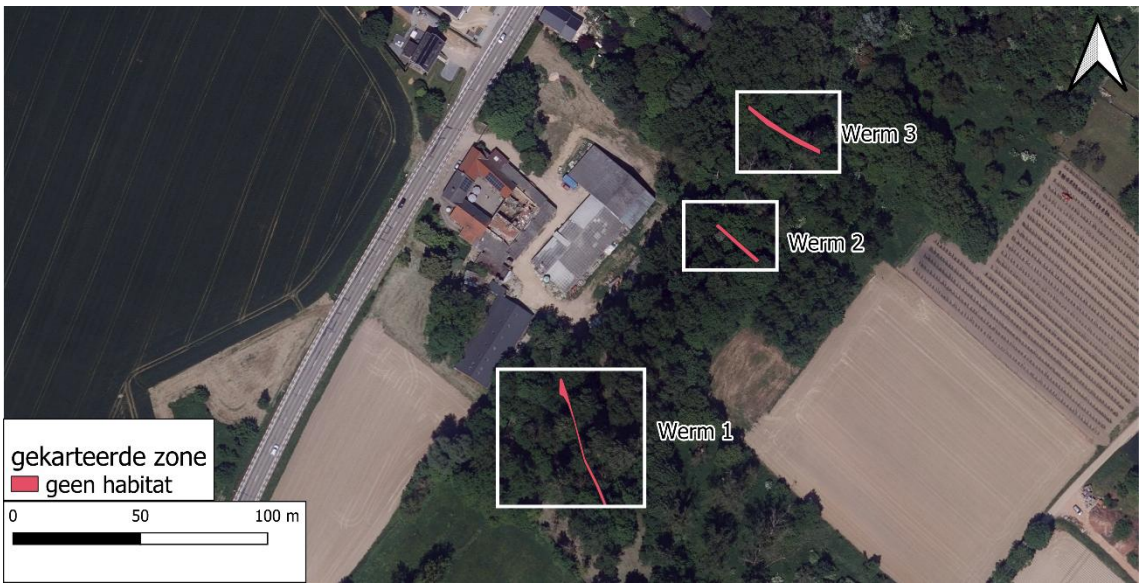
De bronnetjes liggen op de helling van een heuvelrug die de scheiding vormt tussen de vallei aan Werm en de vallei van de Gerlabeek. De meest zuidelijke bron is Werm 1, de middelste bron Werm 2 en de noordelijke bron Werm 3. Alle drie de bronnen liggen op de helling nabij een oude boerderij die in het dal ligt naast de Tongersesteenweg. In het perceel van de bronnen liggen geen drainagestructuren. Alle drie de bronnetjes vormen een bronbeekje met bronzone. De bronlocaties liggen in een bebost perceel en liggen eerder onderaan de helling.



Figuur 182: Detailtopografie in de omgeving van de bronnetjes aan Werm (uit DHM Vlaanderen II).

Op Figuur 185 wordt het dwarsprofiel doorheen de helling van de bronlocaties weergeven. Hierop is te zien dat de bronzones zich op het onderste deel van de helling bevinden op een hoogte van ongeveer 96 m T.A.W..

Alle drie de bronzones werden ingemeten (zie Figuur 183). Bij alle drie de bronzones werd kalktufafzetting gevonden. De mosvegetatie is er zeer minimaal. Enkel bij Werm 2 en Werm 3 werd wat Gewoon diknerfmos vastgesteld. De bronbeekjes hebben een lengte van respectievelijk 54 m, 22 m en 34 m. Qua oppervlakte heeft Werm 1 een bronzone van ongeveer 74 m^2. Werm 2 is een stuk kleiner met 34 m^2. Werm 3 heeft ondanks de kortere lengte van de bronbeek een gelijkaardige oppervlakte van 73 m^2 als Werm 1.

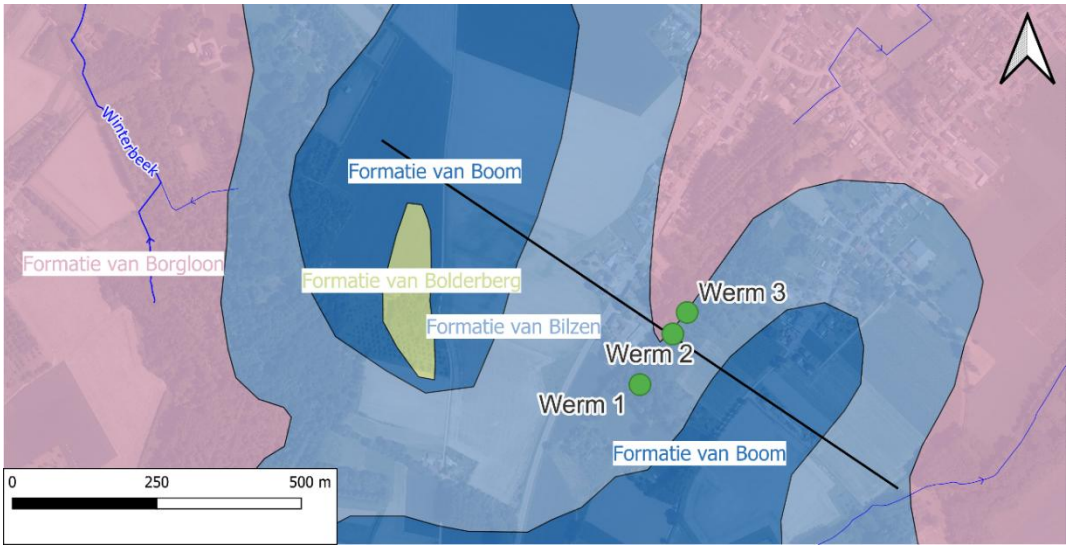


Figuur 183: Ingemeten bronzones aan Werm.

8.13.2 Geohydrologie

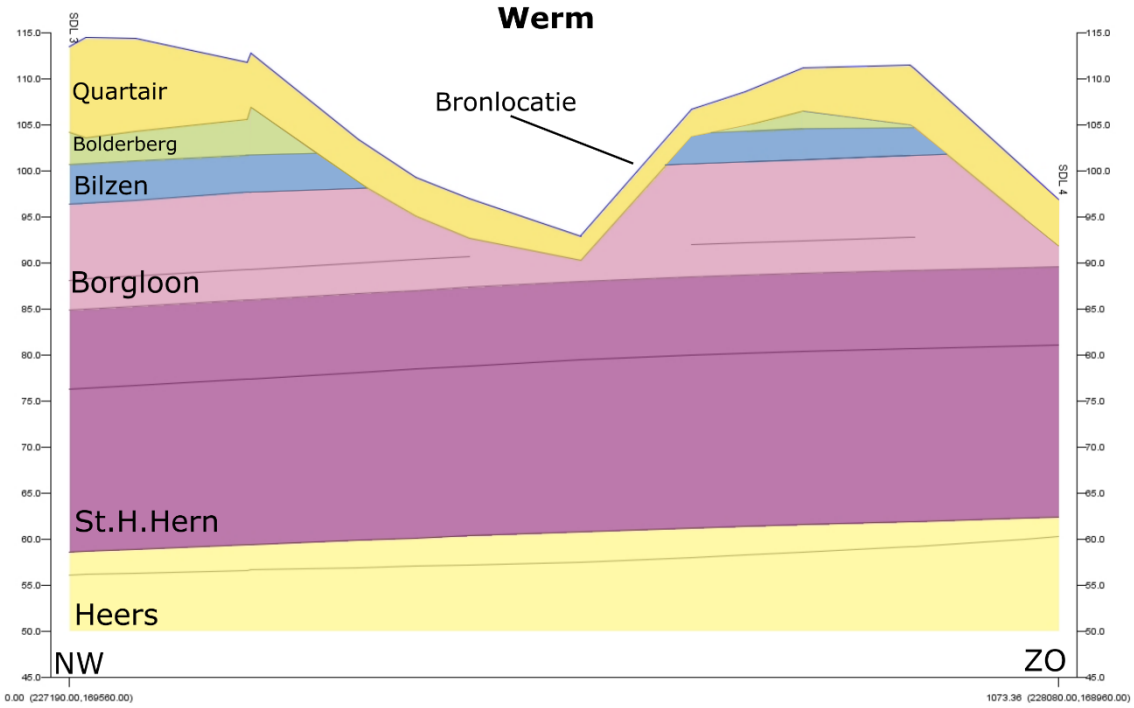
Hier ontstaan de bronnen hoogstwaarschijnlijk net op de scheiding van de Formaties van Bilzen en Borgloon. Op de tertiaire geologische kaart op Figuur 104 staat de Formatie van Boom nog aangeduid. In recentere versies van het geologisch 3D-model (hier: versie 3.1) staat deze niet meer vermeld in dit gebied (zie Figuur 185). Waar de Formatie van Boom staat aangeduid ligt in realiteit de Formatie van Bilzen met daarbovenop eventueel nog de Formatie van Bolderberg. De bronlocaties liggen op de scheiding van de Formatie van Bilzen (hier tot 3 meter dik) en de Formatie van Borgloon (hier tot 12 meter dik). De zanden van Berg is het enige lid van de Formatie van Bilzen die hier nog aanwezig is. Mogelijk is er in realiteit ook nog de klei van Klein Spouwen (het middelste lid van de formatie van Bilzen) aanwezig. Wanneer het grondwater daarop botst, kan, ter hoogte van dat kleilaagje, het grondwater uit de helling stromen en aanleiding geven tot het ontstaan van een bron. Of de klei van Klein Spouwen aanwezig is of de

klei van Henis hier hoger op de helling dagzoomd dan uit de tertiair geologische kaart valt af te leiden, in ieder geval zijn deze drie bronnetjes van het type “Bilzen-bron”.



Figuur 184: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Werm met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 185).

Op onderstaande Figuur 185 wordt een dwarsdoorsnede ter hoogte van de bronlocaties weergeven. Hierop is duidelijk te zien dat de bronlocaties zich situeren ter hoogte van de scheiding tussen de Formatie van Bilzen en de Formatie van Borgloon. Vermoedelijk is het infiltratiegebied aan Werm dus beperkt tot de heuvelrug waarlangs de bronnen liggen.



Figuur 185: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Werm (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 184.

8.13.3 Grondwater

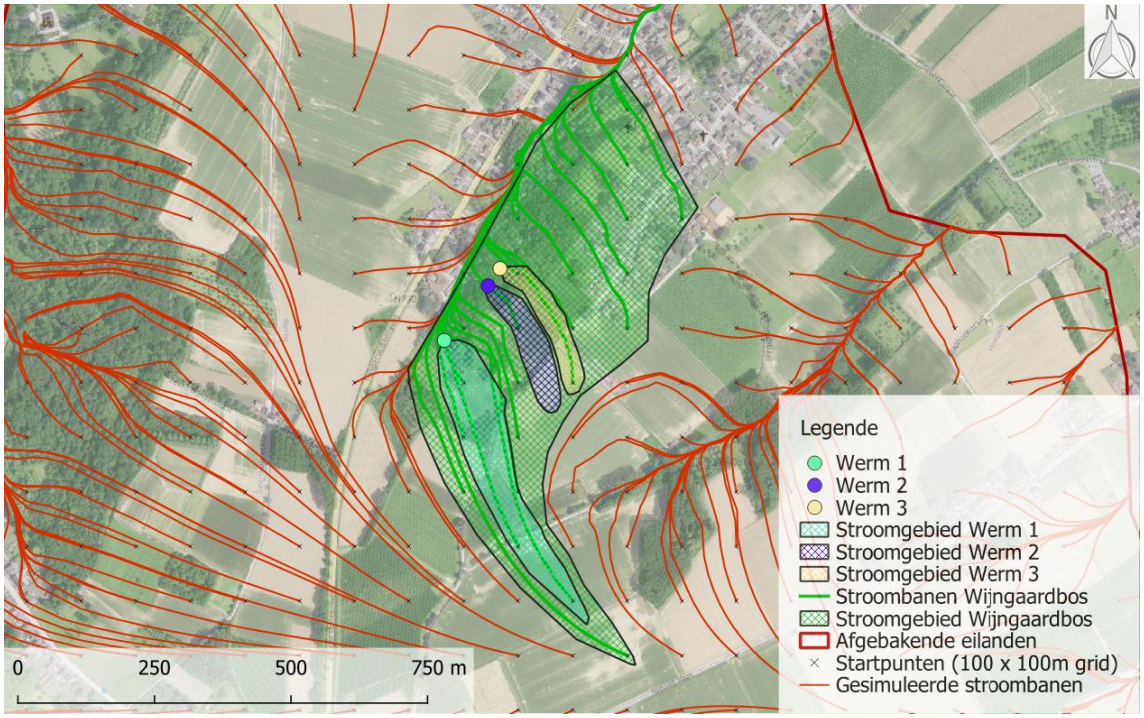
8.13.3.1 Debietmeting en bepaling van infiltratiegebied

Wegens een te klein debiet kon voor geen enkele bron aan Werm een debietmeting uitgevoerd worden.

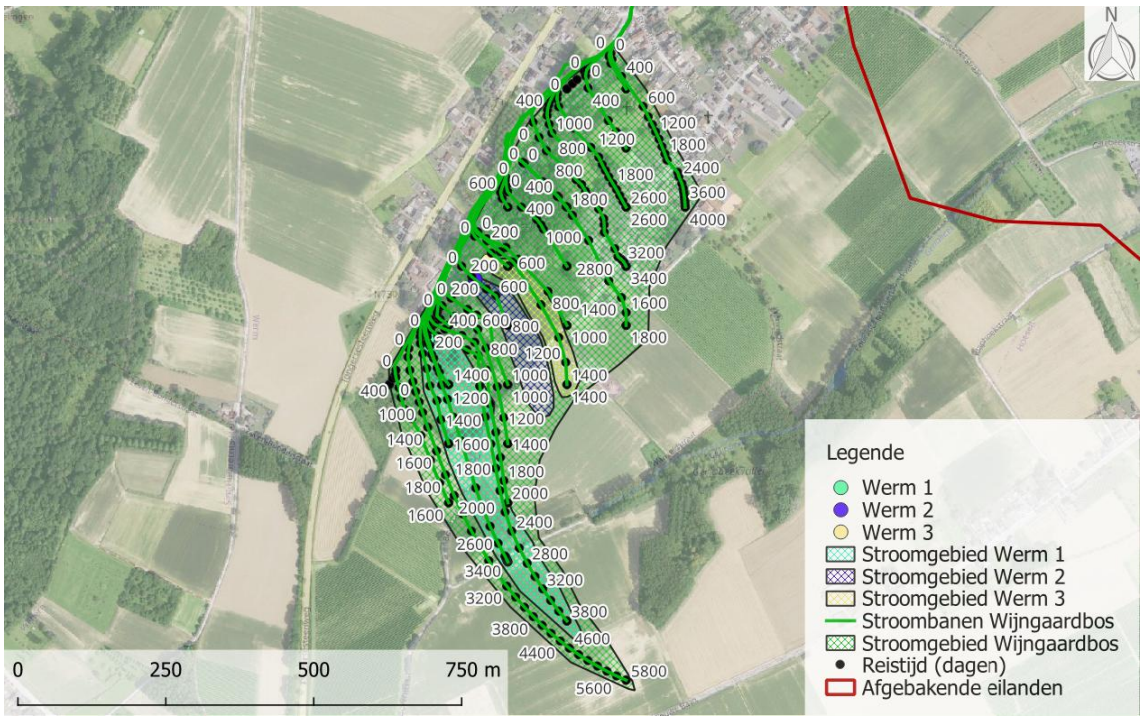
8.13.3.2 Stroombaananalyse in het grondwatermodel

Grondwater dat op de zuidelijke hellingen infiltreert komt op de overgang de Formaties van Bilzen en Borgloon aan het oppervlak op de valleihelling en vormt een belangrijke bijdrage aan de basisafvoer van de Wermbeek. De oppervlakte van het volledige intrekgebied bedraagt 24 ha. Het bestaat voornamelijk uit bosgebied, en hoger op de helling landbouwgebied. De afzonderlijke bronnen Werm 1, Werm 2 en Werm 3 hebben een infiltratiegebied met een oppervlakte van respectievelijk 3,6 ha, 1,3 ha en 1,1 ha (zie Figuur 186).

De reistijden bedragen maximaal ca. 15 jaar voor het gehele intrekgebied. Voor Werm 1 bedraagt de reistijd max. 12 jaar, voor Werm 2 en Werm 3 wordt een maximale reistijd van ca. 5 jaar berekend (zie Figuur 187).



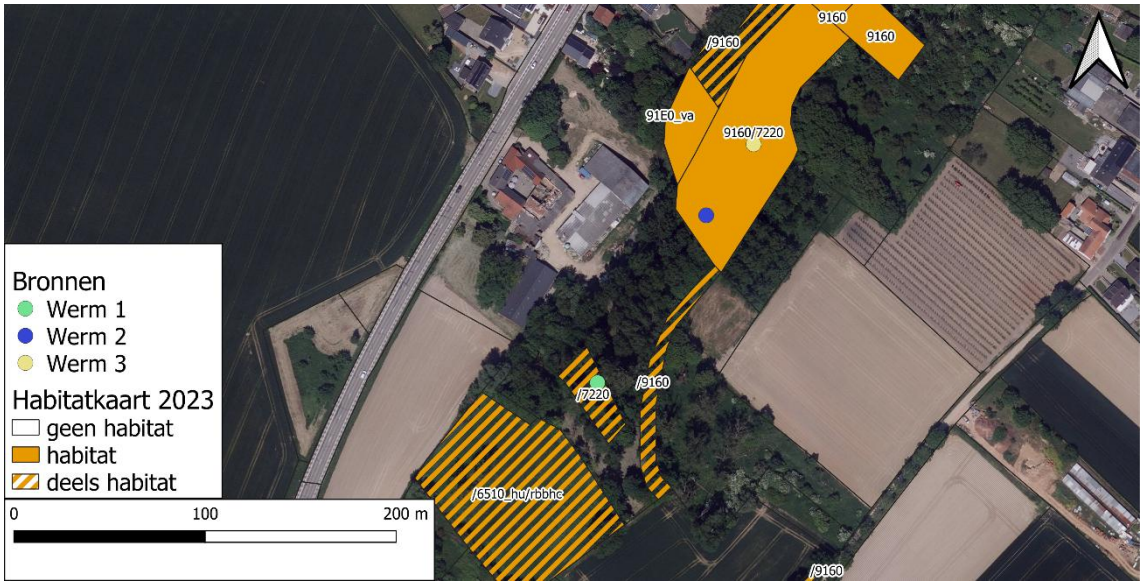
Figuur 186: Stroombaananalyse voor het bepalen van de infiltratiegebieden van de Wermbronnen.



Figuur 187: Berekende reistijden in het grondwatermodel voor het infiltratiegebied van de Werm-bronnen.

8.13.4 Vegetatietypering

Werm 1 ligt in een perceel van aangeplant loofhout. Ondanks de vermelding volgens de habitatkaart van 7220 in dit perceel, voldoet de locatie actueel niet (meer) aan de definitie. Er is wel wat kalktufafzetting aanwezig maar er zijn geen kenmerkende mossoorten aangetroffen. Werm 2 en Werm 3 liggen in een perceel van eiken-haagbeukenbossen . Aan Werm 2 kwamen enkele algemenere mosoorten voor namelijk, Gewoon Pluisdraadmos (*Amblystegium serpens*), Kleivedermos (*Fissidens taxifolius*) en Kleisnavelmos (*Oxyrrhynchium hians*), maar ook hier zijn geen kenmerkende soorten aangetroffen.



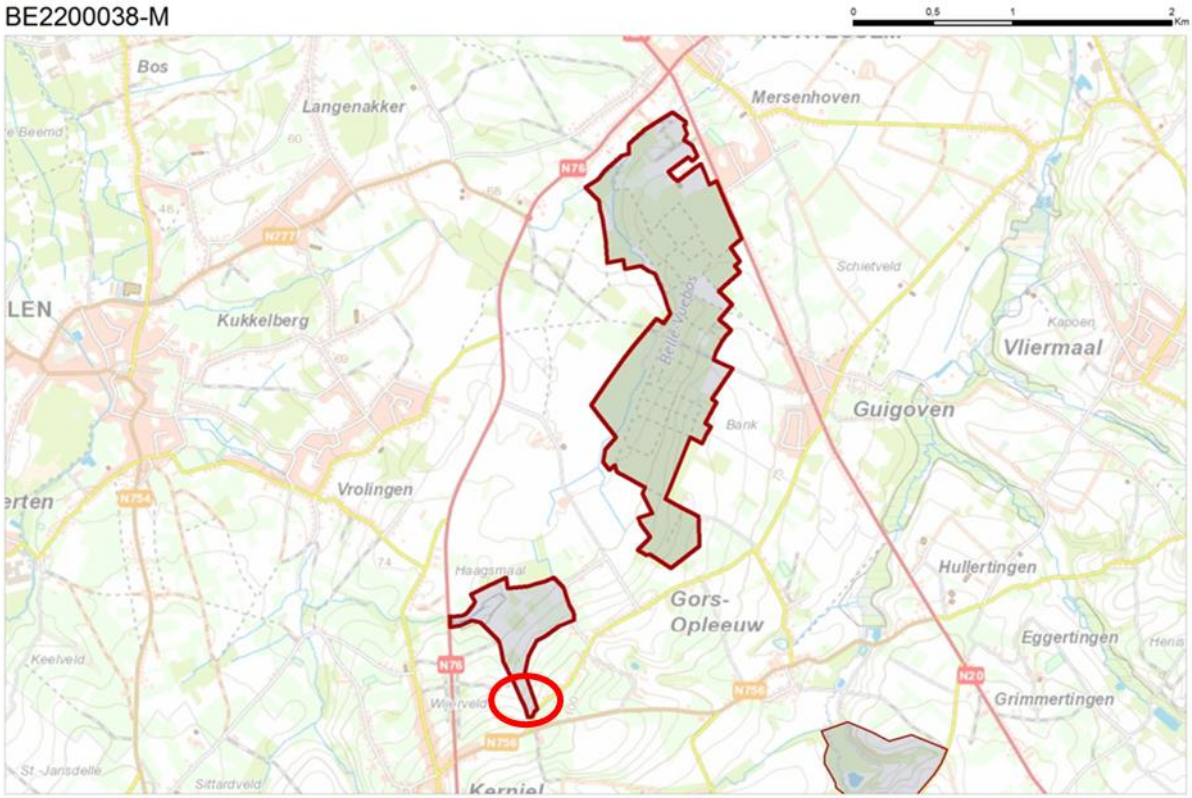
Figuur 188: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Werm.

