

## Meetnet beekdal van de Heelsumse beek

na 2,5 jaar meten van grondwaterstand en waterpeil en debiet van de Heelsumse beek



Eelerwoude werkt

met passie aan een mooi

en groen Nederland

**Opdrachtgever:**

Vereniging Natuurmonumenten, Waterschap Vallei  
en Veluwe en Provincie Gelderland  
Ellen ter Stege, Dimitri van Dam en Teun Spek

**Opdrachtnemer:**

Eelerwoude  
[Onze vestigingen](#)  
088-1471100  
[info@eelerwoude.nl](mailto:info@eelerwoude.nl)  
[www.eelerwoude.nl](http://www.eelerwoude.nl)

**Projectgegevens:**

Projectnummer: 10264  
Datum: 30 januari 2023  
Projectleider: Karel Hanhart  
Opgesteld: Karel Hanhart  
Gecontroleerd: Laura Spa  
Status: Definitief  
Versie:

© 2021 Eelerwoude

*Dit rapport is enkelzijdig opgemaakt.*

# Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	7
1.1	Aanleiding.....	7
1.2	Achtergrond.....	8
1.3	Doelstelling en onderzoeksvragen.....	9
1.4	Aanpak in hoofdlijnen.....	9
1.5	Leeswijzer .....	10
2	Werkwijze .....	11
2.1	Vooroverleg met Natuurmonumenten en ontwerp meetnet .....	11
2.2	Aanbrengen meetnet van peilbuizen en meetpiket .....	11
2.3	Opname van het meetnet in Waterweb.....	11
2.4	Aflezen peilbuizen en inschatten debieten .....	11
2.5	Tussentijdse rapportage na 1 jaar meten .....	12
2.6	Eindrapportage na meer dan 2,5 jaar meten .....	12
3	Bodem en waterstroming .....	13
3.1	Geomorfologie en hoogteligging .....	13
3.2	Geo-hydrologie en grondwaterstroming.....	13
3.3	Invloed van de grondwaterwinning La Cabine .....	14
3.4	Overige oorzaken van de lage grondwaterstand.....	15
3.5	Sprengbeken in het Heelsums beekdal .....	15
4	Opzet van het meetnet .....	18
4.1	Oude meetreeksen in het beekdal .....	18
4.2	Oude meetnet Natuurmonumenten .....	19
4.3	Peilbuizen Waterschap Vallei en Eem .....	20
4.4	Nieuwe meetnet beekdal van de Heelsumse beek .....	21
5	Langjarig peilverloop van de grondwaterstand .....	24
5.1	Peilverloop TNO peilbuis B40A0355-1 (B018A in het nieuwe meetnet) .....	24
5.2	Periode 1985 - 2000 .....	26
5.3	Periode 2020 - 2022 .....	26
5.4	Wat was de invloed van extreme neerslag op de winterse peilstijgingen in de meetperiode 2000 t/m 2022?	27
6	Herstelkansen droogtegevoelige natuur .....	29
6.1	Vochtige delen Wolfhezerheide .....	29
6.2	Wodanseiken .....	32

6.3	Natte laagten bij de bron van de Heelsumse beek.....	34
7	Herstelkansen drooggevallen sprengbeken.....	36
7.1	Herstelkansen Papiermolenbeek.....	36
7.2	Herstelkansen Wolfhezerbeek .....	39
7.3	Herstelkansen Rondeelbeek .....	40
8	Instandhouding stroming in de Heelsumse beek.....	42
8.1	Waterpeilen bij sprengkop en Heidebrug.....	43
8.2	Waterpeilen bij de Bosbrug .....	44
8.3	Debiet van de Heelsumse beek .....	45
9	Conclusies na 2,5 jaar meten .....	46
10	Aanbevelingen na 2,5 jaar meten .....	48
	Bronnen.....	50
	Bijlage 1: Technische gegevens Waterweb .....	51
	Bijlage 2: Geomorfologische kaart (Stichting voor Bodemkartering en Rijks Geologische Dienst, 1980).....	53
	Bijlage 3: AHN hoogtekaart omgeving van het beekdal.....	55
	Bijlage 4: Isohypsen wvp 1 (Geologische Dienst Nederland - TNO, 2022) .....	57
	Bijlage 5: Geo-hydrologische doorsnede door de ondergrond (TNO Geologische Dienst Nederland, 2022) en globale stromingsrichting van het grondwater.....	59
	Bijlage 6: Sprengbeken in het Heelsums beekdal .....	61
	Bijlage 7: Historische kaart begin 20ste eeuw van het sprengstelsel .....	63
	Bijlage 8: Peilbuizen en meetpiketten ten westen van de Wolfhezerweg.....	65
	Bijlage 9: Peilbuizen en meetpiketten ten oosten van de Wolfhezerweg .....	67

## Lijst van tabellen

Tabel 1: Meetpunten met oude meetreeksen.....	18
Tabel 2: Meetpunten oude meetnet Natuurmonumenten (1985-2000) en nieuw geplaatste peilbuizen om de meetreeksen voort te zetten. ....	19
Tabel 3: Meetpunten Waterschap Vallei en Veluwe .....	21
Tabel 4: Meetpunten nieuwe meetnet. De geel gearceerde meetpunten zijn een voortzetting van oudere meetreeksen en dus extra waardevol.....	22
Tabel 5: Langjarig peilverloop peilbuis B40A0355 (B18A) in het talud van de Papiermolenbeek bij de brug van de Oude Kloosterweg.....	25

## Lijst met figuren

Figuur 1: Meetnet beekdal van de Heelsumse beek.....	7
Figuur 2: Hoeveelheden opgepompt ruwwater winning La Cabine (bron: Vitens).....	14
Figuur 3: Verlaging stijghoogte (m) van het freatisch pakket ten gevolge van de grondwaterwinning La Cabine (Arcadis, 2011). ....	15