8.13.5 Lokale staat van Instandhouding

Alhoewel er aanzienlijke kalktufafzetting aanwezig is (vooral aan Werm 2 en 3), kan hier niet gesproken worden over het habitattype 7220. De oppervlakte is te klein en er is nagenoeg geen mosvegetatie aanwezig. Hier is dus ook geen lokale staat van instandhouding bepaald.

8.14 GORS-OPLEEUW (BRON 14- BILZEN-BRON)

Hoewel een gedetailleerde beschrijving van de bronnetjes in het botanisch erg waardevolle grasland van Gors-Opleeuw niet expliciet gevraagd werd in deze studie, wordt er, in wat volgt, toch een beknopt overzicht gegeven van wat over dit gebied bekend is uit eerdere INBO-adviezen en publicaties (De Becker 2006 & 2009). Ze zijn gelegen in een klein graslandrelict op zo'n 3 kilometer ten noordoosten van het centrum van Borgloon (rood omcirkeld deel in Figuur 189). Het gebied was tot voor kort grotendeels onder intensieve landbouwuitbating; enkel de terreinen die te steil en/of te nat waren, werden niet geëxploiteerd als akkers. Die kleine terrein snippertjes zijn onder bos (populieraanplanting) of onder weilanduitbating gebleven. Eén graslandperceeltje van een halve hectare werd vermoedelijk in de voorbije decennia (eeuwen?) nooit bemest en is uitermate soortenrijk, ook omwille van de erg gradiëntrijke situatie. Recent kreeg een belangrijk deel van dit kleine SBZ-H deelgebied met ruilverkaveling opnieuw een natuurbestemming. Sindsdien wordt het beheerd als een privaat natuurreservaat.

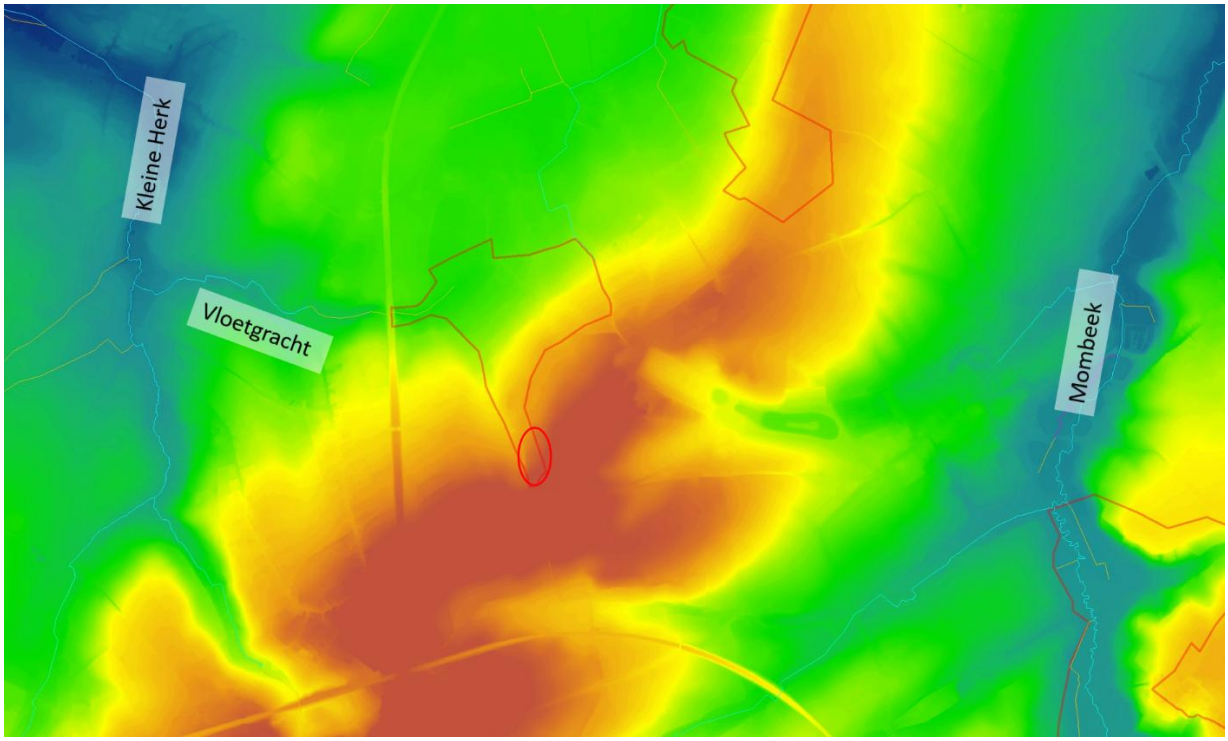


Figuur 189: Situering van de SBZ-H-deelzone Jesseren-Opleeuw met aanduiding (rode cirkel) van het grasland met bron.

8.14.1 Topografie & hydrografie

Deze SBZ-H-deelzone is gelegen tegen een topografisch sterk gekartelde uitstulping langs de westflank van de noordelijke uitloper van het zgn. westelijke geohydrologische eiland van de formatie van Bilzen (Figuur 11). Dat is een door beekjes doorsneden 'steilrand' die de scheiding vormt tussen vochtig en droog Haspengouw. Deze uitloper wordt aan de westzijde begrenst door de vallei van de Kleine Herk en aan de oostzijde door de vallei van de Mombeek. Het

graslandje met de bronnetjes ligt hoog op de west geëxposeerde steilrand. Op het terrein zijn nog restanten van oude drainagegreppels te vinden waarbij geprobeerd werd om het zompige bronterras droger te maken. Onderaan de helling komt nog een bronbeekje vanuit het zuiden dat wat verder naar het noorden in de Vloedgracht stroomt, op zijn beurt weer een zijbeekje van de Kleine Herk.



Figuur 190: Detailtopografie rond het soortenrijk graslandje met bronnen in Jesseren (rode cirkel).

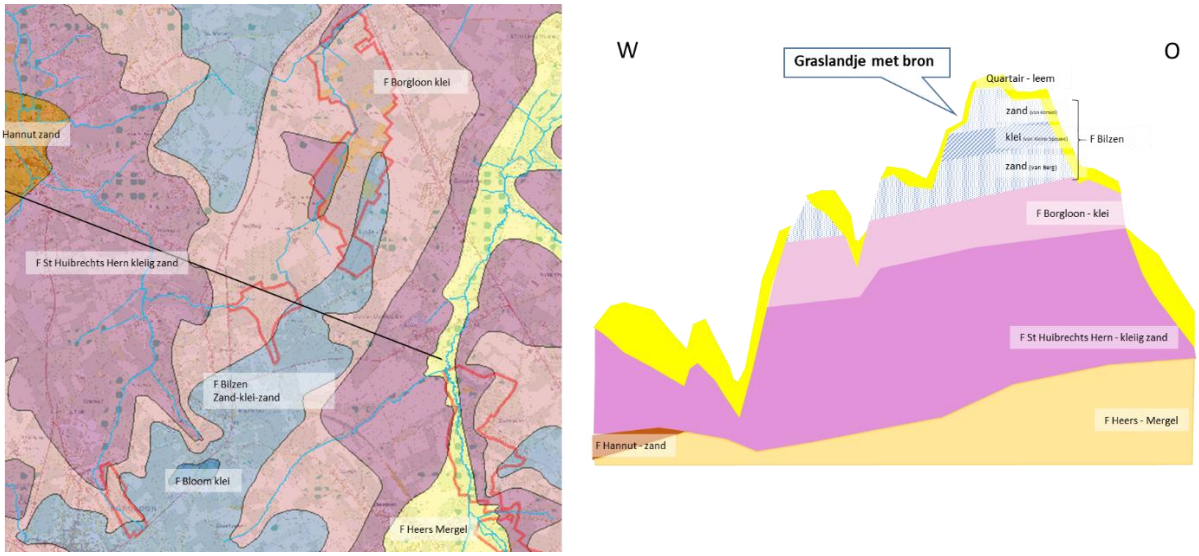
De aanwezigheid van het bronniveau op dit perceel heeft ervoor gezorgd dat er een soort bronterras is ontstaan. Door het millennia-lange uittreden van het bronwater is de bodem op deze steilrand permanent zompig en is die meer dan waarschijnlijk regelmatig beginnen schuiven, waardoor halverwege de helling een zompig tussenterras is ontstaan boven op de Klei van Kleine Spouwen.

8.14.2 Geohydrologie

Het water uit de bronnetjes op dit terrein is, net zoals op vele andere plaatsen in dit SBZ-H-gebied, afkomstig uit de watervoerendeformatie van Bilzen. De formatie is op haar beurt weer op te splitsen in drie onderscheiden laagjes. Van boven naar onder zijn dat het zand van Kerniel, de klei van Kleine Spouwen en onderaan het zand van Berg. De formatie van Bilzen wordt in deze regio soms nog afgedekt met Boomse klei. Hier zijn dat slechts kleine restantjes van wat meer noordelijk in de Kempen de ondergrens vormt van het hydrologische systeem in veruit de meerderheid van alle Kempische natuurgebieden. Ter hoogte van het graslandje met de bronnetjes in Gors-Opleeuw/Jesseren heeft het westelijke “Bilzen-eiland” een oppervlakte van ca. 600 ha. Het is ZZW-NNO georiënteerd. In het zuiden van het “eiland” ligt de oude stadskern van Borgloon. Het eiland bereikt daar een breedte van ca. 2.3 km. Ter hoogte van het studiegebied heeft het een breedte van 700 meter. Verder naar het NNO wordt het nog smaller en verdwijnt het helemaal. Daar en overal rond dat “eiland” is de geologische afzetting zoals gezegd gewoon weg geërodeerd. De topografie van het actuele landschap is van dien aard dat op tal van plaatsen de erosie dwars door de hele formatie van Bilzen is gesneden,

waardoor de drie lagen waaruit deze formatie is opgebouwd als het ware “zweven”, of toch zeker geïsoleerd liggen boven op de onderliggende geologische afzettingen. Het zand van Kerniel, het bovenste deel van de formatie van Bilzen, heeft een hoge hydraulische geleidbaarheid en is verantwoordelijk voor het water dat uit de “hangende” bronsystemen stroomt. Het bestaat uit fijne witte zanden waarin wat fijne kleilaagjes voorkomen (Laga et al. 2001). De daaronder liggende kleilaag (van Kleine Spouwen) is slechts een paar meter dik en situeert zich halverwege de hellingen. De formatie van Bilzen rust op een zuidelijke uitlopers van de kalkrijke formatie van Borgloon, een ca. 10-15 meter dik, eveneens vroeg oligoceen kleipakket (Klei van Henis -niet watervoerend uiteraard). Daaronder zitten de kleiige zanden van St. Huibrechts Hern. Nog dieper zitten vervolgens de formaties van Hannut en de mergel van Heers. In het functioneren van het bronniveau van dit gebiedje zijn alleen de bovenste twee lagen (laagjes) van belang.

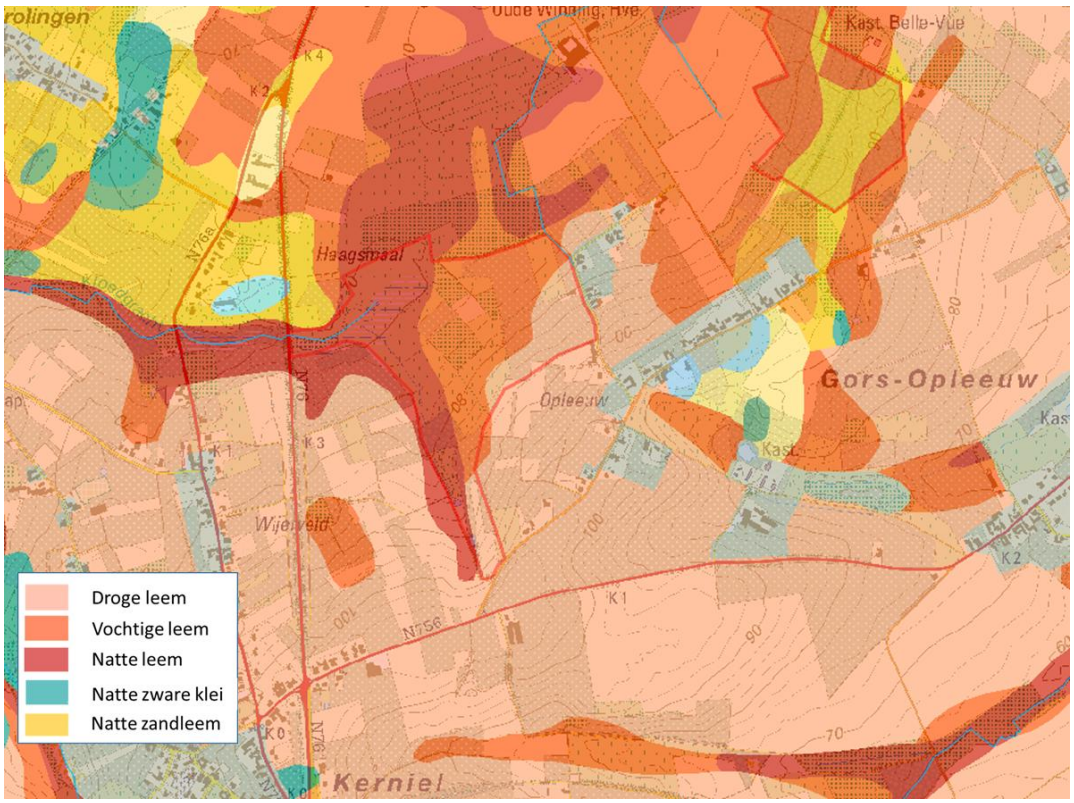
De randen van het “eiland” zijn diep gekarteld door achterwaartse insnijding doorheen de tijd van bronbeekjes. In zowat elke concave deuk van het reliëf is hier een bron met aansluitend bronbeekje te vinden, ten minste aan de noordwestzijde van het geologische eiland. Dat heeft te maken met de noordwestelijke helling van de afzettingen. Het watervoerende pakket (zand van Kerniel) is ter hoogte van het grasland in kwestie slechts een paar meter dik. Het uittredende grondwater sleurt zandig materiaal korreltje per korreltje mee en duwt het bovenliggende quartaire dek mee vooruit. In de loop der tijd wordt dat materiaal zelfs met de kleine hoeveelheden uittredend bronwater, bergafwaarts afgevoerd. Hierdoor ontstaan er vlakke en soms brede bronterrassen boven op de kleilaag.



Figuur 191: Tertiair geologische afzettingen onder het SBZ-H deelgebied van Jesseren-Opleeuw (links) met indicatie van de ligging van dwarsdoorsnede (rechts)

De bodem bestaat hier nagenoeg uitsluitend uit een dik leemdek (Figuur 192). Op de hellingen en steilrand is dat quartaire dek dikwijls weggeschoven om dan onderaan de helling als colluviaal materiaal opgestapeld te liggen.

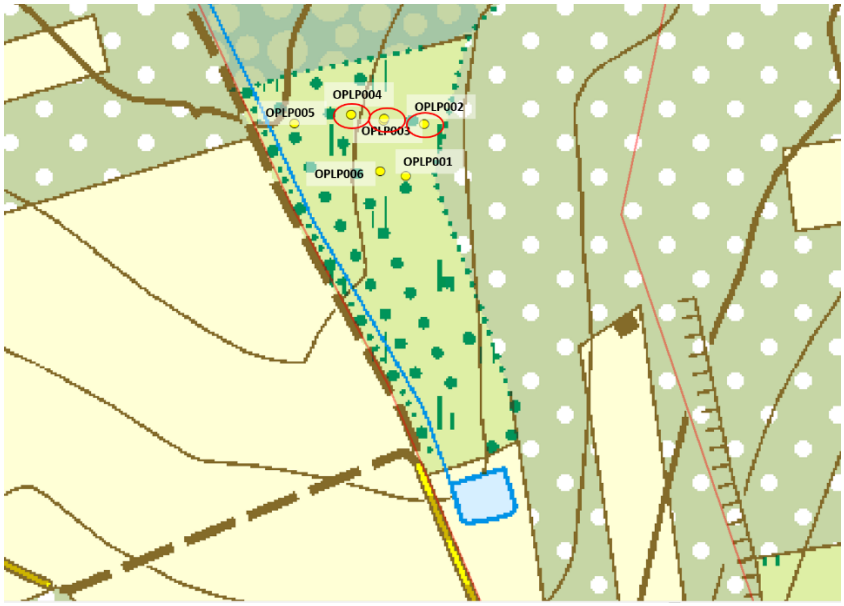
Omdat verder onderzoek van deze bron geen deel uitmaakte van deze studie, werd er ook geen voedingsgebied voor bepaald zoals dat voor tal van andere bronnen wel het geval is. Toch is uit de stoombanenfiguur (Figuur 16) af te leiden dat het bronwater afkomstig is uit een smalle stroom die pal zuidelijk van de bronnetjes gelegen is en niet zuidwestelijk, zoals veelal intuïtief wordt aangenomen bij terreindiscussies hier.



Figuur 192: Detail uit de Belgische bodemkaart voor het SBZ-H deelgebied van Gors-Opleeuw.

8.14.3 Grondwater

Omwille van onderzoeksvragen in het kader van de Ruilverkaveling van Jesseren een paar decennia geleden, werd in 2003 al en op vraag van de VLM (E. Dupae) een meetnet van 5 piëzometers geïnstalleerd dat eerst met de hand en later geautomatiseerd werd opgemeten.



Figuur 193: Locatie van de piëzometers op het graslandperceeltje met bronnetjes in Gors-Opleeuw. De rood omcirkelde meetpunten worden gebruikt in

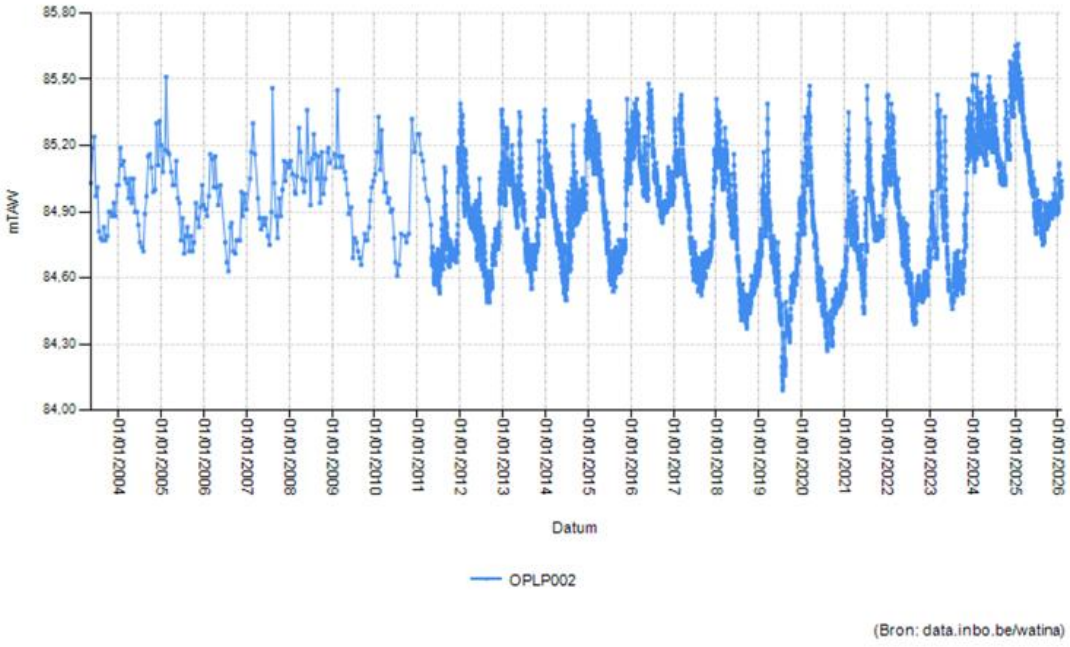
8.14.3.1 Grondwaterpeilen

Omdat de meetpunten hier al 23 jaar geleden geïnstalleerd weren en sommigen ervan permanent bemeten zijn, zijn het de enige echt lage tijdreeksen die voor deze regio in natuurgebieden beschikbaar zijn.