Figuur 4: Langjarige meetreeksen van de grondwaterstand in het Heelsums beekdal: B40A0633 (rood) en B40A0634 (lichtpaars) bevinden zich bij de sprengkoppen van de Papiermolenbeek; B40A0335 is de peilbuis met drie filters bij de Papierbeek ter hoogte van de brug van de Oude Kloosterweg (donkerblauw); B40A0677 bevindt zich enige meters ten noorden van de Heelsumse beek ten westen van het weiland Kabeljauw. ....	18
Figuur 5: Meetreeksen oude meetnet Natuurmonumenten .....	20
Figuur 6: Door Gert Kreggenmeijer en Werkgroep gemeten waterstanden bij peilbuizen B021 (P2, in de bodem van de Papiermolenbeek op ca. 90 m. ten oosten van de brug van de Oude Kloosterweg) en B022 (P1; in de Papiermolenbeek bij de Wodanseiken) .....	21
Figuur 7: Meetreeksen nieuwe meetnet: B15 t/m B35 en P030 en P032. De rechte lijnen in de meetreeksen van B018A, B018B en B018C zijn geen metingen .....	23
Figuur 8: Nieuw meetnet Natuurmonumenten: debietschatting van de Heelsumse beek bij de heidebrug (S031) en bij de bosbrug bij Kabeljauw (S033) in liters/ minuut .....	23
Figuur 9: Peilverloop TNO peilbuis B40A0355- filter 1 (B018A in het nieuwe meetnet) in het talud van de Papiermolenbeek ter hoogte van de brug van de Oude Kloosterweg .....	24
Figuur 10: Peilverloop B40A0355 (B018A in het nieuwe meetnet) ingezoomd vanaf de hervatting van de peilingen in januari 2020.....	25
Figuur 11: Extreme peilstijging van de grondwaterstand van 80 cm in de winter van 1993/1994 .....	28
Figuur 12: Voorheen vochtige laagten in de heide ten noorden van de droogstaande Wolfhezerbeek bij B019. 29	
Figuur 13: Gemeten grondwaterstand ter hoogte van peilbuis B019 in een voorheen vochtig deel van de Wolfhezerheide.....	31
Figuur 14: Gemeten grondwaterstand in de omgeving van de Wodanseiken bij peilbuis B022 in m. ten opzichte van de bodemhoogte van de Wodanseiken (ca. 19 m. +NAP).....	33
Figuur 15: AHN3 hoogtekkaart Heelsums beekdal met laagte ten zuiden van de drooggevallen Papiermolenbeek (ten zuiden van B023) .....	34
Figuur 16: Gemeten grondwaterstand in natte laagte bij bron Heelsumse beek gemeten met peilbuis B023.....	35
Figuur 17: Gemeten grondwaterstand op verschillende locaties in de Papiermolenbeek in m. +NAP. ....	37
Figuur 18: Grondwaterstand in de beekloop van de Papiermolenbeek in m. t.o.v. de beekbodem. De peilbuis B029 in de bovenloop van Papiermolenbeek met een vlak verloop functioneert niet. Deze meetreeks is daarom niet worden meegenomen in de onderstaande analyse .....	38
Figuur 19: Gemeten grondwaterstand op verschillende locaties in de Wolfhezerbeek in m. ten opzichte van de beekbodem. ....	40
Figuur 20: Gemeten grondwaterstand in de huidige sprengkop van de Rondeelbeek in m. ten opzichte van de beekbodem. ....	41
Figuur 21: Gemeten waterpeil in en rondom de Heelsumse beek .....	43
Figuur 22: Gemeten waterpeil van de gestuwde Heelsumse beek bij de Bosbrug en grondwaterstand ca. 10 m. ten noorden hiervan. De Bekengroep peilt het waterpeil van de beek vanaf het bruggetje, dus bovenstrooms van de hier gelegen boomstam.....	44
Figuur 23: Geschatte afvoer van de Heelsumse beek ter hoogte van de Heidebrug (S031) en Bosbrug (S033) in liters/minuut .....	45





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

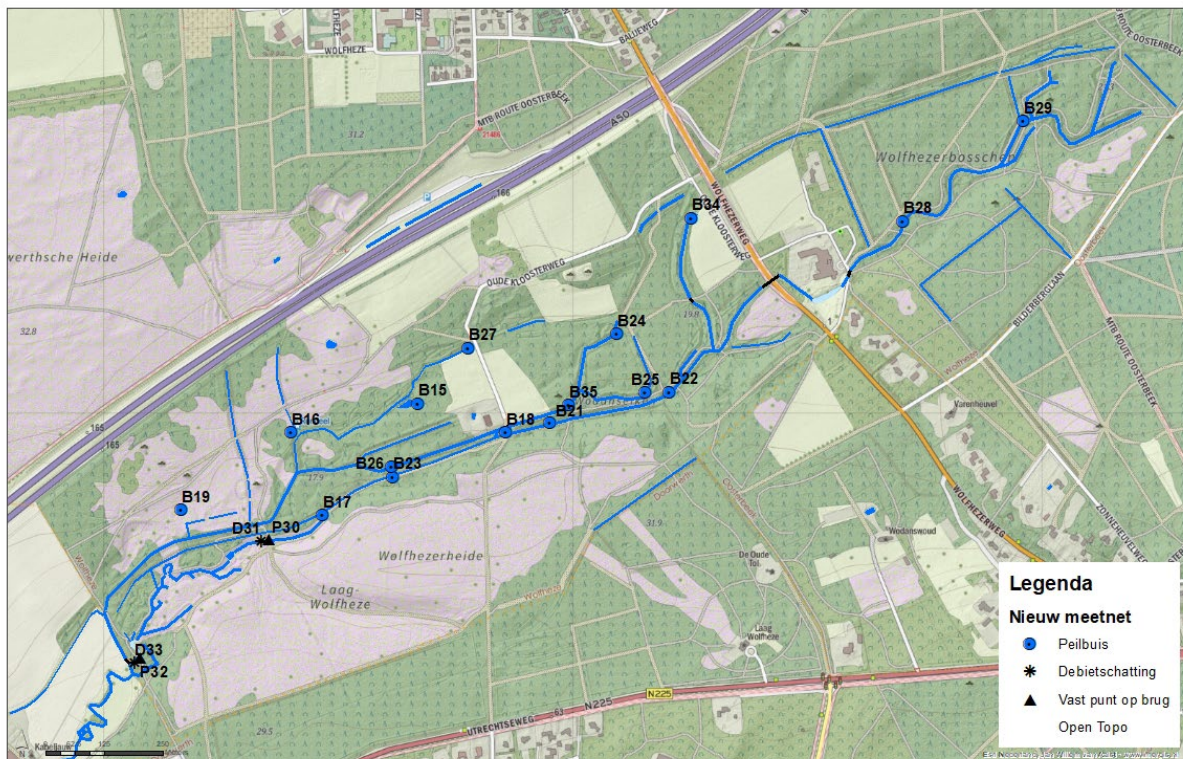
Natuurmonumenten heeft op 13 oktober 2018 een streekconferentie gehouden over het Heelsums beekdal. Op 17 november 2018 volgde een terugkomdag. Op die dag zijn diverse werkgroepen opgericht, waaronder de werkgroep “Stromende beken”.

De werkgroep heeft tot doel om de drooggevallen beken en sprengen in het Heelsums beekdal weer zichtbaar en stromend te maken en de Heelsumse beek in stand te houden (Werkgroep Stromende beken, 2019). Zij willen daarmee bereiken dat:

- de cultuurhistorische waarden zijn veiliggesteld en zo nodig zijn hersteld;
- de biodiversiteit wordt vergroot;
- de beleving wordt versterkt.

Een belangrijk uitgangspunt van de werkgroep is dat eventueel stromend maken van drooggevallen beken en sprengbeken niet mag leiden tot verdere verdroging van de land- en waternatuur. Het gaat met name om:

- het debiet en stroomsnelheid van de Heelsumse beek en de hieraan gekoppelde zeer hoge aan water en vochtigheid gebonden natuurwaarden,
- de vitaliteit van de oude monumentale Wodanseiken,
- het voorkomen van vochtige laagten bij de huidige bron van de Heelsumse beek.



Figuur 1: Meetnet beekdal van de Heelsumse beek.

## 1.2 Achtergrond

Het is belangrijk om te beseffen dat de drooggevallen sprengbeken niet natuurlijk zijn, maar dat deze beken door de mens zijn gegraven ten behoeve van de aandrijving van watermolens (Menke, Renes, & red., 2007). Alleen de Heelsumse beek zou kunnen worden aangeduid als een natuurlijke beekloop, maar ook deze beek is door de mens uitgediept omdat hij anders zou zijn drooggevallen. Het is daarom gepaster om voor alle Heelsumse beken de naam sprengbeken te gebruiken.

### *Drainerende delen van sprengbeken:*

De sprengbeken worden gevoed door kwelwater uit de grote grondwaterbel van de Veluwe. Wanneer de hoeveelheid water van een sprengbeek afnam, werd de sprengbeek door de molenaar verder uitgediept, zodat de sprengbeek meer kwelwater aan de grondwaterbel kon onttrekken. De molenaar kon de sprengbeek ook bovenstrooms verlengen, zodat de beek ook grondwater hoger op de Veluwe aan het grondwatersysteem kon onttrekken. Deze delen van de beek worden aangeduid als “*drainerend*”.