Er zijn grote verschillend in grondwaterdynamiek op een kleine afstand. In Figuur 195 worden tijdreeksen weergegeven van 3 piëzometers die op een raai staan vertrekkend net boven het bronniveau (OPLP002), naar de zone net op het bronterras (OPLP003) en de meetpunt OPLP004 lager op de helling. De afstand tussen de eerste (hoogstgelegen) en de laatste (laagstgelegen) meetpunt bedraagt slechts 20 meter (het topografisch niveauverschil bedraagt over diezelfde afstand 3 meter vertrekkend van 85 m TAW en eindigend op 82 m TAW).

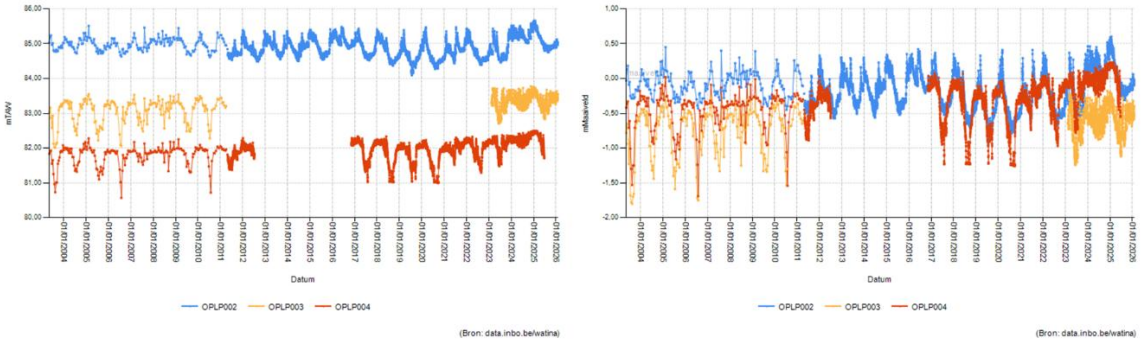
De schommelingen in meetpunt OPLP002 (

Figuur 194), ca. 80 cm op jaarbasis, zijn vrij beperkt en geven een beeld van de fluctuatie van de grondwatertafel in de zanden van Kerniel. Het ligt helemaal bovenaan op de helling en is onderhevig aan seizoenale schommelingen. De fluctuaties op jaarbasis zijn ietsje variabel doorheen de jaren met uitgesproken grotere schommelingen in droge jaren (bv. 2019 & 2020) en aanzienlijk veel kleinere schommelingen in natte jaren. (bv. 2016 en 2024)? De stijghoogte van het grondwater in dit watervoerende pakket bereikt een recordhoogte in de winter 2024-25.



Figuur 194: Tijdreeks van stijghoogten in de zanden van Kerniel ter hoogte van het bronnetjes-grasland van Gors-Opleeuw.

Ietsje lager op de helling stroomt het water uit de bron en verzameld op het bronterras (waaronder klein van Kleine Spouwen zit). Daar zijn de schommelingen nagenoeg vergelijkbaar (OPLP003 in Figuur 195). Dat bronterras was destijds gedraineerd met behulp van detailbegreppeling, maar die worden de laatste decennia niet meer zo intensief onderhouden. Er is sprake van een geleidelijke stijging van de grondwaterstanden daar. Nog een paar meter verder naar het westen (OPLP004) valt het bronwater letterlijk van de kleilaag af. Ook hier is een geleidelijke stijging van de grondwaterpeilen te zien, als gevolg van het wegvallen van onderhoud van de detailbegreppeling



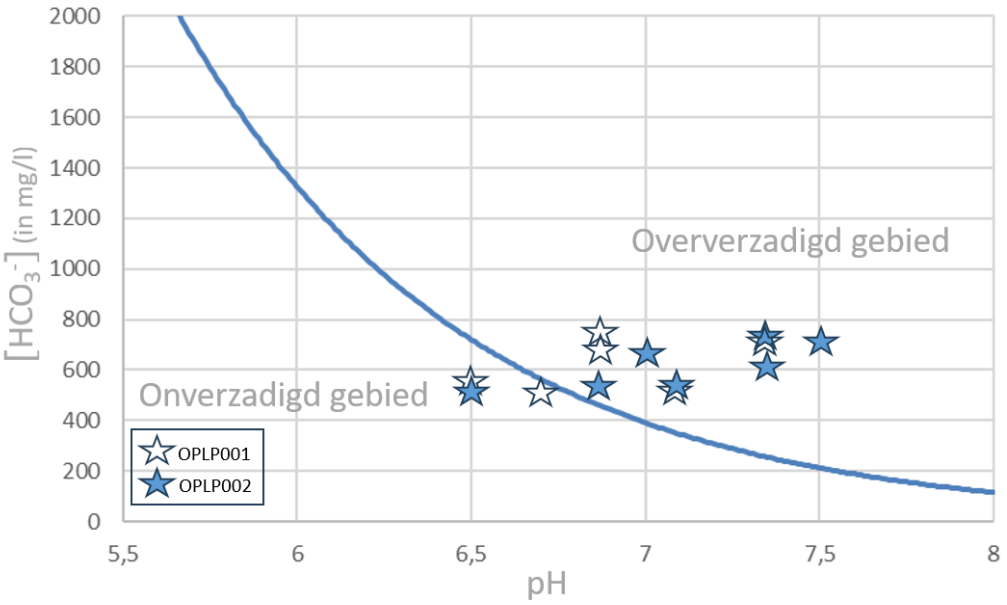
Figuur 195: Tijdreeksen van stijghoogten (in m TAW links) en grondwaterpeilmetingen (in m onder mv rechts) in Gors-Opleeuw tussen 2003-2026.

8.14.3.2 Grondwaterkwaliteit

Tabel 27: overzicht van de beschikbare chemische analyseresultaten van het freatische grondwater in het SBZ-H graslandje van Gors-Opleeuw (periode 2003-2023).

Meetpunt	Datum	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
OPLP001	14/11/2004	547	6,5		6,333			0,048	48	19,5	30,4	1,0	30,0	7,00	0,09	
	13/03/2005	730	6,8		4,221			0,063	43	40,8	49,3	1,2	51,0	12,20	0,32	
	16/06/2005	494	6,7		3,023			0,045	36	21,3	42,7	1,2	47,0	9,80	0,22	
	24/04/2006	717	7,3	332	2,320	0,010	0,10	0,010	69	21,8	10,8	0,5	125,0	6,81	0,25	
	12/05/2009	513	7,1	241	1,480	0,010	0,03	0,012	49	13,7	7,6	0,4	90,6	6,39	0,50	
	07/12/2016	666	6,7	216	8,558	0,015	0,02	0,015	55	48,3	10,5	0,5	108,9	9,14	0,05	0,05
	12/04/2021	520	7,0	162	4,709	0,015	0,06	0,015	40	44,5	13,6	0,5	80,5	5,61	0,05	0,05
OPLP002	14/11/2004	524	6,5		10,864			0,242	65	23,1	41,0	1,6	26,0	8,70	1,34	
	13/03/2005	8	6,9		6,933			0,030	60	47,9	54,4	1,2	48,0	14,70	0,40	
	16/06/2005	516	6,9		6,102			0,081	41	26,6	43,6	2,0	43,0	10,30	0,30	
	24/04/2006	672	7,3	307	2,450	0,010	0,10	0,010	69	24,2	10,0	0,5	114,0	7,07	0,25	
	12/05/2009	570	7,1	255	2,940	0,010	0,03	0,012	60	15,7	7,7	0,4	101,4	5,92	0,50	
	21/02/2013	698	7,5	322	1,318	0,015	0,04	0,016	68	26,5	11,0	1,4	124,4	10,92	0,05	
	12/04/2021	590	7,3	253	4,580	0,015	0,05	0,015	37	29,8	9,7	1,1	100,4	7,49	0,05	0,05
	22/08/2023	617	7,0	301	3,493	0,015	0,02	0,015	41	22,2	9,6	0,9	110,8	8,09	0,05	0,05
OPLP003	14/11/2004	1163	6,7		0,713			0,125	131	88,7	41,6	1,4	51,0	19,70	0,48	
	13/03/2005	1134	6,9		0,777			0,030	113	65,6	58,3	1,1	69,0	29,30	0,35	
	16/06/2005	734	6,7		0,800			0,038	66	62,1	57,1	1,4	77,0	28,00	0,16	
	24/04/2006	1273	7,2	452	0,100	0,005	0,10	0,010	194	88,9	19,2	1,6	205,0	21,40	0,52	
	12/05/2009	1043	7,2	476	0,050	0,010	0,03	0,012	59	85,0	15,5	0,8	179,6	19,23	0,50	
	07/12/2016	580	6,8	228	10,372	0,015	0,02	0,015	41	26,9	8,0	0,4	106,3	6,90	0,05	0,05
OPLP004	14/11/2004	1096	6,7		0,458			0,136	195	88,7	44,0	1,4	69,0	22,40	0,57	
	13/03/2005	1026	6,8		0,749			0,018	128	58,5	56,0	0,7	68,0	25,40	0,20	
	16/06/2005	859	6,9		0,309			0,013	90	63,8	80,1	1,5	80,0	26,10	0,14	
	24/04/2006	889	7,2	362	0,050	0,005	0,10	0,010	98	50,8	14,5	0,5	140,0	13,00	0,25	
	12/05/2009	955	7,2	442	0,010	0,010	0,03	0,012	58	75,5	15,1	0,2	170,3	17,51	0,30	
	07/12/2016	1186	7,0	496	0,034	0,015	0,02	0,015	54	115,9	21,1	0,4	202,2	19,92	0,05	0,05
	12/04/2021	1118	7,3	408	0,057	0,015	0,02	0,015	129	103,6	24,8	1,2	189,6	20,45	0,05	0,05
OPLP005	14/11/2004	761	6,6		0,525			0,067	96	51,4	42,9	1,0	35,0	20,30	0,30	
	13/03/2005	936	7,0		0,376			0,024	91	44,3	46,9	0,5	63,0	21,20	0,09	
	16/06/2005	643	6,7		0,207			0,021	64	39,0	46,6	0,9	54,0	20,20	0,12	
	24/04/2006	1052	7,1	480	0,050	0,005	0,10	0,010	106	54,0	14,3	1,1	175,0	14,30	3,84	
	12/05/2009	827	7,2	423	0,010	0,010	0,03	0,012	44	44,5	10,3	0,5	148,3	12,63	1,62	
	07/12/2016	1051	6,9	517	0,041	0,015	0,02	0,015	58	67,8	15,2	0,3	190,1	16,37	0,40	4,61
	12/04/2021	1012	7,2	366	0,031	0,015	0,06	0,015	120	89,5	16,1	0,8	174,3	16,77	0,05	0,24
OPLP006	14/11/2004	710	6,5		0,286			0,046	80	46,1	34,5	1,6	26,0	10,90	0,09	
	13/03/2005	726	6,7		0,376			0,172	89	44,3	42,0	1,4	57,0	15,90	0,10	
	16/06/2005	825	6,9		0,068			0,089	57	46,1	51,3	1,8	66,0	22,90	0,32	
	24/04/2006	726	6,9	255	0,050	0,005	0,21	0,010	96	45,6	10,4	1,5	113,0	8,86	4,04	
	12/05/2009	810	7,0	347	0,030	0,010	0,45	0,012	80	51,3	11,5	1,1	142,1	11,40	8,52	
	07/12/2016	858	7,1	326	0,125	0,015	0,02	0,015	92	59,6	21,5	0,7	139,6	13,99	0,05	0,05
	12/04/2021	733	7,0	257	0,050	0,015	0,06	0,015	81	60,5	15,2	0,7	118,5	11,89	0,24	0,05
maximum		1273	7,5	517	10,864	0,015	0,45	0,242	195	115,9	80,1	2,0	205,0	29,30	8,52	4,61
90-percentiel		1116	7,2	479	6,310	0,015	0,10	0,088	127	88,7	54,1	1,6	179,1	22,85	1,26	0,24
gemiddelde		788	7,0	343	2,048	0,012	0,07	0,038	78	51,0	28,2	1,0	102,6	14,69	0,66	0,48
10-percentiel		520	6,7	232	0,035	0,005	0,02	0,010	41	21,8	9,7	0,4	43,4	6,91	0,05	0,05
minimum		8	6,5	162	0,010	0,005	0,02	0,010	36	13,7	7,6	0,2	26,0	5,61	0,05	0,05

Het watervoerende laagje is klein in omvang en ook dikte (zie Figuur 191). Het is een erg mineraalrijke afzetting, dus er treedt dan ook erg mineraalrijk grondwater uit. Dat is duidelijk te merken aan de gemiddelde EC_{25} van ca. 800µS/cm. Ook de pH is aan de hoge kant. Dit bevestigt dus de verwachting dat het grondwater hier uit de Formatie van Bilzen moet afkomstig zijn. Er is doorgaans sprake van bicarbonaat oververzadiging (Figuur 196). Er is sprake van kalktufafzetting in het bronbeekje.



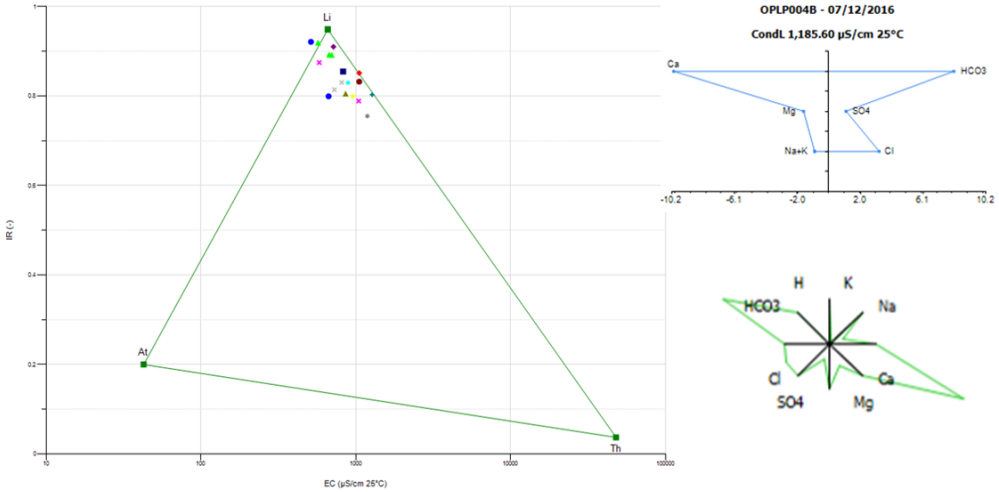
Figuur 196: Situering van de Gors-Opleeuw-bronwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

Gezien het kleine hydrologische systeem en de intensieve landbouwactiviteit die erin plaatsvindt (nagenoeg de volledige top van de heuvel van Kerniel, zit onder landbouwgebruik). Over de gehele meetperiode (2003-2023) kon worden vastgesteld dat enkel nitraat sterk verhoogd is in het grondwater vlak voor het uittreedt als bronwater (in meetpunten OPLP001 & 2), en dat die concentraties doorheen de jaren nagenoeg ongewijzigd blijven. Dat is in lijn met wat in alle bronnen die water krijgen uit de formatie van Bilzen het geval. In die laag is er sprake van systematische verontreiniging met grote hoeveelheden van onder landbouwgronden weglekkende nitraten. Zowel nitriet, ammonium en orthofosfaat zijn (gelukkig) nagenoeg afwezig en ook de sulfaatconcentraties schijnen nog relatief mee te vallen in vergelijking met andere locaties in het studiegebied.

In het kader van de ruilverkaveling werden topografisch gezien boven de bronnetjes hier een aantal landbouwgronden omgezet tot natuurgebied om zo de nitraat toestroom te verminderen. Dat gebeurde onder meer op basis van een advies van een INBO-advies (De Becker 2009). Die maatregel blijkt alvast ontoereikend te zijn geweest. Er zijn met zekerheid meer maatregelen nodig (bemestingsbeperkingen) en het voedingsgebied blijkt niet oostelijk, maar zuidelijk te liggen.

Het volledige hydrologische systeem is kleiner dan 600 ha. De afzetting van de zanden van Kerniel beslaat op die geologisch eiland immers die oppervlakte. Er lopen nog een paar andere bronbeken uit deze kleine afzetting. Het grondwatervoedingsgebied is vermoedelijk maar

enkele tientallen hectaren groot. De verblijftijd moet dus uiterst kort zijn (er is geen grondwatermodel gemaakt voor dit gebied). Ondanks de (vermoedelijk erg) korte verblijftijd van het grondwater heeft het een uitgesproken lithotroof karakter. In het EC/Ir-diagram (Figuur 197) zijn alle resultaten sterk geconcentreerd in de bovenhoek rond het Li-referentiepunt.

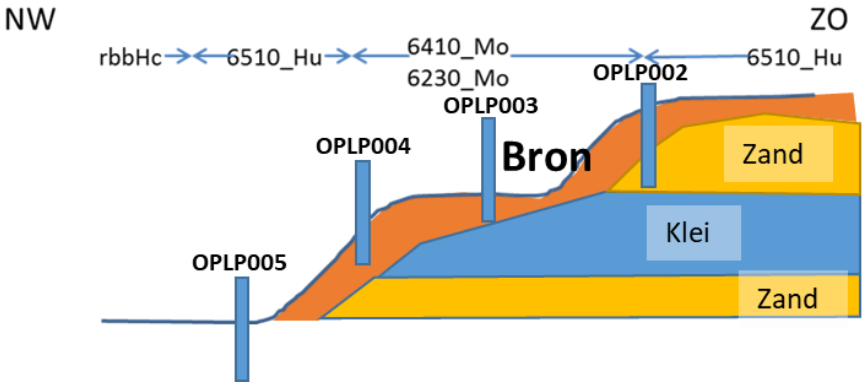


Figuur 197: EC/IR- (links), Stiff- (rechts boven) & Maucha-diagrammen (rechts onder) voor een aantal freatische grondwaterlocaties in het SBZ-H deelgebied Gors-Opleeuw

8.14.4 Vegetatietypering

Zonder bronniveau zou dit grasland uniform als glanshavergrasland ontwikkelen (65010_hu). De aanwezigheid van een bronniveau complexeert het vegetatiebeeld aanzienlijk.

Op het terras zelf is meer dan waarschijnlijk nooit aan intensieve landbouw gedaan omdat het eenvoudig weg niet kan bereden worden met machines. Vermoedelijk daarom is hier nooit bemest en zijn uiterst nutriëntenarme situaties bewaard gebleven. Dat vertaalt zich in een vegetatie die een mozaïek is van heischraal grasland/blauwgrasland (6230/6410).

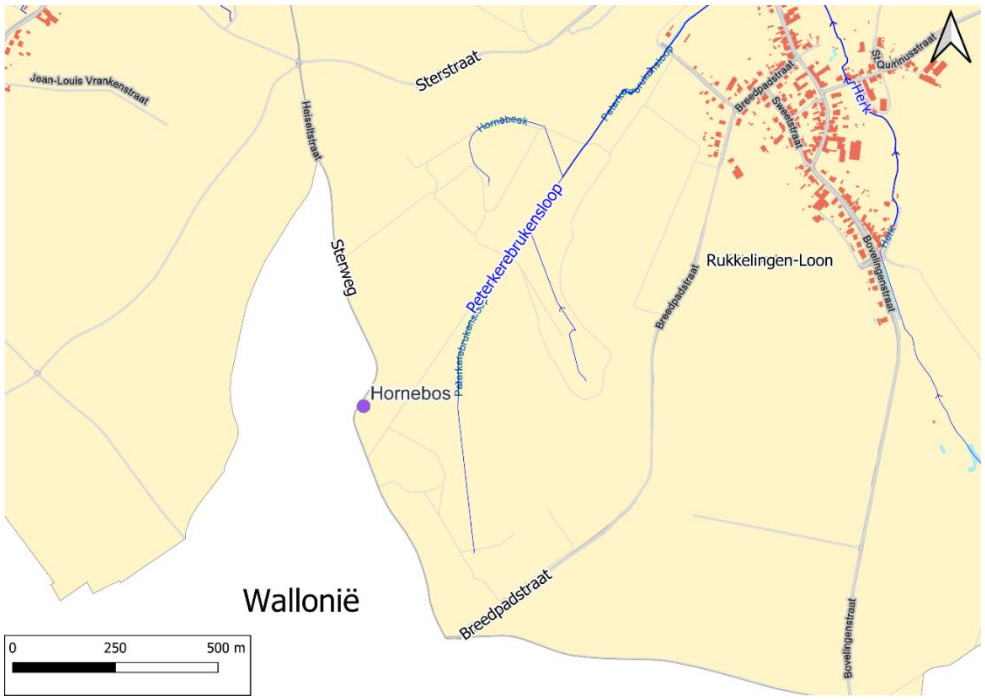


Figuur 198: Schema van de vegetatiezonering voor het Natura 2000 grasland Gors-Opleeuw (met aanduiding van de hydrologische meetpunten gebruikt in Figuur 195.

De echte zompige terreingedeelten waar de bronbeekjes uitstromen worden gekenmerkt door dottergrasland/grote zeggenvegetatie-elementen, evenals de natte zone onderaan de helling waar het bronbeekje dat vanuit het zuiden komt langsloopt.

8.15 HORNEBOS (BRON 15- HEERS BRON)

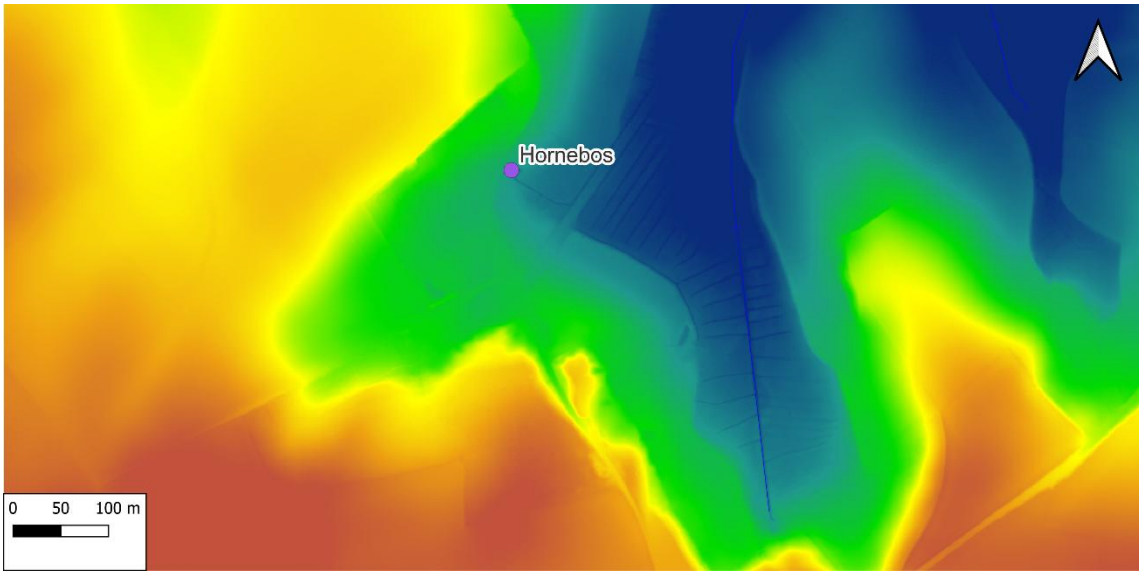
Het Hornebos met daarin de “Hornebron” Als laatste bronlocatie is er het Hornebos, ligt ten zuidwesten van het centrum van Rukkelingen Loon, precies op de taalgrens.



Figuur 199: Situering van de bron van Hornebos op de GRB-basiskaart.

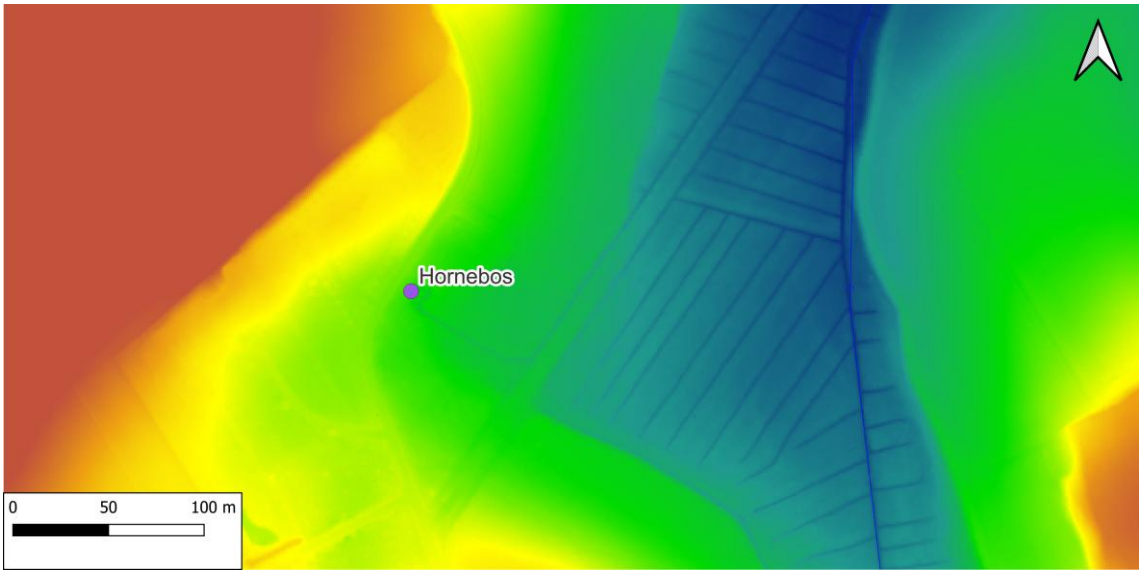
8.15.1 Topografie en Hydrografie

Het is de meest afgelegen bron van die in het kader van deze studie onder de loep diende genomen te worden. Ze ligt in het brongebied van de Herk.



Figuur 200: Detailtopografie in de omgeving van Hornebos (uit DHM Vlaanderen II)

Ook hier is de topografie sterk geaccidenteerd, met smalle diepe valleitjes die in het Haspengouwse zijn ingesneden. De Hornebron is het brongebied van de Hornebeek een klein zijvalleitje van de Herk, het bekken ten westen van het bekken van Mombeek. In Figuur 201 is duidelijk te zien dat de bron zelf en de aanpalende vallei sterk gedraineerd is met een dichte patroon van rabatten.



Figuur 201: Sterker ingezoomde detailtopografie in de omgeving van Hornebos (uit DHM Vlaanderen II).

8.15.2 Geohydrologie

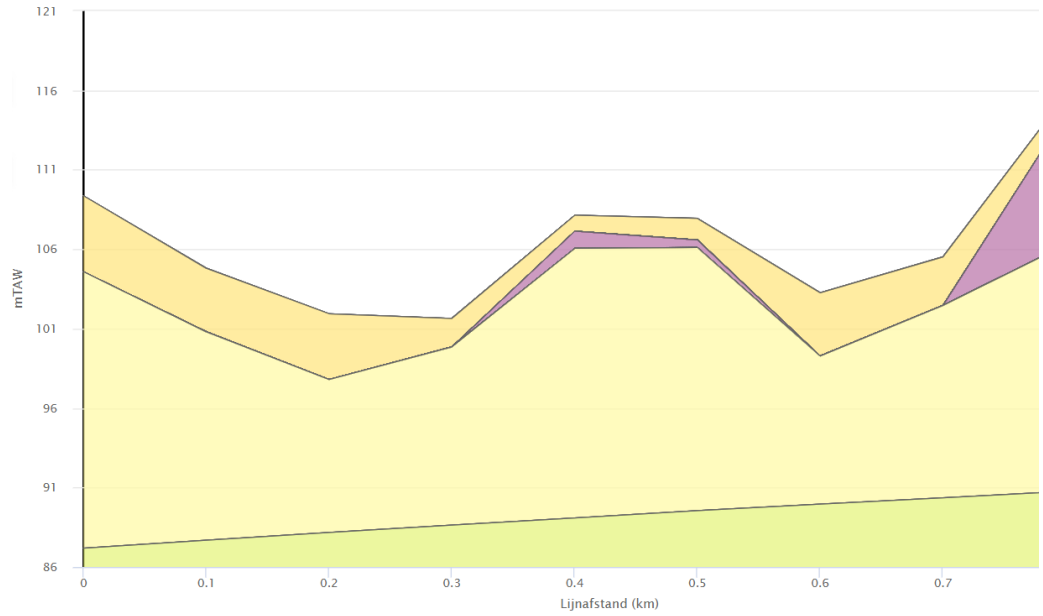
Anders dan in de vallei van de Mombeek is de Herk en ook de Hornebeek dwars doorheen de bovenliggende tertiair geologische formaties gesneden tot diep in de formatie van Heers, die overal onder het alluvium dagzoomd (Figuur 202).



Figuur 202: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. het Hornebos met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 203).

Daarbovenop ligt de Formatie van St.-Huibrechts-Hern (die dus volledig doorsneden is) aan weerszijden van de vallei. De andere geologische formaties, die de geohydrologie in het bekken van de Mombeek en de oostelijk gelegen Demer bepaalden, zijn hier afwezig of spelen geen rol van betekenis meer.

De juiste herkomst van het bronwater, is op basis van de tertiair geologische kaart niet precies te achterhalen. Het zou nog kunnen dat het onderstel lid van de formatie van Sint-Huibrechts-Hern (de klei van Grimmertingen) een rol speelt als onderlaag. Echter, op basis van de chemische analyseresultaten van het grondwater (Tabel 28), lijkt de oorsprong toch eerder de formatie van Heers te zijn (hogere EC, hogere bicarbonaat en Calcium-concentraties).

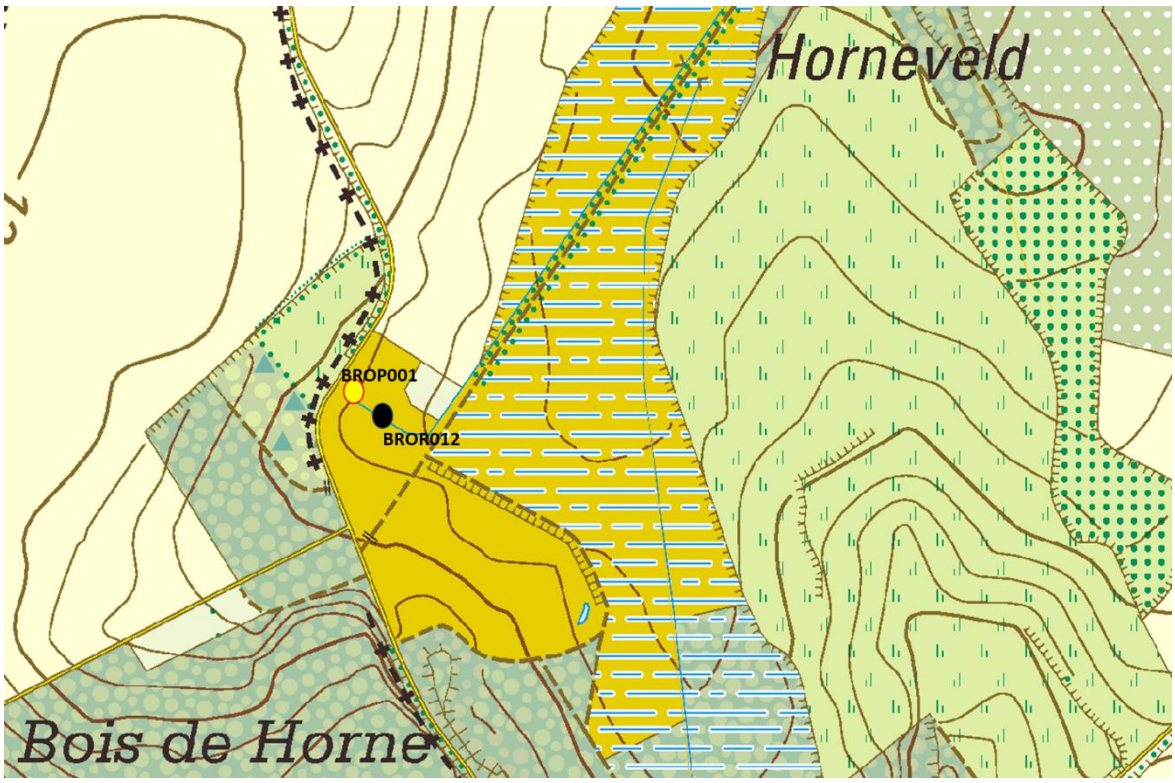


Figuur 203: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. het Hornebos (https://www.dov.vlaanderen.be). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 202).

Geohydrologie in combinatie met de vaststellingen uit de chemische analyseresultaten (leidt tot de conclusie dat het hier gaat om een zgn. “Heers-bron”

8.15.3 Grondwater

In het kader van deze studieopdracht werd in de bronzone van het Hornebos een hydrologisch meetpunt (BROP001) geplaatst. De metingen startten begin februari 2022.

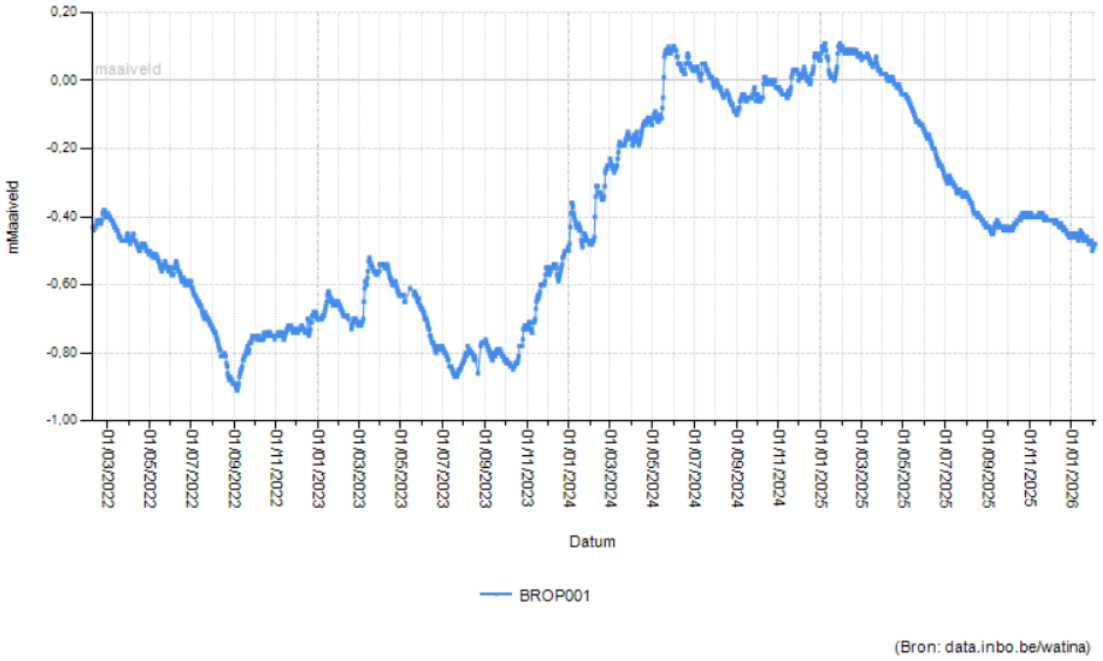


Figuur 204: Locatie van het grondwatermeetpunt (BROP001) en het bronbeekwater-staalnamepunt BROR012 in het Hornebos.

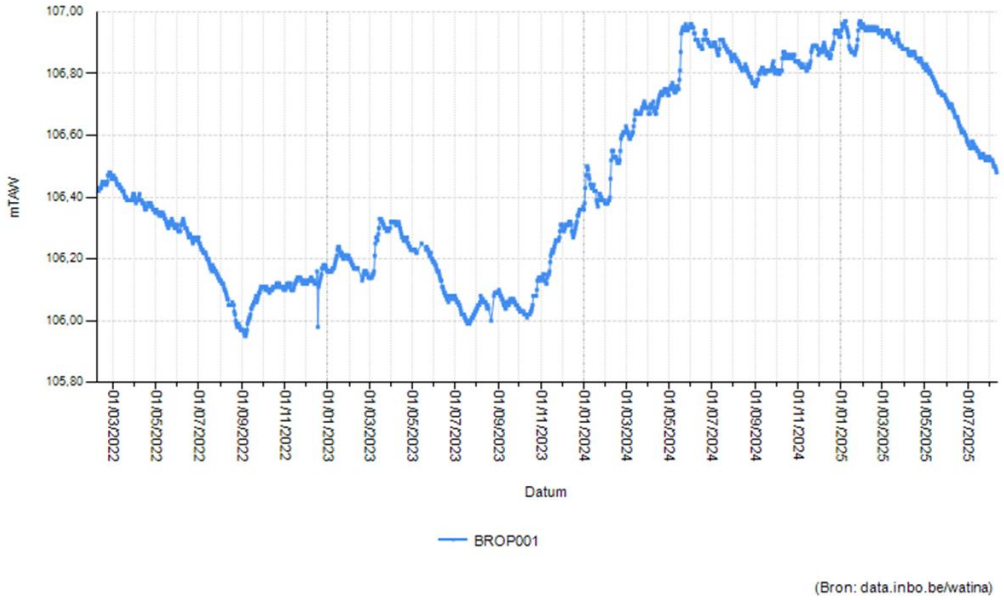
8.15.3.1 Grondwaterpeilen

In Figuur 205 is de tijdreeks van de grondwaterpeilmetingen in het meetpunt BROP001 weergegeven. Seizoenale schommelingen zijn slechts in beperkte mate te zien. Er treden wel langjarige fluctuaties op. Op de periodiciteit daarvan in beeld te krijgen, is deze meetreeks nog te kort. Duidelijk is wel dat er zeer flinke langjarige schommelingen optreden. Voor de beperkte lengte van de reeks zijn er schommelingen duidelijk geworden die zich afspelen tussen 0,8 m onder maaiveld in 2022 tot gelijk met of lichtjes boven maaiveld in 2025. Dat betekent op het terrein dat de bron in droge jaren nagenoeg droogvalt, en dat ze mogelijks verschuift naar topografisch lagergelegen locaties.

In Figuur 206 is te zien dat de schommelingen van het grondwater in het bronnetje van het Hornebos zich afspelen op een hoogte van ca.106-107 m TAW. Dat is helemaal op een van de hoogste punten in het bekken van de Herk.



Figuur 205: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in Hornebos (BROP001).



Figuur 206: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in Hornebos (BROP001).

8.15.3.2 Grondwaterkwaliteit

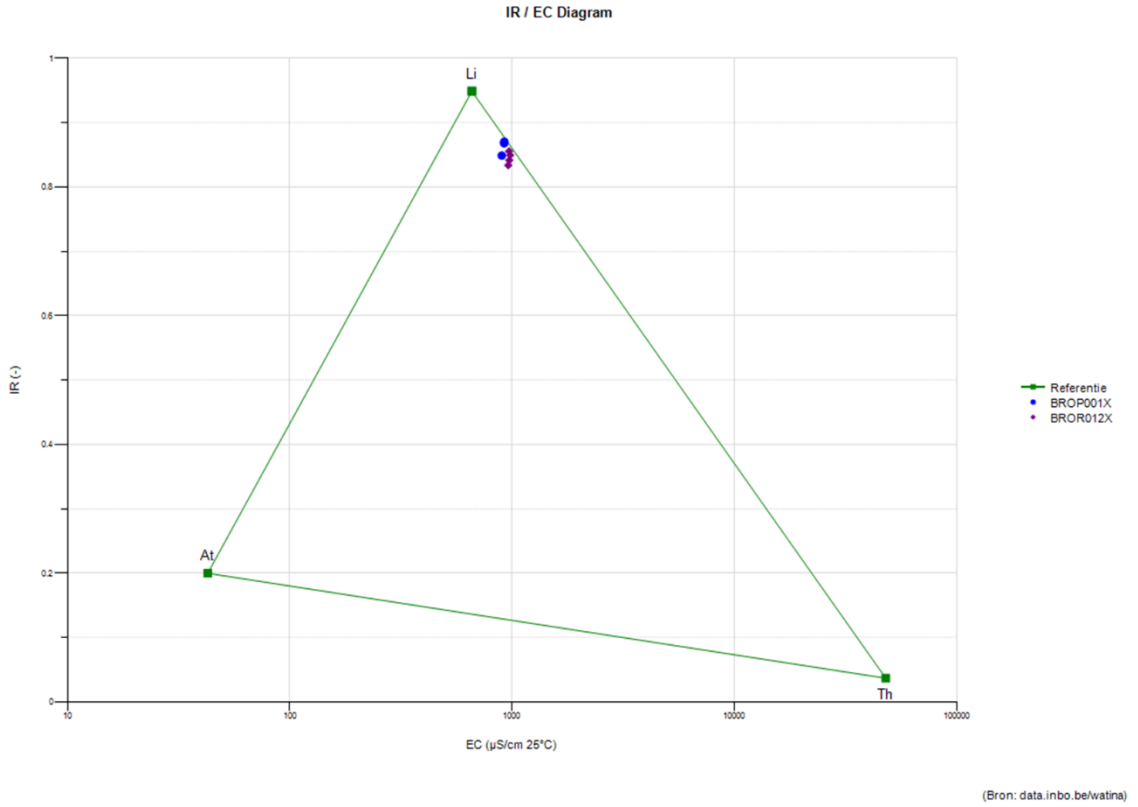
Tabel 28: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP001) en oppervlaktewater (BROR012) in Hornebos.