### *Infiltrerende opgeleide delen van sprengbeken:*

Bovenstrooms van de watermolen moest het beekwater een relatief hoog peil krijgen, zodat de beek het waterrad kon aandrijven. Dit werd mogelijk gemaakt door de beekloop via de hoger gelegen flank van het beekdal te leiden: de opgeleide sprengbeek. Omdat het waterpeil in de opgeleide sprengbeek hoger was dan het grondwaterpeil, werd dit deel van de sprengbeek niet langer gevoed door grondwater, maar lekte er water uit de beek naar het grondwater. Deze delen van de beek worden aangeduid als “*infiltrerend*”. Om de lekkage van beekwater in de infiltrerende delen van de sprengbeken te voorkomen, werd de bodem en beektaluds door de molenaar voorzien van een ca. 30 cm dikke leemlaag.

### *Uitdiepen en belemen van sprengbeken die infiltrerend zijn geworden:*

Wanneer er in een beekdal meerdere watermolens stonden, kon het uitdiepen van een spreng leiden tot het droogvallen van een parallel hieraan gelegen andere spreng die een andere watermolen voedde. De drooggevallen spreng veranderde dan van een drainerende spreng tot een infiltrerende spreng. Om het ongewenste waterverlies aan de buurman te voorkomen kon de molenaar zijn spreng verder uitdiepen, zodat zijn spreng weer drainerend werd. Hij kon ook het waterverlies voorkomen door dit deel van zijn spreng te belemen. Deze concurrentie om water heeft waarschijnlijk ook plaatsgevonden in het Heelsums beekdal, waar de Heelsumse beek, Papiermolenbeek en Wolfhezerbeek voor een belangrijk deel water uit dezelfde grondwaterbel onttrokken.

### *Daling van de grondwaterstand:*

Door de bebossing van de uitgestrekte heiden en stuifzanden van de Veluwe in de 19de en 20ste eeuw + onttrekking van grondwater ten behoeve van de industrie en drinkwaterwinning is het grondwaterpeil van de Veluwe grondwaterbel geleidelijk gedaald. Hierdoor zijn overal op de flanken van de Veluwe delen van drainerende sprengbeken veranderd in infiltrerend. Hierdoor nam de aanvoer van water richting de watermolens af. Om de sprengbeken voldoende afvoer te laten houden waren de molenaars gedwongen om de sprengbeken verder uit te diepen. Daarnaast was het vaak nodig om het infiltrerende traject bovenstrooms van de opgeleide beek te belemen. Het beleemde infiltrerende deel van de sprengbeek werd hierdoor langer.

### *Onderhoud sprengbeken:*

Toen de watermolens en wasserijen in de 20ste eeuw overschakelden op andere energiebronnen werd het onderhoud, uitdiepen en belemen gestaakt. Vanwege de cultuurhistorische waarde, landschappelijke waarde en natuurwaarde van de fraaie sprengbeken is het onderhoud van deze beken vanaf de jaren ‘90 van de vorige eeuw opnieuw ter hand genomen door vrijwilligers van de IVN werkgroep Beken en Sprengen.



Voor herstel van de drooggevallen sprengbeken kan de oude methode van uitdiepen en belemen van sprengbeken worden overwogen. Hierdoor wordt meer grondwater afgevoerd, wat echter verdrogend werkt op de omringende landnatuur en ten koste kan gaan van andere sprengbeken. In deze jaren van klimaatverandering en watertekorten is het daarom van groot belang om een goed beeld te hebben van de hydrologische consequenties van maatregelen om de sprengbeken weer watervoerend te krijgen, zoals vermindering van de winning van grondwater door de winningen La Cabine en Smurfit Kappa Parenco (hierna kortweg Parenco), herinfiltratie van water bij La Cabine (zoals ook bij de winning Epe gebeurt), etc.

## 1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen

Op basis van verschillende bijeenkomsten en overleggen heeft de werkgroep Stromende beken daarom een *Plan van aanpak* opgesteld om haar doelstellingen te bereiken (Werkgroep Stromende beken, 2019). Natuurmonumenten heeft aangegeven dat uitdiepen van sprengbeken, zoals aangegeven in het “Plan van aanpak” voor Natuurmonumenten geen optie is omdat het Heelsums beekdal een hoge archeologische waarde heeft. Hierdoor mag er op geen enkele wijze in de bodem geroerd/gegraven worden zonder toestemming van de Rijksdienst. Het plaatsen van peilbuizen is wel mogelijk. Ook past het uitdiepen van sprengbeken niet in de beheervisie van Natuurmonumenten.

Zoals gesteld in het Plan van aanpak van de Werkgroep Stromende beken zijn er op de middellange en lange termijn andere mogelijkheden om de watervoerendheid van de droogstaande sprengbeken te herstellen, zoals:

- infiltratie van rivierwater ter hoogte van pompstation La Cabine,
- verminderen of verplaatsen van pompstation La Cabine of Parenco,
- omvorming naaldbos naar loofhout en omvorming van bos naar heide in het infiltratiegebied van de sprengbeken.

Maar hoe realistisch is het om de drooggevallen sprengbeken weer watervoerend te krijgen? Hiervoor is het nodig om de volgende onderzoeksvragen te beantwoorden:

1. Wat is de bodemopbouw van het beekdal van de Heelsumse beek en hoe wordt de bodem doorstroomt door het grond- en oppervlaktewater?
2. Wat is de historische en huidige grondwaterstand in:
  - de verschillende droogtegevoelige delen van het beekdal?
    - vochtige heide
    - Wodanseiken
    - Vochtige laagte bij bron van de Heelsumse beek
  - de verschillende trajecten van de sprengbeken ten opzichte van de huidige zandbodem?
3. Wat is de huidige en historische afvoer en beekpeil van de Heelsumse beek?
4. Welke stijging van de grondwaterstand is nodig?
  - Om de verschillende droogtegevoelige delen van het beekdal te herstellen?
    - vochtige heide
    - Wodanseiken
    - Vochtige laagte bij bron Heelsumse beek
  - de verschillende trajecten van de sprengbeken weer watervoerend te krijgen?

## 1.4 Aanpak in hoofdlijnen

Op basis van literatuurgegevens is de bodem en stroming van grond- en oppervlaktewater door deze bodem globaal geschetst.

Er bestaat een aantal (oude) meetreeksen van de grondwaterstand in het beekdal, die een beeld geven van de historische situatie. Het grootste deel van deze peilbuizen wordt niet langer afgelezen. Door op dezelfde plaatsen opnieuw peilbuizen te installeren en aflezen, kan een indruk worden verkregen van de verandering van de grondwaterstand ten opzichte van het verleden.

De grondwaterstand in droogtegevoelige delen van het beekdal zijn in het verleden niet gemeten. Hier zijn daarom ook nieuwe peilbuizen aangebracht en afgelezen.

Om een indruk te krijgen van de huidige afvoer van de Heelsumse beek is deze door vrijwilligers geschat met behulp van de "Sinaasappel-methode". Er zijn geen historische metingen van de afvoer van de Heelsumse beek. De indruk bestaat dat de afvoer nu kleiner is dan in de afgelopen decennia. Om toch een indruk te krijgen van de afname van de afvoer van de beek wordt geprobeerd om de relatie tussen de afvoer van de beek en grondwaterstand in het beekdal vast te stellen. Hierdoor kan een indruk worden gekregen van de historische afvoer van de beek.