Datum	Meetpunt Code	ECL_{25} (µS/cm)	pHL	HCO3 (mg/l)	NO_3-N (mgN/l)	NO_2-N (mgN/l)	NH_4-N (mg/l)	O-PO_4-P (mgP/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe_{tot} (mg/l)	Mn (mg/l)
19/04/2011	BROR012	970	7,4	393	11,05	0,030	0,04	0,035	92	57,5	12,5	1,4	173,0	19,70	0,05	-
06/09/2011	BROR012	960	7,0	383	8,95	0,015	0,21	0,016	92	58,1	12,1	1,6	165,0	20,20	0,05	-
16/11/2011	BROR012	968	7,4	385	9,48	0,015	0,04	0,015	105	55,4	12,2	1,6	185,9	19,61	0,05	-
28/02/2012	BROR012	979	7,3	389	9,32	0,015	0,04	0,010	95	56,2	12,3	1,5	179,5	18,29	0,05	-
16/02/2023	BROP001	897	7,7	472	0,29	0,005	0,02	0,015	53	44,9	12,2	1,0	142,7	18,71	0,05	0,05
16/05/2023	BROP001	921	7,2	427	2,50	0,012	0,02	0,015	86	43,1	12,0	1,0	164,1	18,91	0,05	0,13
22/08/2023	BROP001	919	7,2	430	3,77	0,031	0,02	0,015	91	44,0	12,0	1,1	163,7	19,01	0,05	0,10

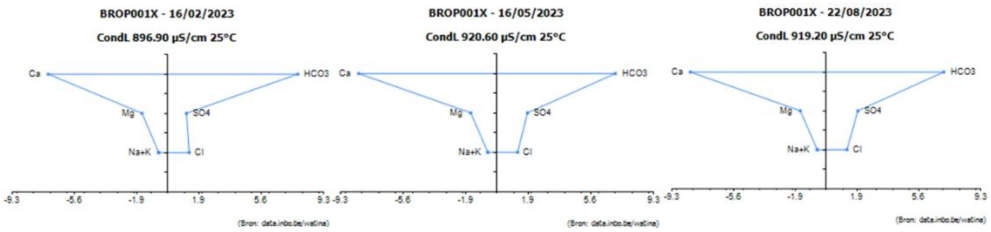
In Tabel 28 worden de resultaten van de chemische analyses van de grondwaterstalen (BROP001) in februari, mei en augustus 2023 en vier oudere stalen van het bronbeekwaterstaal (BROR008 (Oosterlynck & Van Landuyt, 2012) weergeven.

Opvallend zijn de vrij hoge elektrische geleidbaarheidsmetingen en pH-waarden van zowel het recente grondwater ter hoogte van de bron als van de ruim 10 jaar oudere bronwatermetingen.

Uit het IR/EC-diagram (Figuur 207) valt af te leiden dat het in ieder geval om lithotroof water gaat, en dat er nauwelijks verschil is tussen het grondwater en het bronbeekwater.

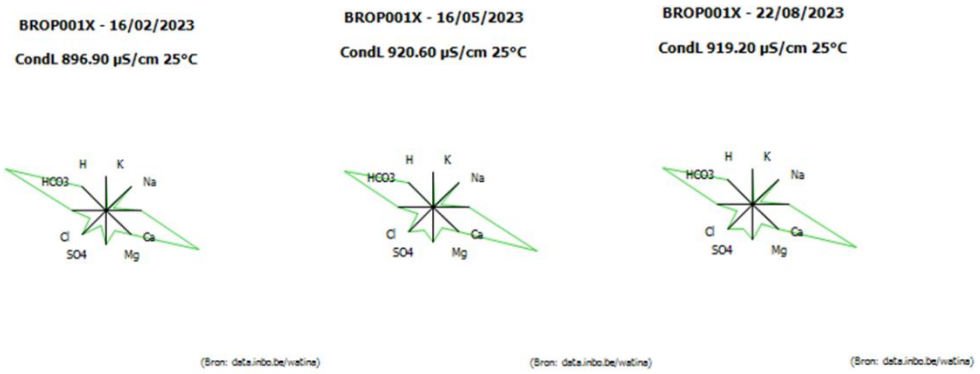


Figuur 207: IR/EC diagram van alle grondwaterstalen uit BROP001 en oppervlaktewaterstalen uit BROR012.



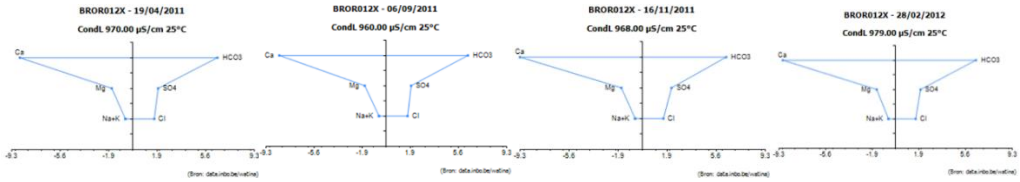
Figuur 208: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP001.

Dezelfde conclusies zijn te trekken uit de Stiff- (Figuur 208) en Maucha-diagrammen (Figuur 209). Die zien er geheel volgens verwachting uit.

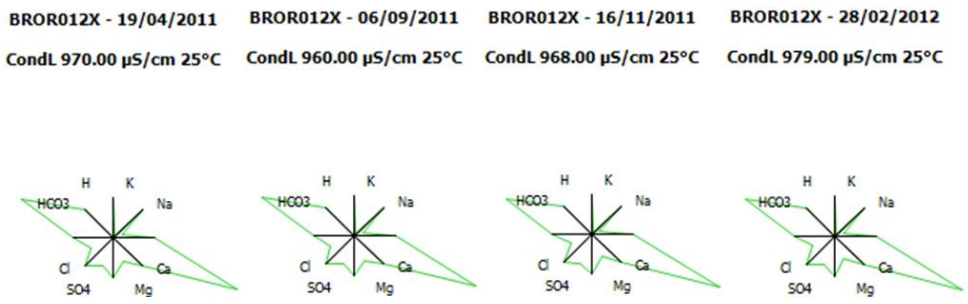


Figuur 209: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP001.

Ook de diagrammen voor het bronbeekwater vertonen een vergelijkbare vorm en leveren vergelijkbare informatie op.

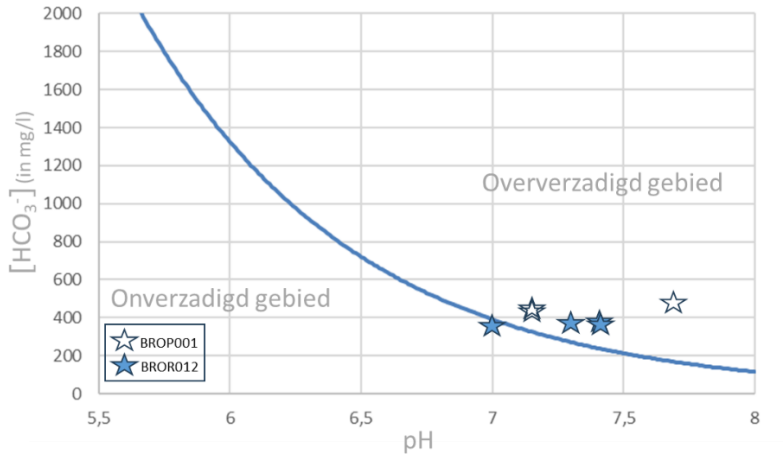


Figuur 210: Stiff diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR012.



Figuur 211: Maucha diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR012.

Grondwater én bronbeekwater zijn erg rijk aan bicarbonaat. Gecombineerd met een hoge pH zorgt dat voor oververzadigde omstandigheden waarbij kalktuf wordt afgezet (Figuur 212).



Figuur 212: Situering van de Zammelen-bron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie).

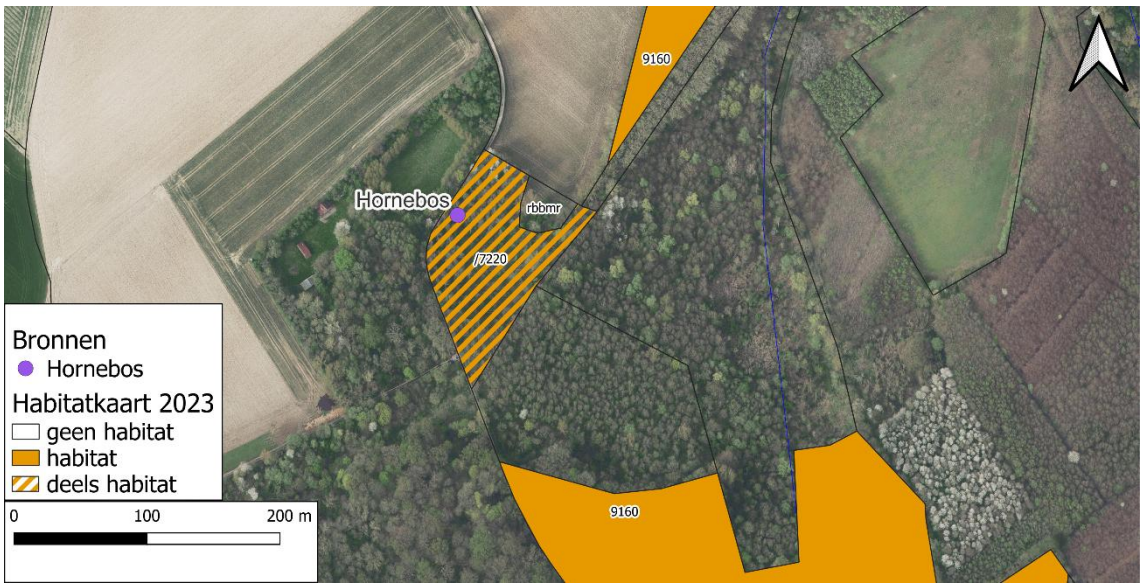
Over het algemeen gaat het over zeer mineraalrijk water (zie ook de hoge concentraties aan calcium en magnesium).

De verhoogde concentraties sulfaat en chloride wijzen in de richting van verontreiniging van het grondwater in de watervoerende laag.

Nitraatconcentraties zijn actueel gevoelig beter dan ten tijde van de bronbeekwater staalname (2011) maar ze blijven toch duidelijk verhoogd. In diezelfde zin moeten ook de verhoogde nitrietconcentraties gezien worden. Het feit dat ze boven de bepaalbaarheidsgrens zitten, betekent dat er een actieve bron van vervuiling is. Ammoniumconcentraties zijn dan weer erg laag (bepaalbaarheidsgrens) en wateroplosbaar fosfaat is eveneens afwezig.

8.15.4 Vegetatietypering

Hoewel de bronnenzone in het Hornebos zeer sterk verstoort is door recente windworp, waarbij ruim 80 % van de bomen tegen de vlakte zijn gegaan en er nogal wat kapvlakte-aspecten de vegetatie domineren (met name bramenkoepels), is er overal in de langzaam dichtslibbende drainagegreppels vrij grote hoeveelheden kalktuf aanwezig (weliswaar allemaal hele kleine fragmentjes) met daarop de karakteristieke mossoorten (Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*) en Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*).



Figuur 213: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Hornebos.

Hier werd in het kader van deze studie geen lokale staat van instandhouding bepaald, hoewel het met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid om het habitattype 7220 gaat.

9 ALGEMENE CONCLUSIE

9.1 SAMENVATTENDE TABEL

nummer bron	naam bron	type	7220 en LSVI	grondwaterchemie		Grootte intrekgebied	Grondwaterdynamiek		aan te pakken problemen
				kalktuf mogelijk?	nutrientenproblemen?		tijdelijke/permanent watervoeren	periodiciteit schommelingen	
1	Vilsterbron	Bilzen	bron 1: 7220, gunstig bron 2: geen habitat	ja	Nitraat en sulfaat te hoog	Bron 1: ha/ Bron 2: 14 ha	Permanent watervoerend	duidelijke jaarlijkse fluctuaties	structurele overbemesting intrekgebied Betonnen constructies verwijderen
2	Haren	St-Huibrechts-Hern	7220, gunstig	ja	Goede kwaliteit	Niet bepaald	Permanent watervoerend	zwakke seizoenale schommelingen	Geen verdere maatregelen nodig
3	Gabrigsveld	Bilzen	7220, gunstig	ja	Nitraatstikstof te hoog	Niet bepaald	Permanent watervoerend	duidelijke jaarlijkse fluctuaties	structurele overbemesting intrekgebied ev. verzamelrabatten dempen
4	Grootbos	Bilzen	7220, gunstig	ja	sulfaat (veel) te hoog	Niet bepaald	valt droog in normale en droge zomers	duidelijke jaarlijkse fluctuaties	structurele overbemesting intrekgebied geen verdere maatregelen nodig
5	Wijngaardbos	Bilzen	7220, gunstig	ja	nitraatstikstof en sulfaat te hoog	Bron 1: 3,2 Ha/ Bron 2: 1,3 Ha	permanent watervoerend	zwakke seizoenale schommelingen	structurele overbemesting intrekgebied
6	Keiberg	Bolderberg	bovenaan geen habitat, lager op de helling wel	Bovenaan de helling niet, lager op de helling wel	nitraatstikstof beter dan vroeger, nog een beetje te hoog	7,6 Ha	Permanent watervoerend	geen	Geen verdere maatregelen nodig
7	Romershoven	Bilzen	geen habitat	neen	Goede kwaliteit	4,7 Ha	valt droog in normale en droge zomers	duidelijke jaarlijkse fluctuaties	Geen verdere maatregelen nodig
8	Hasselbos	Bilzen	geen habitat	ja	sulfaat (veel) te hoog	8,4 Ha	Permanent watervoerend	geen	structurele overbemesting intrekgebied
9	Zwarte bron	Heers	geen habitat	ja	Goede kwaliteit	Niet bepaald	Permanent watervoerend	geen	weghalen stortmateriaal
10	Zammelen	Heers	7220, gunstig	ja	extreem hoge nitraatstikstof- en hoge sulfaatconcentraties	Niet bepaald	Permanent watervoerend	geen	Sterke eurtrofiëring brond als gevolgs van vermoedelijk lokale aanrijking vanuit de formatie van St. Huibrechts Hern vanuit dorpskern.
11	Gerlabeek	Bilzen	7220, gunstig	ja	nitraatstikstof te hoog (Iflux metingen), verder geen gegevens	24 Ha	Permanent watervoerend	onvoldoende gegevens	structurele overbemesting intrekgebied
12	Tongeren Noord	Bilzen	geen habitat	geen gegevens	geen gegevens	3,5 Ha	geen gegevens	geen gegevens	onduidelijk
13	Werm	Bilzen	geen habitat	geen gegevens	geen gegevens	24 Ha	geen gegevens	geen gegevens	onduidelijk

9.2 GEOHYROLOGIE

Uit het nauwkeurig bekijken van de geohydrologie, kon worden opgemaakt dat er vier watervoerende tertiair geologische lagen, in drie gevallen combinatie met onderliggende minder doorlatende laten zorgen voor het ontstaan van bronnen in het studiegebied.

De formatie van Bolderberg (met daaronder de formatie van Boom) zorgt voor mineraalarm bronwater in de zgn. “Bolderberg-bronnen”.

De zandige leden van de formatie van Bilzen (lid van Kerniel en lid van Berg) en Borgloon (lid van Alden-Biesen) met daaronder de klei van het lid van Henis, geven aanleiding tot mineraalrijk uittredend water in de zgn. “Bilzen-bronnen”.

Hieronder zit de formatie van Sint-Huibrechts-Hern. In het zandige lid van Neerrepen zit iets minder mineraalrijk water dat afstroomt over de klei van het lid van Grimmertingen. Dit zorgt voor het optreden van de zgn. “Sint-Huibrechts-Hern bronnen”

Helemaal onderaan zit de erg mineraalrijke formatie van Heers die een gespannen karakter heeft en zorgt voor semi-artesische bronnen, een ander type dan de vorige drie. Het water wordt hier tegen de zwaartekracht in, uit de ondergrond omhoog geperst, nagenoeg altijd onderaan de valleiflanken, waar de rivieren ingesneden zijn tot in de formatie van Heers. Dat zijn de zgn. “Heers-bronnen”

9.3 ABIOTIEK

9.3.1 waterchemie

De eigenschappen van het grondwater bepalen in grote mate of er een kalktufbron kan ontstaan. Als de abiotische omstandigheden niet gunstig zijn dan kan er geen kalkafzetting plaatsvinden. Een belangrijke voorwaarde is dat het grondwater genoeg calcium en bicarbonaat bevat in combinatie met een voldoende hoge pH. Een eerste, eenvoudige manier om na te gaan of er sprake kan zijn van kalktufvorming, is de Temkin adsorptie formule. Die werd voor elke in dit rapport onderzochte bron (waar chemische analyseresultaten voor het grond- en of bronbeekwater voorhanden waren) weergegeven in de detailbespreking.

Hieruit bleek alvast dat met uitzondering van de Keiberg (BROP007) en Romershoven (BROP008) overal verzadiging van bicarbonaat optreedt. Nagenoeg alle andere bronnen hebben water dat bicarbonaat-oververzadigd is en geven bijgevolg kalktufafzetting. In de onderzochte bronzone hoger gelen op de Keiberg, treedt enkel kalktufvorming op lager op de helling waar mineraalrijk bronwater uit de lager gelegen watervoerende laag (Formatie van Bilzen) wel aanleiding geeft tot bronzones met kalktufafzetting

Opvallend is de quasi afwezigheid van fosfaat, nitriet en ammonium in de meeste bronnen.

In het bovenste bronniveau (formatie van Bolderberg) en in het onderste bronniveau (de formatie van Heers) wordt evenmin nitraat aangetroffen. Beide watervoerende lagen hebben kennelijk een erg goede waterkwaliteit. In het geval van de formatie van Bolderberg heeft dat waarschijnlijk alles te maken met de zeer beperkte omvang van de afzetting; in het geval van de formatie van heers moet de reden vermoedelijk gezocht worden in het feit dat die laag goed afgeschermd is van vervuiling door afsluiting met de klein van Grimmertingen, en de klei van Henis. Het watervoerende pakket van Bilzen-Borgloon is algemeen zeer sterk verontreinigd met nitraten en doorgaans ook met sulfaten. Het uittredende bronwater is bijgevolg ook, met uitzondering van een enkele uitzondering, sterk verontreinigd met nitraat en sulfaat. De formatie van Sint Huibrechts Hern laat al lagere nitraat en sulfaat-concentraties zien, maar ook hier is er sprake van verhoogde waarden (zij het minder dramatisch).

9.3.2 waterdynamiek

Een belangrijke vraag in deze studie was het in beeld brengen van het infiltratiegebied van de bronnen, zodat er maatregelen zouden kunnen genomen worden om watervolumes (en zeker ook waterkwaliteit) te optimaliseren zodat een goede staat van instandhouding voor de kalktufbronnen en de bijhorende soorten beter kan gegarandeerd worden.

Er werd geopteerd om dat te proberen op twee manieren te doen.

Een eerste, ruwe manier gebeurt door het inschatten van de omvang van het infiltratiegebied door het meten van het brondebiet. Dat kan worden omgerekend naar een oppervlakte van een voedingsgebied op basis van een inschatting van de effectieve neerslag. De op het eerste gezicht eenvoudige meting van het brondebiet heeft echter veel voeten in de aarde en levert tal van meetfouten en onnauwkeurigheden op. De methode (ontwikkeld in Nederland) werd toegepast op 8 Haspengouwse bronnen. De resultaten ervan konden vergeleken worden met de resultaten van een tweede methode: de inzet van een mathematisch grondwatermodel.

Het leidt geen twijfel dat het opzetten, kalibreren en valideren van een grondwatermodel duur en omslachtig is (in vergelijking met een debietsmeting dan toch) maar de resultaten leveren

een helder beeld op van de omvang van het voedingsgebied en de verblijftijd van het grondwater. De vergelijking van de resultaten van het grondwatermodel met de resultaten van de debietsmetingen, leiden steevast tot de conclusie dat de debietsmetingen een zeer sterk onderschatting van de omvang van het infiltratiegebied opleveren, nog los van het feit dat daarbij helemaal geen zicht gekregen wordt op de juiste ligging.

Op basis van onze ervaringen in deze studie zijn bij de debiet gebaseerde methode echter wel een aantal bedenkingen te maken.

De meeste bronnen in Haspengouw zijn vrij variabel van debiet. Hoewel de schommelingen van grondwaterpeil gemeten in de directe omgeving van de bron, doorgaans niet seizoenaal van aard zijn, vallen de meeste bronnen hier droog in (langere) periodes van lage effectieve neerslag (i.e. droge perioden). Dat heeft naar alle waarschijnlijkheid te maken met de al bij al vrij beperkte omvang van de watervoerende langen hier. Door de specifieke landschappelijke context zijn de watervoerende lagen doorgaans beperkt in omvang. Het zijn zgn. geohydrologische eilanden. Dat is met name het geval voor het in de streek dominant brontype: de zgn. “Bilzenbronnen”, maar ook voor de zgn. “Bolderberg-bronnen”. Deze bronnen dagzomen halverwege de valleiflank, hebben een vrij klein brondebiet en zorgen voor een bronbeekje dat na enkele tientallen tot uitzonderlijk een paar honderd meter terug in de ondergrond infiltreert. Dat is eigen voor deze streek. Dat is anders dan bronnen, bronbeken en bronbossen meer naar het westen in Vlaanderen (Dijleland, Pajottenland, Vlaamse Ardennen of West-Vlaams Heuvelland) waar de brondebieten niet alleen in regel veel groter zijn, maar de bronbeken langer, begeleid door het bronbostype 91EO_vc, wat hier nergens aangetroffen werd.

9.4 VEGETATIE

In de literatuur werd gesteld dat kalktufbronnen zijn van nature matig tot zeer voedselarm zijn. Naast verdroging zou vermesting een grote bedreiging voor de flora. Kalktuf wordt hier alvast in de overgrote meerderheid van de bronnen aangetroffen. Toch in die bronnen die mineralogisch daarvoor in aanmerking komen. Verhoogde nitraatconcentraties zijn in heel wat van de onderzochte bronnen vastgesteld en zijn er mogelijks de oorzaak van dat de meest kritische mossoorten niet aangetroffen werden (Geveerd diknerfmos, Tufmos, …). Het is niet duidelijk of deze soorten vroeger wel voorkwamen, daarvoor ontbreekt het aan historische gegevens. Mogelijks is de vaststelling dat de bronnen in deze regio een tijdelijk karakter hebben (ze vallen in veel gevallen en van nature, zo lijkt het, met een zekere regelmaat droog.