## 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de gekozen werkwijze nader toegelicht.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de werking van het bodem- en watersysteem in en rondom het beekdal van de Heelsumse beek/Wolfhezerbeek/Rondeelbeek en Papiermolenbeek kort beschreven.

De opzet van het hydrologische meetnet wordt beschreven in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 wordt een relatie gelegd tussen de huidige metingen van de grondwaterstand in het beekdal en vroeger uitgevoerde metingen.

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de herstelkansen voor natte natuur in het beekdal.

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de invloed van de onttrekkingskegel van winning La Cabine en de kansen om de watervoerendheid van de drooggevallen Papiermolenbeek, Wolfhezerbeek en Rondeelbeek te herstellen.

In hoofdstuk 8 wordt op basis van de gemeten grond- en oppervlaktewaterpeilen ingegaan op de kansen op de instandhouding van de enige nog watervoerende beek: de Heelsumse beek.

## 2 Werkwijze

### 2.1 Vooroverleg met Natuurmonumenten en ontwerp meetnet

In samenspraak met de vrijwilligers van de Werkgroep Stromende beken zijn de meest kansrijke trajecten van de drooggevallen sprengbeken vastgesteld.

Oude meetreeksen van Natuurmonumenten, Provincie en Vitens zijn door Eelerwoude verzameld en ingevoerd in het programma Menyanthes.

Op basis van het veldbezoek met de Werkgroep aan de drooggevallen sprengbeken en bestudering van de historische meetreeksen is een meetplan opgesteld.

Het meetplan is op 22 augustus 2019 besproken met Ellen ter Stege van Natuurmonumenten. Hierin heeft zij aangegeven waar de meest droogtegevoelige delen van het beekdal liggen. Deze locaties zijn toegevoegd aan het meetplan.

### 2.2 Aanbrengen meetnet van peilbuizen en meetpiket

Na goedkeuring van het meetplan door Natuurmonumenten zijn in december 2019 en januari 2020 door Karel Hanhart van Eelerwoude samen met verschillende leden van de Werkgroep Stromende beken 17 nieuwe meetpunten geïnstalleerd. Omdat de filters van de peilbuizen minimaal 1 meter onder de grondwaterspiegel worden aangebracht zijn de boorgaten gepulst. Hierbij worden de boorgaten met mantelbuizen gestabiliseerd om inlopen van drijfzand te voorkomen. In sommige boorgaten was het nodig om tot 4 m. onder maaiveld te boren en pulsen. De bodemopbouw van de boorgaten is beschreven op basis van de systematiek van (Bakker & Schelling, 1989). De geplaatste peilbuizen zijn beschermd met metalen peilbuizen. De bovenkant van de geplaatste peilbuizen en bodemhoogte is door Eelerwoude met een 3 cm nauwkeurige GPS ingemeten t.o.v. NAP. Om het waterpeil van de Heelsumse beek te meten is de bovenzijde van twee houten bruggen met een 3-cm nauwkeurige GPS ingemeten t.o.v. NAP.

### 2.3 Opname van het meetnet in Waterweb

De technische gegevens van de peilbuizen, meetpunten van het beekpeil van de Heelsumse beek en debietschattingen zijn door Eelerwoude verwerkt in de Boris-spreadsheet en aangeleverd aan Verbelco (zie Bijlage 1). Klaas van der Meulen van Verbelco heeft deze verwerkt in de online-applicatie Waterweb. Hiermee kunnen de door de vrijwilligers gemeten peilen in het veld worden ingevoerd en vrijwel direct online worden bekeken.

### 2.4 Aflezen peilbuizen en inschatten debieten

Vanaf 30 januari 2020 tot 16 september 2022 (meer dan 2,5 jaar) zijn de nieuw geplaatste peilbuizen, bestaande peilbuizen en waterpeilen van de Heelsumse beek door de vrijwilligers van de Werkgroep Stromende beken maandelijks gepeild. Gezien het trage peilverloop van het Veluwe-systeem is een frequentie

van ca. 1 maal per maand voldoende. Het waterpeil van de Heelsumse beek is afgelezen vanaf een markering op het midden van de bovenkant van de houten bruggen. Naast het peilen van de peilbuizen heeft de werkgroep ook 1 maal per maand een schatting gemaakt van het debiet van de Heelsumse beek op het punt. De debietschatting vindt plaats met de zogenaamde *Sinaasappelmethode*. Deze methode is o.a. toegepast in de monitoring van de verschillende sprengbekentrajecten van de Beekhuizense beek in Velp. Op de eerste meetdag is de debietschatting gevalideerd door een medewerker van het Vallei en Eem met gespecialiseerde meetapparatuur. Hieruit bleek dat de Sinaasappel-methode vergelijkbare resultaten opleverde.

De vrijwilligers van de Werkgroep hebben de app Waterweb geïnstalleerd op hun mobiele telefoon, waarmee zij direct de gemeten peilen kunnen invoeren in Waterweb.

## 2.5 Tussentijdse rapportage na 1 jaar meten

In mei 2021 heeft Eelerwoude tussentijds verslag geschreven op basis van de resultaten van het eerste meetjaar van januari 2020 tot mei 2021.

## 2.6 Eindrapportage na meer dan 2,5 jaar meten

In september 2022 heeft Eelerwoude het eindverslag geschreven dat voor u ligt, op basis van meer dan 2,5 jaar meten in de periode van januari 2020 tot en met september 2022.

# 3 Bodem en waterstroming

## 3.1 Geomorfologie en hoogteligging

Op de geomorfologische kaart van het onderzoeksgebied in Bijlage 2 is te zien dat het beekdal van de Heelsumse beek zich aan de zuidoostflank bevindt van een uitgestrekte smeltwaaier (sandr; legenda-eenheid 6G1). Deze daluitspoelingswaaier is ontstaan door sedimentatie van zand en grind afkomstig van de hoger gelegen delen van de stuwwal van de Veluwe.

Aan de zuidoostzijde van de daluitspoelingswaaier is een restant van de stuwwal zichtbaar (legenda-eenheid 14B3), waarop de dorpen Doorwerth en Oosterbeek zijn gebouwd. Ten westen van de daluitspoelingswaaier bevindt zich een tweede stuwwal restant: de Wageningse berg. Deze hooggelegen stuwwallen zijn op de hoogtekaart in Bijlage 3 duidelijk zichtbaar aan de rode kleur.

Aan de flanken van de daluitspoelingswaaier zijn door latere erosie van de daluitspoelingswaaier twee beekdalvormige laagten ontstaan: het beekdal van de Heelsumse beek en beekdal van de Renkumse beek (legenda-eenheden 2R3, 2R4, 2R5, 3S5, 3S4, 2S3). De beekdalen zijn op de hoogtekaart duidelijk zichtbaar door de blauwe en groene kleuren

De daluitspoelingswaaier en stuwwallen zijn in een later stadium door de Rijn geërodeerd, waardoor hier een steile overgang is ontstaan naar de lager gelegen het met zand en klei opgevulde Rijndal (o.a. legenda-eenheden 2M22 en 2M48). Het lagergelegen Rijndal is op de hoogtekaart duidelijk zichtbaar aan de donkerblauwe kleur.

De hoogtekaart van het beekdal van de Heelsumse beek en omgeving hiervan wordt getoond in Bijlage 3. De hierboven beschreven hoge stuwwallen, Sandr-vlakte, sterk vertakte pleistocene beekdalen van de Heelsumse en Renkumse beek en laaggelegen rivieroverstromingsvlakte van de Rijn zijn op deze kaart duidelijk zichtbaar.

## 3.2 Geo-hydrologie en grondwaterstroming

### *Bodemopbouw:*

De bodemopbouw van de daluitspoelingswaaier wordt getoond in de dwarsdoorsnede van de ondergrond in Bijlage 5. De dwarsdoorsnede is getrokken in de stromingsrichting van het grondwater vanaf de hoger gelegen daluitspoelingswaaier bij Schaarsbergen, via de grondwaterwinning La Cabine, langs het beekdal van de Heelsumse beek tot aan de Rijn (zie stippellijn op de isohypsenkaart in Bijlage 4).

### *Eerste watervoerende pakket:*

Op de dwarsdoorsnede is te zien dat de bodem tot een diepte van ca. 40-50 m. onder maaiveld uit goed doorlatend matig tot grof zand bestaat (o.a. legenda-eenheden DRz1, DRz3, URz1, t/m URz5). Het zand is deels gestuwd (DTc).

### *Eerste scheidende laag:*

Hieronder bevindt zich een ca. 20 - 30 m. dikke slecht doorlatende kleilaag behorende tot de formatie van Waalre (legenda-eenheid wak1).



#### *Tweede watervoerende pakket:*

Op een diepte van ca. 45-60m. onder maaiveld begint het tweede goed doorlatende watervoerende pakket (Peize-Waalre zanden).

#### *Stromingsrichting van het grondwater:*

De stromingsrichting van het grondwater in het eerste watervoerende pakket kan worden afgeleid van het isohypsenpatroon (zie Bijlage 4). De stromingsrichting staat loodrecht op het isohypsenpatroon en is op de isohypsenkaart globaal aangegeven met gestippelde lichtblauwe stroompijlen.

### 3.3 Invloed van de grondwaterwinning La Cabine

Vitens Pompstation La Cabine bevindt zich ca. 2 km bovenstrooms van de drooggevallen sprengkoppen van de Papiermolenbeek. Ter plaatse van dit pompstation wordt al vanaf 1910 grondwater opgepompt ten behoeve van de drinkwatervoorziening in de omliggende dorpen en steden. De winning nam in de periode 1910 tot 1970 toe van ca. 1 mln m<sup>3</sup>/jaar tot ca. 9 mln m<sup>3</sup>/jaar (zie Figuur 2). In de jaren hierna is de grootte van de winning behoudens enige fluctuaties min of meer op dit niveau gebleven.



Figuur 2: Hoeveelheden opgepompt ruwwater winning La Cabine (bron: Vitens).

Uit het isohypsenpatroon dat is getoond in Bijlage 4 kan worden afgeleid dat de grondwaterwinning door Vitens bij La Cabine een onttrekkingskegel veroorzaakt in het isohypsen patroon. Regenwater dat op de daluitspoelingswaaier in de bodem infiltreert, stroomt radiaal richting de putten van het drinkwaterbedrijf.

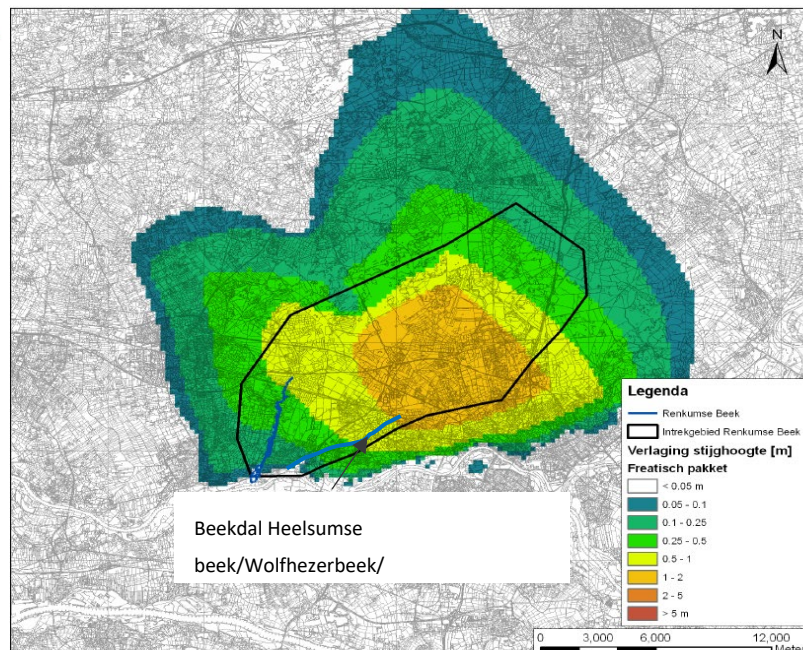
Op basis van het isohypsenpatroon lijkt de grondwaterscheiding tussen de onttrekkingskegel van La Cabine zich enige honderden meters ten oosten van de Wolfhezerweg te bevinden, net ter hoogte van de hoogste sprengkoppen van de Papiermolenbeek. De grondwaterscheiding is op de isohypsenkaart in Bijlage 4 indicatief geschetst met een rode stippellijn. De getekende grondwaterscheiding is gebaseerd op de peilmeting in een zeer beperkt aantal grondwaterpeilbuizen, en is dus zeer indicatief.

Pompstation La Cabine wint grondwater uit het tweede watervoerende pakket, dat zich onder de Waalre klei bevindt (Arcadis, 2011). Modelberekeningen door Arcadis indiceren een verlaging van de grondwaterstand aan

de kop van de Papiermolenbeek van ca. 1 m. ten gevolge van deze winning (zie Figuur 2). De Papiermolenbeek is mede hierdoor volledig drooggevallen. Pas ter hoogte van de huidige sprengkop van de Heelsumse beek is er sprake van een stromende beek. Arcadis heeft op dit punt een verlaging van ca. 0,5 m. berekend.

**Figuur 3.12**

Verlaging van stijghoogte in het freatische watervoerende pakket, ten gevolge van de drinkwaterwinning 'la Cabine'.



*Figuur 3: Verlaging stijghoogte (m) van het freatisch pakket ten gevolge van de grondwaterwinning La Cabine (Arcadis, 2011).*

## 3.4 Overige oorzaken van de lage grondwaterstand

Naast de invloed van de winning van grondwater door Vitens bij pompstation La Cabine, wordt bij de benedenloop van de Heelsumse en Renkumse beek door Vitens grondwater gewonnen door de winning Wageningen.

Daarnaast wordt ten behoeve van de papierproductie grondwater gewonnen door de papier- en kartonfabriek Parenco.

Ook zijn er in de omgeving kleinere grondwaterwinningen aanwezig.

Tot slot is de grondwaterstand op de gehele Veluwe gedaald als gevolg van de toegenomen verdamping door de aanplant van vooral naaldbossen.

## 3.5 Sprengbeken in het Heelsums beekdal

*Van natuurlijke beken tot gegraven sprengbeken:*

De beekdalen van de Heelsumse en Renkumse beken werden in het verleden gevoed door grondwater, dat vanuit de Veluwe opwilde in de lager gelegen beekdalen. Door bebossing van de Veluwe, onttrekking van grondwater en ontwatering van de gebieden rondom de Veluwe daalde de grondwaterstand en viel de kwelstroom weg. De natuurlijke beken werden gebruikt voor de voeding van watermolens (Menke, Renes, & red., 2007). Om voldoende aanvoer van stromend beekwater te houden werden de natuurlijke beken uitgediept tot sprengbeken.