De lokale staat van instandhouding werd beoordeeld op basis van de Vlaamse habitatkarakteristieken en beoordelingsmatrix (Oosterlynck *et al.*, 2020; Paelinckx *et al.*, 2019). Ondanks de veelal ontoereikende waterkwaliteit werd een goede staat van instandhouding in de meeste onderzochte locaties bereikt.

9.5 BEHEER EN HERSTEL

De kalktufbronnen vragen geen actief beheer. In tegenstelling tot habitattype 7230: kalkmoeras, ligt habitattype 7220 meestal beschaduwd onder bosvegetaties. Het open maken van de vegetatie, zoals in sommige buitenlandse situaties wordt hier best vermeden, omwille van de ondermaatse grondwaterkwaliteit en het risico op eutrofiëring. Dit kan niet alleen nadelig zijn voor de aanwezige ondergroei maar houdt ook een risico tot verruiging in. Daarnaast zorgt de beschaduwing voor een stabielere en lagere temperatuur voor hogere luchtvochtigheid wat het overleven van een reeks karakteristieke (mos-)soorten bevordert.

Bij gedraineerde bronzones kan ervoor gekozen worden om de drainagestructuren zoals sloten en greppels te dempen. Zolang de geomorfologie in die mate bewaard gebleven is dat het uittreden van kalkrijk grondwater gegarandeerd is, kan in principe terug kalktufvorming optreden. In hoeverre en hoe snel de bronzone gekoloniseerd kan worden door mosflora, is momenteel niet goed gekend maar hangt vermoedelijk af van de afstand tot elders aanwezige bronpopulaties van soorten in de omgeving. Belangrijk hierbij is dat de bronzone fysiek beschermd wordt tegen betreding en vergraving, zij het door menselijke betreding. Het afsluiten van de bronnen voor opwoelen door everzwijnen lijkt niet aangewezen.

Extern beheer is uitermate belangrijk voor dit habitattype. Daarmee wordt bedoeld dat het infiltratiegebied wordt best gevrijwaard van overbemesting en verharding. Overbemesting zou in principe, volgens de heersende milieuwetgeving niet meer mogen voorkomen, wat zeker niet wil zeggen dat dat hier het geval is, wel in tegendeel. In het meest algemene brontype van deze regio, de zgn. “Bilzenbronnen” (vanwege het watervoerende pakket van de Formatie van Bilzen & Borgloon dat hier doorgaans boven op de helling onder de plateau’s zit), werden bij alle onderzochte bronnen (veel) te hoge concentraties nitraten en sulfaten gemeten. Nagenoeg de volledige watervoerende laag lijkt onder invloed te staan van doorlekkende nitraten afkomstig van overbemesting vanuit de landbouw. Dat is hier een structureel probleem. Alleen grondige controles en overleg met de landbouwsector kan hier op termijn verbetering in brengen. Verder is het nuttig om aandacht te hebben voor voortschrijdende verzegeling van het infiltratiegebied, zeker als er sprake is van bebouwing. Blijvende aandacht voor het verbeteren van infiltratie (door installeren van wadi’s en het streven naar gescheiden rioleringsstelsels waarbij hemelwater geïnfiltreerd i.p.v. versneld afgevoerd wordt, is aangewezen.

Het is belangrijk om te beseffen dat veel van de bronnen hier aanleiding geven tot het ontstaan van bronbeken die na een paar honderd meter terug in de ondergrond verdwijnen. Daar is niets mis mee, dat is eigen aan de geohydrologie hier. De bovenste watervoerende lagen (formatie van Bolderberg en formaties van Bilzen & Borgloon zijn, omwille van de geomorfologie, beperkt in oppervlakte, wat resulteert in beperkte brondebieten. Dat brondebiet infiltreert in de onderliggende watervoerende laag (hier dikwijls de formatie van St. Huibrechts Hern). Alleen in zeer natte jaren (bv. 2024) zijn de brondebieten wat groter en lopen de bronbeekjes wat verder de helling af; dat is een volstrekt normaal en natuurlijk gegeven.

Ook terugschrijdende erosie, waarbij bronnen achterwaarts insnijden in de helling zijn te beschouwen als een volstrekt normaal, natuurlijk fenomeen. Daarbij raken bronzones soms beschadigd. Het is belangrijk om te beseffen dat dit eigen is aan bronbossen.

Iets helemaal anders is geulerosie van snel afstromend water van bovenliggende akkers. Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat dit in deze regio kan optreden, hoewel het in deze studie nergens vastgesteld werd. Dat is anders dan inde Vlaamse Ardennen (Oost-Vlaanderen of het West Vlaamse heuvelland. Daar zijn de hellingen nog steiler dan hier en de daarmee samenhangende geulerosie echt een zeer groot probleem. In dergelijke gevallen kan dat proces alleen duurzaam gestopt worden door teeltbeperking op de steile bovenliggende akkers, ze minimaal omzetten naar grasland of beter nog ze herbebossen.

Referenties

Arp G., Bissett A., Brinkmann N., Cousin S., de Beer D., Friedl T., Mohr K., Neu T., Reimer A., Shiraishi F., Stackebrandt E. & Zippel B. (2010). Tufa-forming biofilms of German karstwater streams: Microorganisms, exopolymers, hydrochemistry and calcification. Geological Society, London, Special Publications 336: 83-118. https://doi.org/10.1144/SP336.6.

Beije H.M., Bal D., Smits N.A.C., Smolders A.J.P. & Kemmers R.H. (2012). Intermezzo II: Effecten van voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting. In: Adams A.S. (ed.). Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats - Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS), Deel I versie november 2012. Alterra Wageningen UR, Programmadirectie Natura 2000, Wageningen, p. 99-109.

Beije H.M., van Dort K.W., Horsthuis M.A.P., de Mars H. & Smits N.A.C. (2014). Herstelstrategie H7220: Kalktufbronnen. In: Wageningen L. (ed.). Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats - Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS), Deel II. Alterra Wageningen UR, Programmadirectie Natura 2000, Wageningen, p. 753-764.

Bogemans F. (2005). Technisch verslag bij de opmaak van de quartair geologische overzichtskaart van Vlaanderen. VUB. https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/34492.

Cirkel D.G. & Beek K. van (2012). Sulfaat, bedreiging of zegen voor vorming kalkmoeras? H twee O : tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling 45 (1): 31 - 33. https://edepot.wur.nl/339197.

Cirkel D.G., Van Beek C.G.E.M., Witte J.P.M. & Van der Zee S.E.A.T.M. (2014). Sulphate reduction and calcite precipitation in relation to internal eutrophication of groundwater fed alkaline fens. Biogeochemistry 117 (2-3): 375-393.

De Becker P. (2006). Eerste, snelle (eco-)hydrologische conclusies voor een perceel gelegen te Gors-Opleeuw (Borgloon-Limburg) met o.a. heischrale vegetatie en Dottergrasland. Adviezen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. INBO.A.1186. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

De Becker P. (2009). Noodzaak en preferentiële omvang van een hydrologische beschermingszone rond een botanisch waardevol hellingsgrasland met bronzone in de ruilverkaveling Jesseren (Limburg). https://pureportal.inbo.be/en/publications/noodzaak-en-preferentiële-omvang-van-een-hydrologische-beschermin.

de Mars H., Possen B.J.H.M., van Delft B., Weeda E.J., Schaminée J.H.J. & Wallis de Vries M.F. (2017a). Herstel van de Zuid-Limburgse hellingmoerassen, het kalkmoeras in het bijzonder. Nr. OBN2017/213-HE. VBNE, Vereniging van Bos-en Natuurterreineigenaren, Driebergen.

de Mars H., Smolders F. & van der Weijden B. (2017b). Kalktufbronnen en kalkmoerassen in Limburgse N2000-gebieden. Royal HaskoningDHV / B-WARE, Maastricht.

De Mars H., Smolders A.J.P., van der Weijden B., (2017c). Kalktufbronnen en kalkmoerassen; Systeemdebiet en waterkwaliteit. Eindrapport. Royal Haskoning.

de Mars H., Van Dijk G., Van Der Weijden B., Grootjans A.P., Wołejko L., Farr G., Graham J., Oosterlynck P. & Smolders A.J.P. (2024). The threat of groundwater pollution for petrifying springs; defining nutrient threshold values for an endangered bryophyte dominated habitat. Environmental Pollution 344: 123324. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123324.

Deckers J., De Koninck R., Bos S., Broothaers M., Dirix K., Hambsch L., Lagrou D., Lanckacker T., Matthijs J., Rombaut B., Van Baelen K. & Van Haren T. (2019). Geologisch (G3Dv3) en hydrogeologisch (H3D) 3D-lagenmodel van Vlaanderen. https://researchportal.be/nl/publicatie/geologisch-g3dv3-en-hydrogeologisch-h3d-3d-lagenmodel-van-vlaanderen.

Laga P., Louwye S. & Geets S. (2002). Paleogene and Neogene lithostratigrafic units (Belgium). Geologica Belgica 4: 135-152. https://doi.org/10.20341/gb.2014.050.

Lucassen E.C.H.E.T., Smolders A.J.P. & Roelofs J.G.M. (2005). Effects of temporary desiccation on the mobility of phosphorus and metals in sulphur-rich fens: differential responses of sediments and consequences for water table management. Wetlands Ecology and Management 13 (2): 135-148. https://doi.org/10.1007/s11273-004-0314-4.

Mazel, Richard (1996). Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces. Wiley Interscience. p. 242. ISBN 978-0-471-30392-3

Meyus Y., Adyns D., Woldeamlak S.T., Batelaan O. & De Smedt F. (2004). Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel – Eindrapport. Vrije Universiteit Brussel Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde, Brussel. http://www.dov.vlaanderen.be/sites/default/files/pfiles_files/Eindrapport.pdf.

Oosterlynck P., Saeger S.D., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B., Wouters J. & Paelinckx D. (2020). Criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura2000 habitattypen in Vlaanderen: versie 3.0. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. https://pureportal.inbo.be/nl/publications/criteria-voor-de-beoordeling-van-de-lokale-staat-van-instandhoudi-2.

Oosterlynck P. & Van Landuyt W. (2012). Kalktufbronnen in Vlaanderen: mythe of werkelijkheid? Muscillanea 32: 36-52.

Paelinckx D., De Saeger S., Oosterlynck P., Vanden Borre J., Westra T., Denys L., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B. & Spanhove T. (2019). Regionale staat van instandhouding voor de habitattypen van de Habitatrichtlijn. Rapportageperiode 2013 - 2018. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Brussel.

Van Den Keybus S., Huysmans M., Oosterlynck P. & De Block M. (2021). Bepaling van de intrekgebieden van de kalktufbronnen aan de Gerlabeek, het Wijngaardbos (Hoeselt) en het Hallerbos (Halle). KU Leuven, 203 p.

van Dijk G., Wolters J., Fritz C., de Mars H., van Duinen G.J.A., Ettwig K.F., Straathof N., Grootjans A.P. & Smolders A.J.P. (2019). Effects of groundwater nitrate and sulphate enrichment on groundwater-fed mires: a case study. Water Air and Soil Pollution 230 (6): 122. https://doi.org/10.1007/s11270-019-4156-3.

van Gennip B., Janssen J.A.M. & Weeda E.J. (2007). De kalktufbron, kleinood met een grote status. Stratiotes 35: 22-37.

Bijlagen:

Bijlage 1: Overzicht van hoogtemetingen in het zgn. “V-schot” en debietberekeningen voor alle bronnen.

Meetpunt	datum	hoogte (mm)	debiet (l/s)
Gerlabeek 1	04/02/2023	19	0,07
Gerlabeek 1	23/02/2021	21	0,10
Gerlabeek 1	03/03/2021	22,5	0,11
Gerlabeek 1	24/04/2021	15	0,04
Gerlabeek 2	23/02/2021	33	0,29
Gerlabeek 2	03/03/2021	31	0,25
Gerlabeek 2	24/04/2021	27	0,18
Keiberg	14/02/2023	29,5	0,22
Keiberg	12/06/2023	12	0,02
Romershoven	14/02/2023	27,5	0,19
Romershoven	25/05/2023	8,5	0,01
Vilsterbron	23/02/2023	28,5	0,20
Vilsterbron	12/06/2023	29	0,21
Borgloon 2	23/02/2023	12	0,02
Haren 1	23/02/2023	28,5	0,20
Haren 1	12/06/2023	20	0,08
Grootbos	13/04/2023	14,5	0,04
Grootbos	23/05/2023	10,5	0,02
Zwarte Bron	13/04/2023	39	0,44
Zwarte Bron	23/05/2023	18	0,07
Wijngaardbos	23/05/2023	22	0,11

Bijlage 2: Overzicht van alle gebruikte metingen en grondwatervoeding voor het berekenen van de oppervlaktes van de infiltratiegebieden voor de bronnen.

Meetpunt	datum	hoogte (mm)	debiet (l/s)	voeding	opp (ha)
Vilsterbron 1	12/06/2023	29	0.21	170	3.94
Vilsterbron 2	23/02/2023	12	0.02	160	0.47
Haren 1	23/02/2023	28.5	0.20	180	3.56
Grootbos 1	13/04/2023	14.5	0.04	300	0.40
Wijngaardbos	23/05/2023	22	0.11	220	1.53
Keiberg	14/02/2023	29.5	0.22	220	3.17
Romershoven	14/02/2023	27.5	0.19	200	3.20
Zwarte Bron	13/04/2023	39	0.44	220	6.34
Gerlabeek 1	03/03/2021	22.5	0.11	220	1.62
Gerlabeek 2	23/02/2021	33	0.29	230	4.19

Bijlage 3: Overzicht van bicarbonaatverzadiging in de grondwaterstalen.

Datum	Meetpunt Code	HCO3 (mg/l)	verzadigins-niveau (mg/l)	verzadigd?
22/08/2023	BROP001	430.2	325.6	WAAR
16/05/2023	BROP001	427.0	295.3	WAAR
16/02/2023	BROP001	471.7	158.5	WAAR
22/08/2023	BROP002	507.5	310.1	WAAR
16/02/2023	BROP002	514.0	243.0	WAAR
16/05/2023	BROP002	520.9	306.3	WAAR
23/05/2022	BROP002	540.5	341.9	WAAR
16/11/2011	BROP002 (BROR055)	483.9	143.8	WAAR
22/08/2023	BROP003	415.6	298.9	WAAR
16/05/2023	BROP003	421.8	284.7	WAAR
16/02/2023	BROP003	425.8	231.4	WAAR
06/09/2011	BROP003 (BROR037)	403.0	350.3	WAAR
22/08/2023	BROP004	446.8	295.3	WAAR
16/02/2023	BROP004	480.5	190.3	WAAR
16/05/2023	BROP004	466.6	245.9	WAAR
16/05/2023	BROP005	594.1	281.3	WAAR
16/02/2023	BROP005	675.9	207.3	WAAR
06/09/2011	BROP005 (BROR038)	458.0	405.6	WAAR
22/08/2023	BROP006	481.4	317.7	WAAR
16/02/2023	BROP006	494.1	231.4	WAAR
16/05/2023	BROP006	496.7	284.7	WAAR
19/04/2011	BROP006 (BROR005)	444.0	121.2	WAAR
16/11/2011	BROP006 (BROR005)	420.3	228.6	WAAR
06/09/2011	BROP006 (BROR005)	412.0	337.7	WAAR
28/02/2012	BROP006 (BROR005)	416.6	372.4	WAAR
22/08/2023	BROP007	178.2	783.7	ONWAAR
16/02/2023	BROP007	25.4	1,442.4	ONWAAR
16/05/2023	BROP007	22.3	1,841.0	ONWAAR
19/04/2011	BROP007 (BROR018)	415.0	135.3	WAAR
06/09/2011	BROP007 (BROR040)	305.0	563.8	ONWAAR
22/08/2023	BROP008	294.5	415.6	ONWAAR
16/05/2023	BROP008	414.7	431.1	ONWAAR
16/02/2023	BROP008	381.3	395.8	ONWAAR
16/02/2023	BROP009	481.8	228.6	WAAR
16/05/2023	BROP009	506.2	284.7	WAAR
22/08/2023	BROP009	513.9	302.6	WAAR
22/08/2023	BROP010	503.8	415.6	WAAR
16/02/2023	BROP010	527.1	337.7	WAAR
16/05/2023	BROP010	500.6	400.6	WAAR
19/04/2011	BROP010 (BROR030)	397.0	127.3	WAAR
22/08/2023	BROP011	487.3	372.4	WAAR
16/05/2023	BROP011	468.0	350.3	WAAR

16/02/2023	BROP011	497.2	245.9	WAAR
19/04/2011	BROP011 (BROR008)	469.0	149.1	WAAR

Bijlage 4: vegetatieopnames bij brongebieden in kader van deze studie.

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Gerlabeek1	Patrik Oosterlynck	23-05-2023	Hoeselt	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023052619393802
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 228120.2
Breedtegraad : 168901.8
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 300 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 26-05-2023 19:49:44 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	20	Boomlaag	
K	10	Kruidlaag	
M	5	Moslaag	
S	70	Struiklaag	
STR	0	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavara et Grande	Look-zonder-look	r1	K
K	*Carex acutiformis* Ehrh.	Moeraszegge	r1	K
K	*Cirsium oleraceum* (L.) Scop.	Moesdistel	p2	K
S	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	1+	S
M	*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce	Gewoon diknerfmos	0.2	M
K	*Equisetum palustre* L.	Lidrus	r1	K
K	*Ficaria verna* Huds.	Speenkruid	p1	K
K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	p1	K
K	*Geranium robertianum* L.	Robertskruid	p1	K
K	*Glechoma hederacea* L.	Hondsdraf	r1	K
M	*Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort.	Gekroesd plakkaatmos	0.2	M
K	*Poa trivialis* L.	Ruw beemdgras	r1	K
K	*Primula elatior* (L.) Hill	Slanke sleutelbloem	a2	K
K	*Ranunculus repens* L.	Kruipende boterbloem	p1	K
K	*Rubus*	Braam	r1	K
K	*Rumex conglomeratus* Murray	Kluwenzuring	p1	K
B	*Salix caprea* L.	Boswilg	2	B
S	*Salix caprea* L.	Boswilg	6	S
K	*Solanum dulcamara* L.	Bitterzoet	p1	K
K	*Taraxacum*	Paardenbloem	p1	K

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Gerlabeek2	Patrik Oosterlynck	23-05-2023	Hoeselt	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023052421063622
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 228193.4
Breedtegraad : 168880.2
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 300 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 24-05-2023 21:20:24 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	50	Boomlaag	
K	30	Kruidlaag	
M	10	Moslaag	
S	50	Struiklaag	
STR	10	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Aegopodium podagraria* L.	Zevenblad	p1	K
K	*Arum maculatum* L.	Gevlekte aronskelk	p1	K
K	*Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv.	Boskortsteel	1-	K
M	*Brachythecium rivulare* Schimp.	Beekdikkopmos	0.1	M
K	*Cornus sanguinea* L.	Rode kornoelje	r1	K
S	*Crataegus monogyna* Jacq.	Eenstijlige meidoorn	1	S
K	*Crataegus monogyna* Jacq.	Eenstijlige meidoorn	p1	K
M	*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce	Gewoon diknerfmos	0.2	M
K	*Ficaria verna* Huds.	Speenkruid	p2	K
K	*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.	Moerasspirea	r1	K
M	*Fissidens taxifolius* Hedw.	Kleivedermos	0.1	M
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	5	B
K	*Galium aparine* L.	Kleefkruid	r1	K
K	*Geranium robertianum* L.	Robertskruid	p1	K
K	*Geum urbanum* L.	Geel nagelkruid	p1	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	1-	K
M	*Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra	Fijn laddermos	0.1	M
K	*Lysimachia nummularia* L.	Penningkruid	a1	K
M	*Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort.	Gekroesd plakkaatmos	0.4	M
K	*Primula elatior* (L.) Hill	Slanke sleutelbloem	r1	K
K	*Ribes uva-crispa* L.	Kruisbes	p4	K
K	*Rubus*	Braam	p1	K
S	*Sambucus nigra* L.	Gewone vlier	4	S
K	*Scrophularia auriculata* L.	Geoord helmkruid	p2	K
K	*Solanum dulcamara* L.	Bitterzoet	p2	K
K	*Stachys sylvatica* L.	Bosandoorn	p1	K

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Grootbos	Patrik Oosterlynck	23-05-2023	Riemst	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023052515050328
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 233147.3
Breedtegraad : 167137.6
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 300 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 26-05-2023 16:32:15 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	60	Boomlaag	
K	30	Kruidlaag	
M	20	Moslaag	
S	60	Struiklaag	
STR	30	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	p1	K
S	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	2	S
K	*Adoxa moschatellina* L.	Muskuskruid	a2	K
K	*Anemone nemorosa* L.	Bosanemoon	p4	K
K	*Arum maculatum* L.	Gevlekte aronskelk	p2	K
M	*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.	Gewoon dikkopmos	0.1	M
K	*Carex strigosa* Huds.	Slanke zegge	p1	K
K	*Circaea lutetiana* L.	Groot heksenkruid	p1	K
S	*Cornus sanguinea* L.	Rode kornoelje	1-	S
S	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	3	S
K	*Ficaria verna* Huds.	Speenkruid	a2	K
M	*Fissidens taxifolius* Hedw.	Kleivedermos	0.2	M
K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	p1	K
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	5	B
K	*Galium aparine* L.	Kleefkruid	p1	K
K	*Geum urbanum* L.	Geel nagelkruid	r1	K
M	*Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra	Fijn laddermos	0.2	M
M	*Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske	Kleisnavelmos	1-	M
K	*Paris quadrifolia* L.	Eenbes	p1	K
M	*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J.Kop.	Gerimpeld boogsterrenmos	0.1	M
B	*Populus x canadensis* Moench	Canadapopulier	1	B
K	*Primula elatior* (L.) Hill	Slanke sleutelbloem	p4	K
K	*Ribes rubrum* L.	Aalbes	1-	K