### *Huidige sprengbeken*

In het Heelsums beekdal is er sprake van 4 parallel gelegen beeklopen (zie de kaart in Bijlage 6):

- Heelsumse beek
- Papiermolenbeek
- Wolfhezerbeek
- Rondeelbeek

### *Heelsumse beek:*

De Heelsumse beek bevindt zich aan de zuidoostflank van het beekdal en is de enige watervoerende sprengbeek. De Heelsumse beek ontspringt in de Wolfhezerheide dicht onder de zuidoostflank van de stuwwal van Doorwerth en Oosterbeek. De Heelsumse beek heeft met name aan de zuidoostzijde een aantal grotere en kleinere goed waterleverende sprengkoppen, die vooral water ontvangen uit de aangrenzende hoger gelegen stuwwal.

### *Papiermolenbeek:*

Ten noordwesten van de Heelsumse beek bevindt zich een tweede sprengbeek: de Papiermolenbeek. Deze spreng is ter hoogte van de Heelsumse heide minder diep uitgegraven dan de Heelsumse beek en staat daardoor de afgelopen jaren geheel droog. De Papiermolenbeek is de langste spreng in dit deel van het beekdal.

De Papiermolenbeek ontspringt in drie zeer diepe sprengkoppen in de Wolfhezerbossen ten noordoosten van de Wolfhezerweg. Deze sprengbeken zijn al lange tijd niet meer geschoond, waardoor er een dik pakket beukenblad en naalden is opgehoopt. In natte jaren is het bladpakket nat, wat er op duidt dat het grondwater zich in natte jaren vlak onder het opgehoopte bladpakket bevindt.

De Papiermolenbeek en zijkoppen worden ten zuidwesten van Wolfhezerweg geschoond door de vrijwilligersgroep van de IVN werkgroep Beken en Sprengen. Ten westen van de Wolfhezerweg bevinden zich een drietal diepe zijsprengbeken, die in de afgelopen jaren soms nat of zelfs watervoerend waren. De Papiermolenbeek zelf is ten westen van de Wolfhezerweg soms kort watervoerend. Er loopt een wandelpad langs de Papiermolenbeek, maar helaas is er niet langer sprake van stromend water in de beek zelf.

De Papiermolen ontving ter hoogte van de brug van de Oude Kloosterweg water via de noordoostelijke bermsloot van de Oude Kloosterweg water uit de Heelsumse beek. Deze aanvoer is de laatste jaren drooggevallen. Net ten noorden van de sprengkop van de Heelsumse beek bevindt zich een dam in de Papiermolenbeek waarmee wordt getracht om zo lang mogelijk (stilstaand) water in de Papiermolenbeek vast te houden. Het tracé ten westen van de dam wordt niet meer onderhouden. De Papiermolenbeek eindigt tegenwoordig vlak voor het weiland van de boerderij Kabeljauw.

### *Wolfhezerbeek:*

De Wolfhezerbeek ontsprong in twee lange sprengkoppen in het Wolfhezerbos tussen de Wolfhezerweg en Oude Kloosterweg, die vandaag de dag in natte winters nog watervoerend en stromend zijn. Deze sprengkoppen worden door vrijwilligers tot aan de duiker bij het Kousenhuisje goed schoon gehouden. De beek stroomde vervolgens op korte afstand parallel aan de Papiermolenbeek naar het zuidwesten. Bij de Oude Kloosterweg en Kousenhuisje stroomde het water van de Wolfhezerbeek via de oostelijke bermsloot van de Oude Kloosterweg in de Papiermolenbeek. Benedenstrooms van het Kousenhuisje bevindt zich nog een derde grote sprengkop die altijd droog staat. Dit deel van de Wolfhezerbeek wordt goed onderhouden door de IVN Werkgroep Beken en Sprengen en was in natte winters watervoerend.

Benedenstrooms van de Oude Kloosterweg wordt de Wolfhezerbeek niet meer onderhouden en staat vrijwel altijd droog. In het bosgebied ten westen van de Oude Kloosterweg buigt de loop van de droge Wolfhezerbeek

noordwaarts en werd hier gevoed door een vrij lange diepe drooggevallen sprengbeek. Ter hoogte van het Rondeel werd de Wolfhezerbeek beek in het verleden gevoed door een lange sprengbeek: de Rondeelbeek. Vanaf dit punt buigt de loop van de Heelsumse beek scherp naar het zuidwesten, waarbij de beek ter hoogte van de Wolfhezerheide parallel aan de Papiermolenbeek westwaarts stroomde. Vanaf dit punt is er sprake van drie parallelle lopen: De Heelsumse beek in het zuiden, de Papiermolenbeek en ten slotte de Wolfhezerbeek aan de noordzijde van het diepste deel van het beekdal. De Wolfhezerbeek beek stroomde in het verleden naar het westen naar de watermolen in de Kabeljauw. De loop buigt nu ten oosten van de Kabeljauw zuidwaarts waar deze uitstroomde in de Heelsumse beek.

#### *Rondeelbeek:*

De lange diepe sprengbeek, die ter hoogte van het Rondeel in de Wolfhezerbeek beek uitstroomde, wordt de Rondeelbeek genoemd. Deze sprengbeek ontsprong in het bosgebied ten oosten van de Oude Kloosterweg. De Rondeelbeek is ten oosten van de Oude Kloosterweg gedempt. Vroeger bevond zich hier een voorde of brug.

#### *Sprengbeken aan het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw:*

Het hierboven beschreven stelsel van sprengbeken was aan het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw al volledig aanwezig en stromend (zie de historische topografische kaart in Bijlage 7). Opvallend is dat bovenstrooms van de huidige diep uitgegraven sprengkoppen van de Papiermolenbeek nog restanten aanwezig zijn van een nog oudere bovenloop. Volgens de Bekenstichting bevinden zich onder de spoorlijn nog duikers om beekwater ten noordoosten van de spoorlijn af te voeren richting de Papiermolenbeek (Bekenstichting, sd). Door de daling van de grondwaterstand in de Veluwe en winning van grondwater door La Cabine is de grondwaterstand hier sinds die tijd meters gedaald!

## 4 Opzet van het meetnet

Op de kaarten in Bijlage 8 en 9 wordt de ligging getoond van de bestaande (deels verdwenen) peilbuizen in het Heelsums beekdal en de in het kader van dit onderzoek geplaatste nieuwe peilbuizen.