S	*Sambucus nigra* L.	Gewone vlier	1-	S

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Haren	Patrik Oosterlynck	12-06-2023	Borgloon	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023092114532570
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 222990.1
Breedtegraad : 165167.4
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 100 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 21-09-2023 14:55:40 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	50	Boomlaag	
K	50	Kruidlaag	
M	5	Moslaag	
S	80	Struiklaag	
STR	10	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	p1	K
B	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	2	B
B	*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.	Zwarte els	1+	B
M	*Brachythecium rivulare* Schimp.	Beekdikkopmos	0.1	M
K	*Carex sylvatica* Huds.	Boszegge	r1	K
K	*Circaea lutetiana* L.	Groot heksenkruid	a2	K
S	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	3	S
S	*Crataegus monogyna* Jacq.	Eenstijlige meidoorn	1-	S
M	*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce	Gewoon diknerfmos	0.1	M
M	*Fissidens taxifolius* Hedw.	Kleivedermos	0.1	M
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	1+	B
K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	p1	K
K	*Galium aparine* L.	Kleefkruid	p1	K
K	*Geum urbanum* L.	Geel nagelkruid	p1	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	1-	K
M	*Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra	Fijn laddermos	0.1	M
M	*Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske	Kleisnavelmos	0.1	M
M	*Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort.	Gekroesd plakkaatmos	0.1	M
M	*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J.Kop.	Gerimpeld boogsterrenmos	0.2	M
K	*Primula elatior* (L.) Hill	Slanke sleutelbloem	p1	K
K	*Ribes rubrum* L.	Aalbes	3	K
S	*Sambucus nigra* L.	Gewone vlier	1-	S

S	*Ulmus minor* Mill.	Gladde iep	1-	S
K	*Urtica dioica* L.	Grote brandnetel	p1	K
K	*Viburnum opulus* L.	Gelderse roos	p1	K

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Hasselbos	Patrik Oosterlynck	25-05-2023	Tongeren	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023060110532534
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 226998.2
Breedtegraad : 167242.5
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 200 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 21-09-2023 14:24:09 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	90	Boomlaag	
K	50	Kruidlaag	
M	10	Moslaag	
S	0	Struiklaag	
STR	2	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Angelica sylvestris* L.	Gewone engelwortel	p1	K
K	*Arum maculatum* L.	Gevlekte aronskelk	r1	K
M	*Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv.	Groot rimpelmos	1-	M
K	*Bryonia dioica* Jacq.	Heggenrank	p2	K
K	*Carex acutiformis* Ehrh.	Moeraszegge	p1	K
K	*Circaea lutetiana* L.	Groot heksenkruid	a2	K
B	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	9	B
K	*Crataegus monogyna* Jacq.	Eenstijlige meidoorn	r1	K
K	*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott	Mannetjesvaren	p1	K
K	*Equisetum telmateia* Ehrh.	Reuzenpaardenstaart	1-	K
K	*Eupatorium cannabinum* L.	Koninginnekruid	p2	K
M	*Fissidens bryoides* Hedw.	Gezoomd vedermos	0.1	M
K	*Galium aparine* L.	Kleefkruid	p1	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	p1	K
M	*Pseudotaxiphyllum elegans* (Brid.) Z.Iwats.	Gewoon pronkmos	0.1	M
K	*Rubus*	Braam	1-	K
K	*Rubus caesius* L.	Dauwbraam	a1	K
K	*Solanum dulcamara* L.	Bitterzoet	p1	K
K	*Urtica dioica* L.	Grote brandnetel	2	K

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Keiberg	Patrik Oosterlynck	12-06-2023	Tongeren	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023092214124406
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 226480.28
Breedtegraad : 166164.35
Lengte(cm) : 400 **Breedte(cm)** : 150 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 22-09-2023 14:16:03 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	0	Boomlaag	
K	20	Kruidlaag	
M	20	Moslaag	
S	0	Struiklaag	
STR	0	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
M	*Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske	Gewoon puntmos	2	M
K	*Carex acutiformis* Ehrh.	Moeraszegge	a1	K
K	*Cirsium palustre* (L.) Scop.	Kale jonker	p1	K
M	*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce	Gewoon diknerfmos	0.1	M
K	*Equisetum palustre* L.	Lidrus	a2	K
K	*Equisetum telmateia* Ehrh.	Reuzenpaardenstaart	p1	K
K	*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.	Moerasspirea	p1	K
K	*Galium uliginosum* L.	Ruw walstro	p1	K
K	*Holcus lanatus* L.	Gestreepte witbol	r1	K
K	*Juncus articulatus* L.	Zomprus	1+	K
K	*Lysimachia nummularia* L.	Penningkruid	r1	K
K	*Lysimachia vulgaris* L.	Grote wederik	a1	K
K	*Mentha aquatica* L.	Watermunt	p1	K
K	*Phragmites australis* (Cav.) Steud.	Riet	p2	K
M	*Plagiomnium elatum* (Bruch & Schimp.) T.J.Kop.	Geel boogsterrenmos	0.1	M
K	*Scirpus sylvaticus* L.	Bosbies	p1	K

Gebruikers referentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Romershoven	Patrik Oosterlynck	25-05-2023	Hoeselt	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023060111110207
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 227206.8

Breedtegraad : 172211.1
Lengte(cm) : 400 **Breedte(cm)** : 100 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 21-09-2023 14:24:20 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	90	Boomlaag	
K	60	Kruidlaag	
M	20	Moslaag	
S	0	Struiklaag	
STR	25	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Allium ursinum* L.	Daslook	4	K
K	*Anemone nemorosa* L.	Bosanemoon	p2	K
M	*Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv.	Groot rimpelmos	0.1	M
M	*Campylopus flexuosus* (Hedw.) Brid.	Boskronkelsteeltje	0.4	M
K	*Carex sylvatica* Huds.	Boszegge	r1	K
B	*Fagus sylvatica* L.	Beuk	6	B
M	*Fissidens taxifolius* Hedw.	Kleivedermos	0.2	M
K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	p1	K
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	3	B
K	*Geranium robertianum* L.	Robertskruid	r1	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	1+	K
M	*Hypnum cupressiforme* Hedw.	Gesnaveld klauwtjesmos	0.1	M
M	*Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra	Fijn laddermos	0.1	M
M	*Mnium hornum* Hedw.	Gewoon sterrenmos	0.4	M
M	*Plagiothecium*	Platmos	0.1	M
K	*Polygonatum multiflorum* (L.) All.	Gewone salomonszegel	p1	K
K	*Quercus robur* L.	Zomereik	p1	K
B	*Quercus robur* L.	Zomereik	3	B
K	*Ranunculus ficaria* L.	Gewoon speenkruid	a2	K
K	*Ribes rubrum* L.	Aalbes	p1	K

Gebruikers referentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Vilsterbron	Patrik Oosterlynck	12-06-2023	Borgloon	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023092114135070
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 219236.33
Breedtegraad : 166682.37
Lengte(cm) : 400 **Breedte(cm)** : 200 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 21-09-2023 14:24:56 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	60	Boomlaag	
K	20	Kruidlaag	
M	10	Moslaag	
S	80	Struiklaag	
STR	10	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
B	*Acer campestre* L.	Spaanse aak	3	B
K	*Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv.	Boskortsteel	p2	K
S	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	8	S
K	*Crataegus monogyna* Jacq.	Eenstijlige meidoorn	r1	K
M	*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce	Gewoon diknerfmos	0.1	M
K	*Equisetum palustre* L.	Lidrus	p1	K
K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	1	K
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	3	B
K	*Geranium robertianum* L.	Robertskruid	p1	K
K	*Geum urbanum* L.	Geel nagelkruid	r1	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	r1	K
M	*Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort.	Gekroesd plakkaatmos	1	M
K	*Rubus*	Braam	1	K

Gebruikers referentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Werm 2	Patrik Oosterlynck	25-05-2023	Hoeselt	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023060110382202
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 227695.3
Breedtegraad : 169221.4
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 200 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 21-09-2023 14:24:29 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	90	Boomlaag	
K	20	Kruidlaag	
M	5	Moslaag	
S	80	Struiklaag	
STR	20	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
B	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	8	B
S	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	1	S

K	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	1-	K
K	*Adoxa moschatellina* L.	Muskuskruid	p1	K
M	*Amblystegium*	Pluisdraadmos	0.1	M
M	*Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.	Gewoon pluisdraadmos	0.1	M
K	*Anemone nemorosa* L.	Bosanemoon	p1	K
K	*Arum maculatum* L.	Gevlekte aronskelk	p2	K
S	*Crataegus monogyna* Jacq.	Eenstijlige meidoorn	6	S
K	*Ficaria verna* Huds.	Speenkruid	1-	K
M	*Fissidens taxifolius* Hedw.	Kleivedermos	0.1	M
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	1	B
K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	p1	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	a2	K
M	*Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske	Kleisnavelmos	0.1	M
K	*Rubus caesius* L.	Dauwbraam	p2	K
K	*Solanum dulcamara* L.	Bitterzoet	r1	K
K	*Stachys sylvatica* L.	Bosandoorn	r1	K
K	*Ulmus*	Iep	p1	K
S	*Ulmus*	Iep	1	S

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Wijngaardbos_1a	Patrik Oosterlynck	23-05-2023	Hoeselt	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023052420004832
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 228249.8
Breedtegraad : 167951.9
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 200 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 21-09-2023 14:34:19 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	70	Boomlaag	
K	1	Kruidlaag	
M	20	Moslaag	
S	50	Struiklaag	
STR	1	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	p1	K
B	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	1	B
S	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	5	S
M	*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce	Gewoon diknerfmos	2	M
K	*Equisetum telmateia* Ehrh.	Reuzenpaardenstaart	p1	K
K	*Ficaria verna* Huds.	Speenkruid	p1	K

K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	p1	K
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	5	B
B	*Populus alba/canescens*	Grauwe abeel	1	B

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Wijngaardbos_1b	Patrik Oosterlynck	23-05-2023	Hoeselt	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023052420232130
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 228243.4
Breedtegraad : 167956.6
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 300 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 24-05-2023 20:36:40 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	70	Boomlaag	
K	70	Kruidlaag	
M	10	Moslaag	
S	50	Struiklaag	
STR	/	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Acer pseudoplatanus* L.	Gewone esdoorn	1+	K
K	*Anemone nemorosa* L.	Bosanemoon	2	K
K	*Arum maculatum* L.	Gevlekte aronskelk	p1	K
M	*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.	Gewoon dikkopmos	1-	M
K	*Carex sylvatica* Huds.	Boszegge	r1	K
K	*Circaea lutetiana* L.	Groot heksenkruid	1+	K
B	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	4	B
S	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	5	S
M	*Dicranella*	Pluisjesmos	0.1	M
K	*Equisetum telmateia* Ehrh.	Reuzenpaardenstaart	p1	K
K	*Ficaria verna* Huds.	Speenkruid	a2	K
M	*Fissidens taxifolius* Hedw.	Kleivedermos	0.1	M
K	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	p1	K
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	3	B
K	*Galium aparine* L.	Kleefkruid	r1	K
K	*Geranium robertianum* L.	Robertskruid	a2	K
K	*Geum urbanum* L.	Geel nagelkruid	p1	K
K	*Glechoma hederacea* L.	Hondsdraf	p1	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	3	K
M	*Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra	Fijn laddermos	0.2	M
K	*Lamium galeobdolon* (L.) L.	Gele dovenetel	a2	K

K	*Primula elatior* (L.) Hill	Slanke sleutelbloem	p1	K
K	*Rubus*	Braam	p1	K
K	*Taraxacum*	Paardenbloem	p1	K
K	*Urtica dioica* L.	Grote brandnetel	p1	K
K	*Viburnum opulus* L.	Gelderse roos	r1	K

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Zammelen	Patrik Oosterlynck	12-09-2023	Kortessem	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV20230922135556 56
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 222936.25
Breedtegraad : 167528.11
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 300 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 22-09-2023 14:01:47 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	0	Boomlaag	
K	90	Kruidlaag	
M	80	Moslaag	
S	0	Struiklaag	
STR	10	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Apium nodiflorum* (L.) Lag.	Groot moerasscherm	p2	K
M	*Brachythecium rivulare* Schimp.	Beekdikkopmos	8	M
K	*Cirsium oleraceum* (L.) Scop.	Moesdistel	1+	K
K	*Glyceria fluitans* (L.) R. Brown	Mannagras	2	K
K	*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmberg	Liesgras	1-	K
K	*Hedera helix* L.	Gewone klimop	p1	K
M	*Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske	Kleisnavelmos	0.1	M
K	*Phragmites australis* (Cav.) Steud.	Riet	2	K
M	*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J.Kop.	Gerimpeld boogsterrenmos	0.1	M
K	*Poa trivialis* L.	Ruw beemdgras	1-	K
K	*Prunella vulgaris* L.	Gewone brunel	p1	K
K	*Ranunculus repens* L.	Kruipende boterbloem	1+	K
K	*Scirpus sylvaticus* L.	Bosbies	1+	K
K	*Typha latifolia* L.	Grote lisdodde	p4	K

Gebruikersreferentie	Waarnemer	Datum	Plaats	Survey
Zwarte Bron	Patrik Oosterlynck	23-05-2023	Riemst	Haspengouw_EHS_bronnen

GIVID : IV2023052616514138
Recording type : Classic
Coördinatensysteem : Lambert 1972
Lengtegraad : 230886.3
Breedtegraad : 168492.2
Lengte(cm) : 300 **Breedte(cm)** : 300 **Vogelperspectief** :
Container type : Geen
Laatste wijziging op : 26-05-2023 16:53:30 **Gewijzigd door** : patrik_oosterlynck

Code	Bedekking	Omschrijving	Gem. hoogte (cm)
B	80	Boomlaag	
K	90	Kruidlaag	
M	10	Moslaag	
S	10	Struiklaag	
STR	5	Strooisel	

Laag	Taxon	Nederlands	Bedekking	Laag
K	*Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavara et Grande	Look-zonder-look	p1	K
K	*Angelica sylvestris* L.	Gewone engelwortel	p4	K
K	*Apium nodiflorum* (L.) Lag.	Groot moerasscherm	1+	K
M	*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.	Gewoon dikkopmos	0.2	M
K	*Cardamine flexuosa* With.	Bosveldkers	p1	K
K	*Carex acutiformis* Ehrh.	Moeraszegge	p1	K
S	*Corylus avellana* L.	Hazelaar	1	S
M	*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce	Gewoon diknerfmos	0.1	M
K	*Dactylis glomerata* L.	Kropaar	p1	K
K	*Epilobium angustifolium* L.	Wilgenroosje	r1	K
K	*Eupatorium cannabinum* L.	Koninginnekruid	p1	K
K	*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene	Japanse duizendknoop	p4	K
K	*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.	Moerasspirea	p1	K
B	*Fraxinus excelsior* L.	Gewone es	5	B
K	*Geranium robertianum* L.	Robertskruid	a2	K
K	*Glechoma hederacea* L.	Hondsdraf	p1	K
K	*Holcus lanatus* L.	Gestreepte witbol	p1	K
K	*Lamium album* L.	Witte dovenetel	r1	K
M	*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J.Kop.	Gerimpeld boogsterrenmos	0.1	M
K	*Poa trivialis* L.	Ruw beemdgras	a1	K
K	*Ranunculus repens* L.	Kruipende boterbloem	a1	K
K	*Rubus caesius* L.	Dauwbraam	p1	K
K	*Rumex conglomeratus* Murray	Kluwenzuring	a2	K
B	*Salix caprea* L.	Boswilg	3	B
K	*Silene dioica* (L.) Clairv.	Dagkoekoeksbloem	p2	K
K	*Symphytum officinale* L.	Gewone smeerwortel	p1	K

K	*Urtica dioica* L.	Grote brandnetel	1-	K
K	*Veronica beccabunga* L.	Beekpunge	p1	K

Lijst van figuren

Figuur 1: Voorkomen van de kalktufbronnen (bron: Bestek nr. ANB-GGW-2021-164 - Perceel 1). 11
Figuur 2: Algemeen principe van bron versus kwel. 13
Figuur 3: 21 door terreinkenners geselecteerde bronlocaties in Haspengouw (op basis van expertkennis voorafgaand aan deze studie) met inschatting van de aanwezigheid van habitattype 7220 – Kalktuf. Rood sterretje: 10 geïnstalleerde piëzometers in bronnen (Hornebos buiten beeld in het westen). Rode polygonen zijn SBZ-H deelgebieden 15
Figuur 4: Overzicht van de finaal in deze studie bekeken bronlocaties. 16
Figuur 5: Dagzomende hydrogeologische eenheden voor Haspengouw volgens het H3Dv2.1. 18
Figuur 6: Verticale doorsnede volgens de pijl in Figuur 4 met identificatie van de tertiair geologische lagen. 18
Figuur 7: Samenvattende (en geïnterpreteerde) dwarsdoorsnede van de voorkomende geologische lagen met belangrijkste textuur en mate van watervoerendheid (t.t.z. slecht (--), matig (+) of goed (++)) in het Mombeekbekken en ruime omgeving (naar www.DOV.be/lithostratigrafie). Niet alle lagen komen overal voor. Arcering duidt op aquitards met daarboven steeds de mogelijke bronniveaus (blauwe neerwaartse pijltjes – de opwaartse pijltjes voor de formatie van Heers wijzen in “semi-artesische” bronnen. 19
Figuur 8: Verzadigingscurve voor bicarbonaat in relatie tot pH (volgens de Temkin-formule) met weergave van de gemiddelde chemische samenstelling van de vier bestudeerde brontypes in Haspengouw. 23
Figuur 9: Beslisschema voor de berekening van het infiltratiegebied. 30
Figuur 10: Modelgebied van het regionaal grondwatermodel. 31
Figuur 11: Afbakening van de “eilanden” boven op het Zand van Sint-Huibrechts-Hern. 32
Figuur 12: Weergave van een Voronoi-grid voor het oostelijke eilandmodel. 33
Figuur 13: Laagindeling van het westelijke eilandmodel. 33
Figuur 14: Kaart van de stationaire stijghoogte-isohypsen (in m T.A.W.) voor het westelijk eiland. 35
Figuur 15: Kaart van de stationaire stijghoogte-isohypsen (in m T.A.W.) voor het oostelijk eiland. 36
Figuur 16: Gesimuleerde stroombanen voor de twee geohydrologische eilanden. 36
Figuur 17: Situering van de te onderzoeken Vilsterbron 1 (groen met BROP002) en Vilsterbron 2 (rood, zonder meetpunt) op de GRB-basiskaart met aanduiding van het SBZ-gebied. 41
Figuur 18: Detailtopografie in de omgeving van Borgloon met aanduiding het dwarsprofiel uit Figuur 17 (uit DHM Vlaanderen II). 42
Figuur 19: Ingemeten bronzones aan Vilsterbron 1 (met piëzometer BROP002 en bronbeekwatermeetpunt BROR055) en Vilsterbron 2. 43
Figuur 20: Tertiair geologische afzettingen t.h.v. de Vilsterbron met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnedes (zie Figuur 20 en Figuur 21). 43
Figuur 21: Overzicht van de tertiair geologische formaties op WO-gerichte dwarsdoorsnede bij benadering t.h.v. de Vilsterbron (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 19. 44

Figuur 22: Overzicht van de tertiair geologische formaties op ZN-gerichte dwarsdoorsnede t.h.v. Vilsterbron 2 (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 19. 44
Figuur 23: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP002 met aanduiding van het tijdstip van de debietmetingen in het bronbeekje van de Vilsterbron 1. 45
Figuur 24: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP002) aan de Vilsterbron. 46
Figuur 25: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen (BROP002) & bronbeekwaterstaal (BROR055) voor de Vilsterbron. 47
Figuur 26: Stiff-(boven) & Maucha-(onder) diagrammen voor grondwater uit BROP002 bij de Vilsterbron. 48
Figuur 27: Stiff-(links) & Maucha-(rechts) diagram van het bronbeekwater (BROR055) bij de Vilsterbron. 48
Figuur 28: Situering van de Vilsterbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 48
Figuur 29: Stroomgebieden van de Vilsterbron. 50
Figuur 30: Reistijden uitgedrukt in dagen gerekend vanaf het brongebied. 51
Figuur 31: Situering van beide Vilsterbronnen op de habitatkaart (versie 2023). 52
Figuur 32: Situering van de te onderzoeken bronlocaties in Haren op de GRB-basiskaart. 54
Figuur 33: Detailtopografie in de omgeving van Haren met aanduiding van de Mombeek en de bronlocatie op een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II). 55
Figuur 34: Ingemeten bronzone van Haren 1 met aanduiding van de piëzometer BROP003 en bronbeekwatermeetpunt BROR037. 55
Figuur 35: Tertiair geologische afzettingen t.h.v. de bron van Haren met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede. 56
Figuur 36: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP003 met aanduiding van het tijdstip van de debietmetingen in het bronbeekje van Haren. 57
Figuur 37: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in BROP003. 57
Figuur 38: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen uit BROP003 en oppervlaktewaterstaal BROR037. 58
Figuur 39: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP003. 58
Figuur 40: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP003. 59
Figuur 41: Stiff- en Maucha-diagram van bronbeekwater aan de Harenbron (BROR037). 59
Figuur 42: Situering van de Harenbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 60
Figuur 43: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de bronlocaties in Haren. 61
Figuur 44: Situering van de te onderzoeken bronlocatie in het Gabrigsveld op de GRB-basiskaart. 63
Figuur 45: Detailtopografie in de omgeving van het Gabrigsveld (uit DHM Vlaanderen II). 64
Figuur 46: Detailtopografie t.h.v. de piëzometer aan meetpunt BROP004 (uit DHM Vlaanderen II). 64
Figuur 47: Opgemeten bronzones in Gabrigsveld met aanduiding van de piëzometer BROP004. 65
Figuur 48: Detail uit de tertiair geologische kaart ter hoogte van Gabrigsveld, met aanduiding van de ligging van de geologische dwarsdoorsneden zoals weergegeven in Figuur 49. 65
Figuur 49: Geologische dwarsprofielen t.h.v. Gabrigsveld met aanduiding van de bronlocatie (ligging van de dwarsprofielen gesitueerd in Figuur 48). 66
Figuur 50: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) aan de Gabrigsveld bron (BROP004). 67

Figuur 51: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater aan de Gabrigsveld-bron (BROP004). 67
Figuur 52: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen uit BROP004. 68
Figuur 53: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP004. 69
Figuur 54: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP004. 69
Figuur 55: Situering van de Gabrigsveld bron grondwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie) 69
Figuur 56: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de bronnetjes in Gabrigsveld. 70
Figuur 57: Situering van de te onderzoeken bronlocaties in het Grootbos op de GRB-basiskaart. 72
Figuur 58: Detailtopografie in de omgeving van het Grootbos met aanduiding van de bronlocatie op een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II). 73
Figuur 59: Ingemeten bronzones aan Grootbos 1 en Grootbos 2 met aanduiding van de piëzometer BROP005 en bronbeekwatermeetpunt BROR038. 74
Figuur 60: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. het Grootbos met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 61). 75
Figuur 61: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. de bronlocatie in het Grootbos (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 60. 76
Figuur 62: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP005 met aanduiding van het tijdstip van de debietmetingen in het westelijke bronbeekje van Grootbos. 77
Figuur 63: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater aan de Grootbos-bron (BROP005). 78
Figuur 64: IR/EC-diagram van alle grond- (BROP005) en bronbeekwaterstaal (BROR038) in Grootbos. 79
Figuur 65: Stiff diagrammen voor grondwater (BROP005) in Grootbos. 79
Figuur 66: Maucha diagrammen voor grondwater (BROP005) in Grootbos. 80
Figuur 67: Stiff en Maucha diagram voor het bronbeekwaterstaal (BROR038) in Grootbos. 80
Figuur 68: Situering van de Grootbosbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 81
Figuur 69: Berekende oppervlakte van het infiltratiegebied (0.40 ha) voor Grootbos 1. 82
Figuur 70: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Grootbos. 83
Figuur 71: Situering van de te onderzoeken bronlocaties in het Wijngaardbos op de GRB-basiskaart. 87
Figuur 72: Detailtopografie van het Wijngaardbos met aanduiding van de bronlocaties en de ligging van het dwarsprofiel in Figuur 75 (uit DHM Vlaanderen II). 88
Figuur 73: Ingemeten bronzones aan Wijngaardbos 1 en Wijngaardbos 2 met aanduiding van de piëzometer BROP006 en bronbeekwatermeetpunt BROR005. 89
Figuur 74: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. het Wijngaardbos met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 75). 90
Figuur 75: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. het Wijngaardbos (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 74. 91
Figuur 76: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP006 met aanduiding van het tijdstip van de debietmeting in het bronbeekje van Wijngaardbos. 92
Figuur 77: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in het Wijngaardbos (BROP006). 92

Figuur 78: IR/EC-diagram van alle grondwaterstalen (BROP006) en bronbeekwaterstalen (BROR005) in het Wijngaardbos. 93
Figuur 79: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP006. 94
Figuur 80: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP006. 94
Figuur 81: Stiff diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR005. 94
Figuur 82: Maucha diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR005. 95
Figuur 83: Situering van de Grootbosbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 95
Figuur 84: Infiltratiegebied van het brongebied van het Wijngaardbos. 96
Figuur 85: Reistijden van het grondwater in het bronnengebied van het Wijngaardbos. 97
Figuur 86: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Wijngaardbos. 97
Figuur 87: Situering van de te onderzoeken bronlocatie van de Keiberg op de GRB-basiskaart. 99
Figuur 88: Detailtopografie in de omgeving van de Keiberg met aanduiding van het dwarsprofiel. (uit DHM Vlaanderen II). 100
Figuur 89: Detailtopografie t.h.v. de Keiberg bron (uit DHM Vlaanderen II). 100
Figuur 90: Ingemeten bronzone van de Keiberg met aanduiding van de piëzometer BROP007 en bronbeekwatermeetpunten BROR018 en BROR040. 101
Figuur 91: Overzicht van de tertiaire geologische lagen aan de Keiberg met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 92). 102
Figuur 92: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. de Keiberg (geïnterpreteerd van https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 91. 103
Figuur 93: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP007 met aanduiding van het tijdstip van de debietmeting in het bronbeekje van Keiberg. 104
Figuur 94: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP007) van Keiberg. 104
Figuur 95: IR/EC-diagram van alle grondwater- (BROP007) en bronbeekwaterstalen (BROR018 & 040) op de Keiberg. 105
Figuur 96: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP007. 106
Figuur 97: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP007. 106
Figuur 98: Stiff en Maucha diagram voor oppervlaktewater uit BROR018. 106
Figuur 99: Stiff en Maucha diagram voor oppervlaktewater uit BROR040. 107
Figuur 100: Situering van de Keiberg grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 107
Figuur 101: Stroomgebied van de bron aan de Keiberg. 109
Figuur 102: Reistijd van het infiltratiegebied naar de bron. 109
Figuur 103: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de Keiberg. 110
Figuur 104: Situering van de bron aan Romershoven op de GRB-basiskaart. 112
Figuur 105: Detailtopografie in de omgeving van Romershoven met aanduiding van het dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II). 112
Figuur 106: Detailtopografie in de omgeving van BROP008 (uit DHM Vlaanderen II). 113
Figuur 107: Ingemeten bronzone aan Romershoven met aanduiding van piëzometer BROP008. 114
Figuur 108: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Romershoven met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 109). 115
Figuur 109: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Romershoven (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 108. 116

Figuur 110: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP008 met aanduiding van het tijdstip van de debietmeting in het bronbeekje van Romershoven. 117
Figuur 111: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP008) in Romershoven. 117
Figuur 112: IR/EC diagram voor alle grondwaterstalen uit BROP008. 118
Figuur 113: Stiff diagrammen voor grondwater (BROP008) in Romershoven. 119
Figuur 114: Maucha diagrammen voor grondwater (BROP008) in Romershoven. 119
Figuur 115: Situering van de Romershovenbron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 119
Figuur 116: Stroomgebied van de bron van Romershoven. 121
Figuur 117: Reistijd van het grondwater naar de bron van Romershoven. 121
Figuur 118: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Romershoven. Voor duiding bij de gebruikte kartering zie tekst hierboven. 122
Figuur 119: Situering van de bron aan Hasselbos op de GRB-basiskaart. 123
Figuur 120: Detailtopografie in de omgeving van het Hasselbos met aanduiding van het (tijdelijke) bronbeekje, een zijloopje van de Lerebeek (uit DHM Vlaanderen II). 124
Figuur 121: Ingemeten bronzone aan het Hasselbos met aanduiding van piëzometer BROP009. 124
Figuur 122: Overzicht van de tertiaire geologische lagen met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 123) 125
Figuur 123: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. het Hasselbos (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 122. 126
Figuur 124: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in Hasselbos (BROP009). 127
Figuur 125: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in Hasselbos (BROP009). 127
Figuur 126: IR/EC diagram voor alle grondwaterstalen uit BROP009. 128
Figuur 127: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP009. 128
Figuur 128: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP009. 129
Figuur 129: Situering van de grondwaterstalen op de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie) voor het Hasselbosbron. 129
Figuur 130: Stroombaananalyse ter hoogte van de bron in het Hasselbos. 130
Figuur 131: Reistijden van het grondwater richting het brongebied in het Hasselbos. 130
Figuur 132: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Hasselbos. 131
Figuur 133: Situering van de Zwarte Bron op de GRB-basiskaart. 132
Figuur 134: Detailtopografie in de omgeving van Molenbeemd met aanduiding van een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II). 133
Figuur 135: Detailtopografie in de omgeving van de Zwarte Bron (uit DHM Vlaanderen II). 133
Figuur 136: Ingemeten bronzone aan de Zwarte Bron met aanduiding van piëzometer BROP010 en bronbeekwater-meetpunt BROR030. 134
Figuur 137: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. de Zwarte Bron aan de molenbeemd met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 138). 135
Figuur 138: Geologische dwarsdoorsnede ter hoogte van de Zwarte Bron aan de Molenbeemd (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 137. 136
Figuur 139: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in BROP010 bij de Zwarte Bron. 136

Figuur 140: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater (BROP010) in de Zwarte Bron. 137
Figuur 141: IR/EC diagram van alle grondwaterstalen uit BROP010 en oppervlaktewaterstaal uit BROR030. 138
Figuur 142: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP010. 138
Figuur 143: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP010. 139
Figuur 144: Stiff en Maucha diagram voor oppervlaktewater uit BROR030. 139
Figuur 145: Situering van de Zwarte bron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 140
Figuur 146: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de Zwarte Bron. 141
Figuur 147: Situering van de bron aan Zammelen op de GRB-basiskaart. 144
Figuur 148: Detailtopografie in de omgeving van Zammelen met aanduiding van de bronlocatie op een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II). 145
Figuur 149: Ingemeten bronzone aan Zammelen met aanduiding van piëzometer BROP011 en oppervlaktewatermeetpunt BROR008. 145
Figuur 150: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Zammelen met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 152). 147
Figuur 151: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Zammelen (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 150. 147
Figuur 152: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) Zammelen bron (BROP011). 148
Figuur 153: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater Zammelen-bron (BROP011). 148
Figuur 154: IR/EC diagram van alle grondwaterstalen uit BROP011 en oppervlaktewaterstaal uit BROR008. 149
Figuur 155: Stiff diagrammen voor grondwater (BROP011) in Zammelen. 150
Figuur 156: Maucha diagrammen voor grondwater (BROP011) in Zammelen. 150
Figuur 157: Stiff en Maucha diagram voor het bronbeekwater (BROR008) in Zammelen. 150
Figuur 158: Situering van de Zammelen-bron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 151
Figuur 159: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Zammelen. 152
Figuur 160: Situering van de bronnen aan de Gerlabeek en Werm op de GRB-basiskaart. 155
Figuur 161: Detailtopografie in de omgeving van de Gerlabeek en Werm met aanduiding van de dwarsprofielen (uit DHM Vlaanderen II). 156
Figuur 162: Detailtopografie in de omgeving van de Gerlabeek (uit DHM Vlaanderen II). 156
Figuur 163: Ingemeten bronzones aan de Gerlabeek. 157
Figuur 164: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. de Gerlabeek met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 159). 158
Figuur 165: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. de Gerlabeek (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 166. 158
Figuur 166: Gemeten concentratie nitraatstikstof (NO_3-N) in mg N/l aan Gerlabeek 1 en Gerlabeek 2. 160
Figuur 167: Grootte van de grondwater flux bij Gerlabeek 1 en Gerlabeek 2. 160
Figuur 168: kompasdiagram van de flux richting bron Gerlabeek 1 (825 observaties) en bron Gerlabeek 2 (295 observaties) tussen 13/04/2021 en 31/08/2023. 161
Figuur 169: Bepalen van het infiltratiegebied met stroombaanberekening in het grondwatermodel voor de bronnen van de Gerlabeek. 162
Figuur 170: Berekende reistijden binnen het infiltratiegebied van de Gerlabeek-bronnen. 162
Figuur 171: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. de Gerlabeek. 163

Figuur 172: Situering van de bron Tongeren Noord. 166
Figuur 173: Detailtopografie in de omgeving van de bron Tongeren Noord met aanduiding van een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II). 167
Figuur 174: Ingemeten bronzone aan Tongeren-Noord. 167
Figuur 175: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Tongeren Noord met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 176). 168
Figuur 176: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Tongeren Noord (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 175. 168
Figuur 177: Bepalen van het infiltratiegebied aan de hand van stroombaananalyse voor de bron Tongeren Noord. 169
Figuur 178: Berekening van de reistijden binnen het infiltratiegebied van de bron Tongeren Noord. 170
Figuur 179: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Tongeren Noord. 170
Figuur 180: Situering van de bronnen van Werm (en de Gerlabeek) op de GRB-basiskaart. 171
Figuur 181: Detailtopografie in de omgeving van Werm met aanduiding van een dwarsprofiel (uit DHM Vlaanderen II). 171
Figuur 182: Detailtopografie in de omgeving van de bronnetjes aan Werm (uit DHM Vlaanderen II). 172
Figuur 183: Ingemeten bronzones aan Werm. 173
Figuur 184: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. Werm met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 185). 174
Figuur 185: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. Werm (https://www.dov.vlaanderen.be via SubSurfaceViewer). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 184. 174
Figuur 186: Stroombaananalyse voor het bepalen van de infiltratiegebieden van de Wermbronnen. 175
Figuur 187: Berekende reistijden in het grondwatermodel voor het infiltratiegebied van de Werm-bronnen. 176
Figuur 188: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. Werm. 176
Figuur 189: Situering van de SBZ-H-deelzone Jesseren-Opleeuw met aanduiding (rode cirkel) van het grasland met bron. 178
Figuur 190: Detailtopografie rond het soortenrijk graslandje met bronnen in Jesseren (rode cirkel). 179
Figuur 191: Tertiair geologische afzettingen onder het SBZ-H deelgebied van Jesseren-Opleeuw (links) met indicatie van de ligging van dwarsdoorsnede (rechts) 180
Figuur 192: Detail uit de Belgische bodemkaart voor het SBZ-H deelgebied van Gors-Opleeuw. 181
Figuur 193: Locatie van de piëzometers op het graslandperceeltje met bronnetjes in Gors-Opleeuw. De rood omcirkelde meetpunten worden gebruikt in 181
Figuur 194: Tijdreeks van stijghoogten in de zanden van Kerniel ter hoogte van het bronnetjes-grasland van Gors-Opleeuw. 182
Figuur 195: Tijdreeksen van stijghoogten (in m TAW links) en grondwaterpeilmetingen (in m onder mv rechts) in Gors-Opleeuw tussen 2003-2026. 183
Figuur 196: Situering van de Gors-Opleeuw-bronwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 184
Figuur 197: EC/IR- (links), Stiff- (rechts boven) & Maucha-diagrammen (rechts onder) voor een aantal freatische grondwaterlocaties in het SBZ-H deelgebied Gors-Opleeuw 185

Figuur 198: Schema van de vegetatiezonering voor het Natura 2000 grasland Gors-Opleeuw (met aanduiding van de hydrologische meetpunten gebruikt in Figuur 195. 185
Figuur 199: Situering van de bron van Hornebos op de GRB-basiskaart. 186
Figuur 200: Detailtopografie in de omgeving van Hornebos (uit DHM Vlaanderen II) 186
Figuur 201: Sterker ingezoomde detailtopografie in de omgeving van Hornebos (uit DHM Vlaanderen II). 187
Figuur 202: Overzicht van de tertiaire geologische lagen t.h.v. het Hornebos met aanduiding van de geologische dwarsdoorsnede (zie Figuur 203). 188
Figuur 203: Geologische dwarsdoorsnede t.h.v. het Hornebos (https://www.dov.vlaanderen.be). Voor de locatie van het dwarstransect, zie Figuur 202). 188
Figuur 204: Locatie van het grondwatermeetpunt (BROP001) en het bronbeekwater-staalnamepunt BROR012 in het Hornebos. 189
Figuur 205: Tijdreeks van grondwaterpeilmetingen (m-mv) in Hornebos (BROP001). 190
Figuur 206: Tijdreeks van stijghoogten (m T.A.W.) van het grondwater in Hornebos (BROP001). 190
Figuur 207: IR/EC diagram van alle grondwaterstalen uit BROP001 en oppervlaktewaterstalen uit BROR012. 191
Figuur 208: Stiff diagrammen voor grondwater uit BROP001. 192
Figuur 209: Maucha diagrammen voor grondwater uit BROP001. 192
Figuur 210: Stiff diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR012. 192
Figuur 211: Maucha diagrammen voor oppervlaktewater uit BROR012. 192
Figuur 212: Situering van de Zammelen-bron grond- en bronbeekwaterstalen t.o.v. de bicarbonaat-verzadigingscurve (zie §5 Hydrochemie). 193
Figuur 213: Overzicht van de habitatkaart (versie 2023) t.h.v. het Hornebos. 194

Lijst van afbeeldingen

Afbeelding 1: Kalktufsteenafzetting met Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) ter hoogte van de Vilsterbron (Borgloon). 38
Afbeelding 2: Zicht op piëzometer BROP002 aan Vilsterbron 1 (23 februari 2023). 45
Afbeelding 3: Proefopstelling van de debietmeting bij Vilsterbron 1 (links) en Vilsterbron 2 (rechts) 49
Afbeelding 4: Het bronhoofd van Grootbos 1, met een rest van de gemetste bronkelder/galerijtje. 74
Afbeelding 5: Afbeelding van de bronbeek Grootbos 1 (links) en de opstelling van de debietmeting net voor het poeltje onderaan de beek (rechts). 84
Afbeelding 6: Debietmeting beneden aan de helling van de Keiberg bronzone. 108
Afbeelding 7: Verstoord (vergraving/ophoging) bronhoofd van de Zwarte Bron (locatie: zie Figuur 135). 134
Afbeelding 8: Bronbeekje van de Zwarte Bron. 142
Afbeelding 9: Bronzone van kalktufbron aan Zammelen met aanduiding van BROP011. 153

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht van de verschillende in deze studie behandelde bronnen, het eventuele hydrologische meetpunt en de watervoerende laag. 21
Tabel 2: Samenvattende statistieken (mediaanwaarde) voor de chemische samenstelling van de watervoerende lagen op basis van bronwater (voor alle (minimum 3) staalnamen over de periode 2021-2023). 22
Tabel 3: Gebruikte hydraulische parameters in het grondwatermodel voor de verschillende Hydro geologische lagen. 34
Tabel 4: Belang van verschillende indicatoren voor de habitatkwaliteit voor habitat 7220: kalktufbronnen met tufsteenformatie (Paelinckx et al., 2019) (b = belangrijk/zb = zeer belangrijk). 39
Tabel 5: Habitatkarakteristieken en beoordelingswijze voor habitattype 7220: Kalktufbronnen met tufsteenformatie. 40
Tabel 6: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP002) en bronbeekwater (BROP055) in de Vilsterbron. 46
Tabel 7: Beoordelingsmatrix voor Vilsterbron 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 53
Tabel 8: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP003) & het bronbeekwater (BROP037) in Haren-bron. 57
Tabel 9: Beoordelingsmatrix voor Haren 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 62
Tabel 10: Chemische analyseresultaten voor grondwaterstalen (BROP004) in Gabrigsveld. 68
Tabel 11: Beoordelingsmatrix voor het Gabrigsveld met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 71
Tabel 12: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP005) en een bronbeekwater (BROP038) uit het Grootbos. 78
Tabel 13: Beoordelingsmatrix van Grootbos 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 85
Tabel 14 Beoordelingsmatrix van Grootbos 2 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 86
Tabel 15: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP006) & bronbeekwater (BROR005) uit het Wijngaardbos. 93
Tabel 16: Beoordelingsmatrix van de Wijngaardbossen met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 98
Tabel 17: Chemische analyses voor grondwaterstalen (BROP007) en bronbeekwaterstalen (BROR018 & BROR040) uit de Keiberg. 104
Tabel 18: Beoordelingsmatrix van de Keiberg bron met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 111
Tabel 19: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP008) in de Romershoven-bron. 118
Tabel 20: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP009) in Hasselbos. 127
Tabel 21: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP010) & bronbeekwater (BROR030) voor de Zwarte Bron. 137
Tabel 22: Beoordelingsmatrix van de Zwarte Bron met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 143
Tabel 23: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP011) & bronbeekwater (BROR008) in Zammelen. 149

Tabel 24: Beoordelingsmatrix van de bron aan Zammelen met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 154
Tabel 25: Beoordelingsmatrix van de bronzone aan Gerlabeek 1 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 164
Tabel 26: Beoordelingsmatrix van de bronzone aan Gerlabeek 2 met aanduiding van het belang van de criteria (b = belangrijk, zb = zeer belangrijk). 165
Tabel 27: overzicht van de beschikbare chemische analyseresultaten van het freatische grondwater in het SBZ-H graslandje van Gors-Opleeuw (periode 2003-2023). 183
Tabel 28: Chemische analyseresultaten voor grondwater (BROP001) en oppervlaktewater (BROR012) in Hornebos. 191