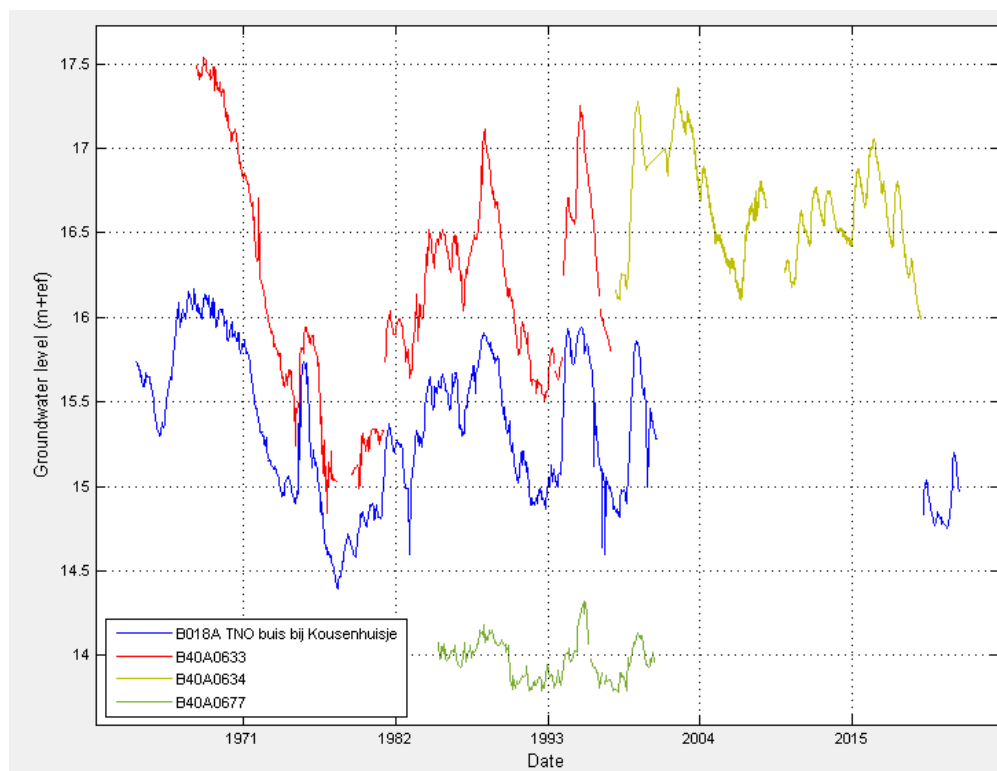
### 4.1 Oude meetreeksen in het beekdal

De in het beekdal aanwezige peilbuizen met langjarige oude meetreeksen worden getoond in Tabel 1.

Tabel 1: Meetpunten met oude meetreeksen

meetpunt	Locatie	Toelichting
B40A0295	Bosgebied ten zuiden van Wolfhezer heide	
B40A0355-1	Talud Papiermolenbeek bij Kousenhuisje	3 filters
B40A0677	Bos ten oosten van weiland Kabeljauw	Oude meetpunt B011
B40A0633	Bos bij oostelijke sprengkop Papiermolenbeek	Vitens
B40A0634	Bos bij noordoostelijke sprengkop Papiermolenbeek	Vitens

De gemeten grondwaterstanden in deze meetpunten worden getoond in Figuur 2<sup>1</sup>.



Figuur 4: Langjarige meetreeksen van de grondwaterstand in het Heelsums beekdal: B40A0633 (rood) en B40A0634 (lichtpaars) bevinden zich bij de sprengkoppen van de Papiermolenbeek; B40A0335 is de peilbuis met drie filters bij de Papierbeek ter hoogte van de brug van de Oude Kloosterweg (donkerblauw); B40A0677 bevindt zich enige meters ten noorden van de Heelsumse beek ten westen van het weiland Kabeljauw.

<sup>1</sup> Om de grafiek overzichtelijk te houden is meetreeks B40A0295 niet afgebeeld.



*Meetpunt B40A0355 met drie filters bij het Kousenhuisje:*

Het oudste meetpunt bevindt zich in het hart van het beekdal in het talud van de Papiermolenbeek bij de brug van de Oude Kloosterweg bij het Kousenhuisje. Dit oude meetpunt bestaat uit 3 filters op verschillende diepten in het eerste watervoerende pakket.

Filter:	Filterdiepte in m. maaiveld	Nieuwe code
1	1,93 – 2,93	B018A
2	24,86 - 25,86	B018B
3	37,01 - 38,01	B018C

Het meetpunt wordt sinds 1963 afgelezen. Helaas zijn de metingen in 2000 gestopt. In 2020 is dit meetpunt door de vrijwilligers en Karel Hanhart weer open gezaagd, opnieuw ingemeten ten opzichte van NAP en is dit meetpunt als peilbuizen B018A, B018B en B018C opgenomen in het nieuwe meetnet van het Heelsums beekdal dat nu door de vrijwilligers wordt gepeild.

*B40A0633 en B40A0634 aan de kop van de Papiermolenbeek:*

Aan kop van de Papiermolen bevinden zich twee peilbuizen met langjarige meetreeksen: B40A0633 en B40A0634. B40A0633 heeft een zeer lange meetreeks van 1967 tot 1997. B40A0634 heeft eveneens een lange meetreeks van 1997 tot heden. Helaas bevinden de buizen zich niet op dezelfde locatie zodat zij niet onderling geheel vergelijkbaar zijn.

*B40A0677 op de grens van het natuurgebied en landbouwgronden van de Kabeljauw:*

Aan de westgrens van het natuurgebied Heelsums beekdal bevindt zich een peilbuis die, evenals de peilbuizen bij het Kousenhuisje, zijn gepeild in de periode 1985-2000. Dit meetpunt is destijds opgenomen in het meetnet van Natuurmonumenten (B011).

## 4.2 Oude meetnet Natuurmonumenten

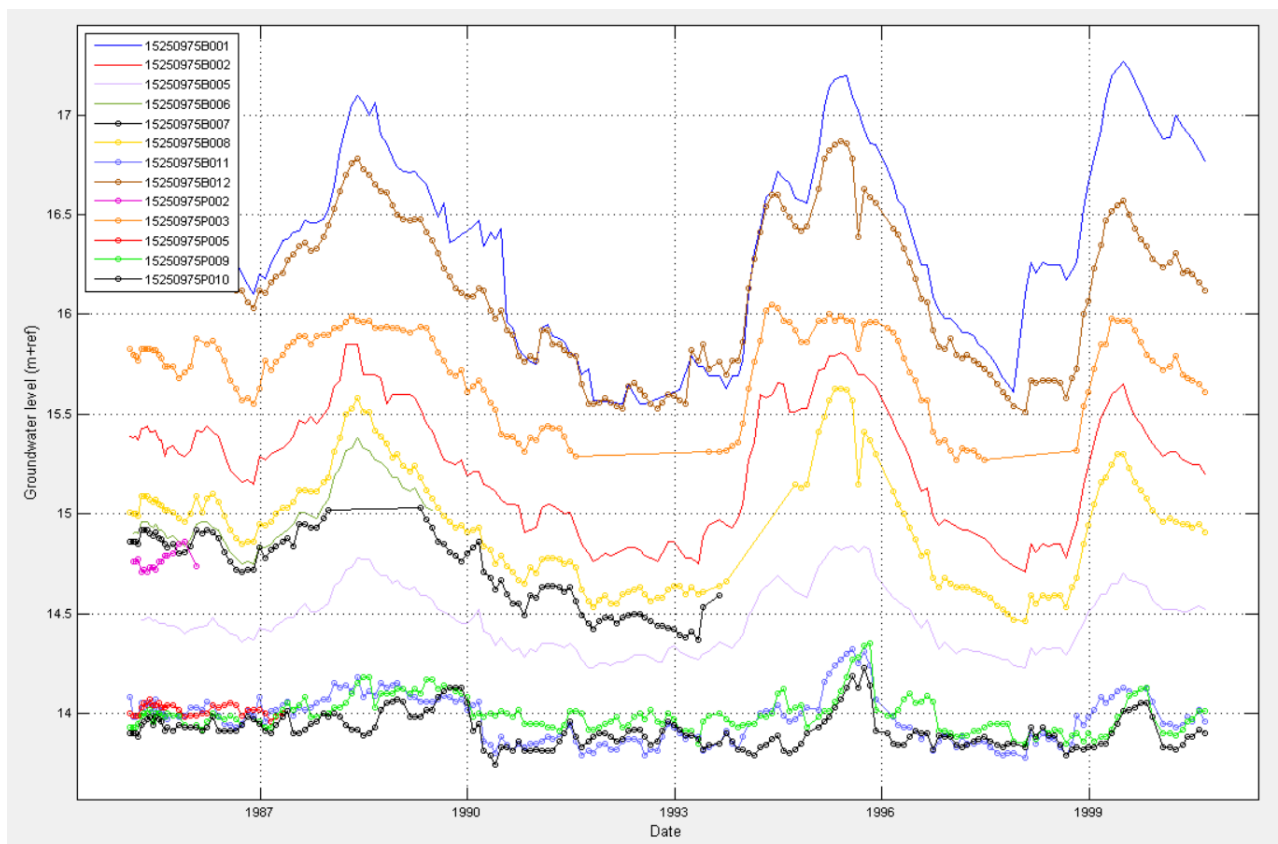
In de periode van 1985 tot 2000 is de grond- en oppervlaktewaterstand in het beekdal door Natuurmonumenten op verschillende locaties gemeten (zie Tabel 2). Om de continuïteit van dit oude meetnet zoveel mogelijk te waarborgen zijn door de Werkgroep en Eelerwoude in 2020 op 4 locaties van het oude meetnet nieuwe peilbuizen geplaatst (zie Tabel 2). Ook wordt de meting van het waterpeil van de Heelsumse beek op twee locaties voortgezet door het inmeten van nieuwe meetpunten op de bovenkant van de houten heidebrug en bosbrug: P030 en P032.

*Tabel 2: Meetpunten oude meetnet Natuurmonumenten (1985-2000) en nieuw geplaatste peilbuizen om de meetreeksen voort te zetten.*

Oude meetpunt	Locatie	Nieuwe meetpunt
B001	Pad bij meest noordoostelijke sprengkop Papiermolenbeek	
B002	Bij poel achter de werkkeet van de Bekengroep	B015
P002	Poel achter Werkkeet Bekengroep	
P003	Samenstroming dubbele sprengkop Heelsumse beek	B035
B005	Talud sprengkop Heelsumse beek	B017
P005	Sprengkop Heelsumse beek	

B006	Ten zuiden van Papiermolenbeek, ca. 100 m. ten oosten van sprengkop Heelsumse beek	
B007	Papiermolenbeek 70 m. voor instroming Rondeelbeek	
B008	Heide ten noorden van Rondeelbeek	B016
P009	Heelsumse beek bij heidebrug	P030
P010	Bruggetje over Heelsumse beek bij bosrand Kabeljauw	P032
B011	Bosrand Kabeljauw (B40A0677) ten noorden van Heelsumse beek	
B012	Lijkt zelfde locatie als B001	
P901	Meest oostelijke sprengkop Papiermolenbeek	

De in deze periode door Natuurmonumenten gemeten peilen zijn weergegeven in Figuur 3.



Figuur 5: Meetreeksen oude meetnet Natuurmonumenten

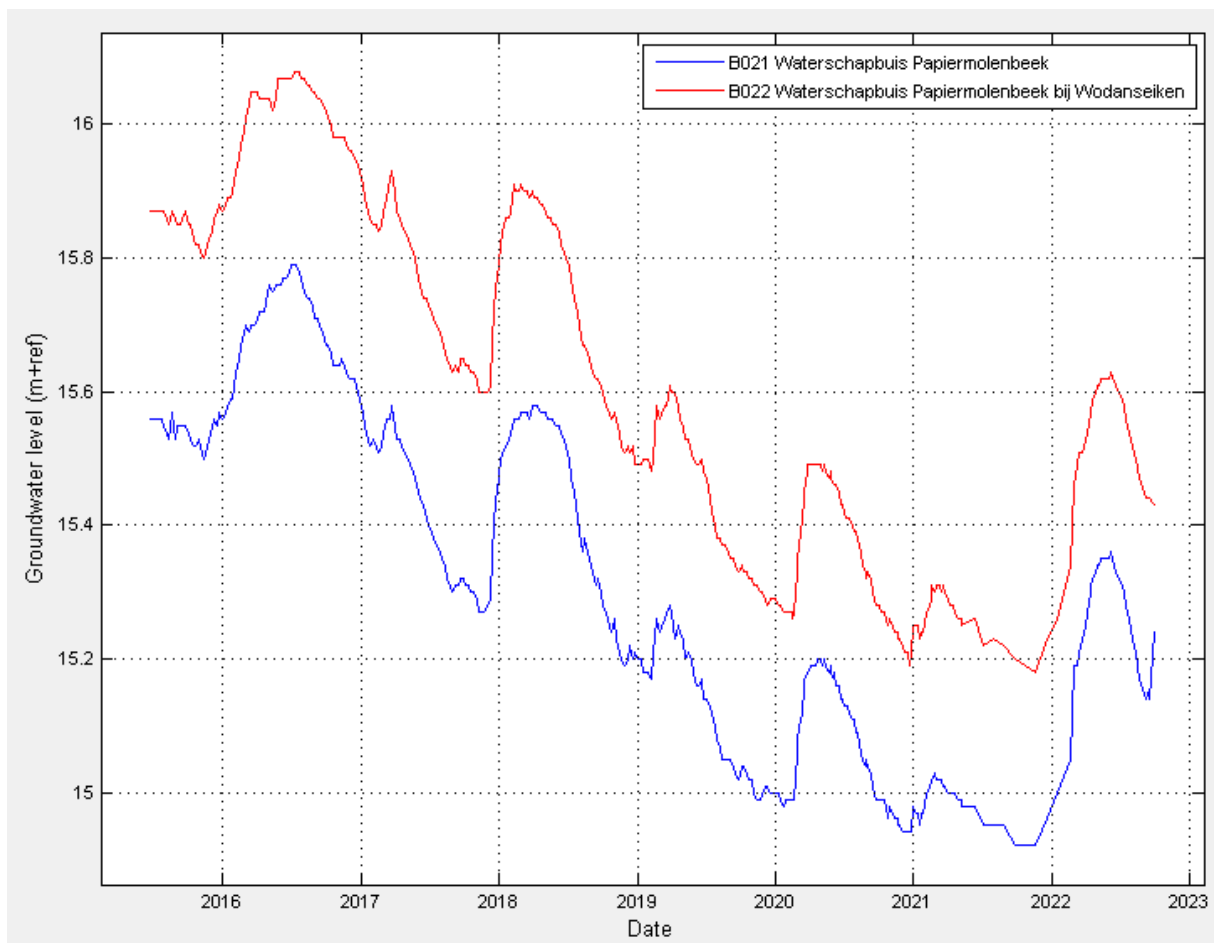
## 4.3 Peilbuizen Waterschap Vallei en Eem

In 2015 heeft het waterschap Vallei en Veluwe twee peilbuizen aangebracht in de Papiermolenbeek ter hoogte van de Wodanseiken: P1 en P2. Deze peilbuizen zijn in de periode van 2015 tot heden gemepeild door Gert Kreggenmeijer. Deze twee meetreeksen zijn waardevol, omdat zij een deel van het gat in de meetreeksen vult tussen het stoppen van het oude meetnet van NM en TNO in 2000 en de installatie van het nieuwe meetnet in 2020. Deze bestaande buizen zijn als meetpunten B022 en B021 opgenomen in het nieuwe meetnet (zie Tabel 3).

Tabel 3: Meetpunten Waterschap Vallei en Veluwe

Oude meetpunt	Locatie	Nieuwe meetpunt
P1	Papiermolenbeek, bij de Wodanseiken	B022
P2	Papiermolenbeek, ca. 93 m. ten oosten van de brug van de Oude Kloosterweg	B021

De gemeten grondwaterpeilen zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 6: Door Gert Kreggenmeijer en Werkgroep gemeten waterstanden bij peilbuizen B021 (P2, in de bodem van de Papiermolenbeek op ca. 90 m. ten oosten van de brug van de Oude Kloosterweg) en B022 (P1; in de Papiermolenbeek bij de Wodanseiken)

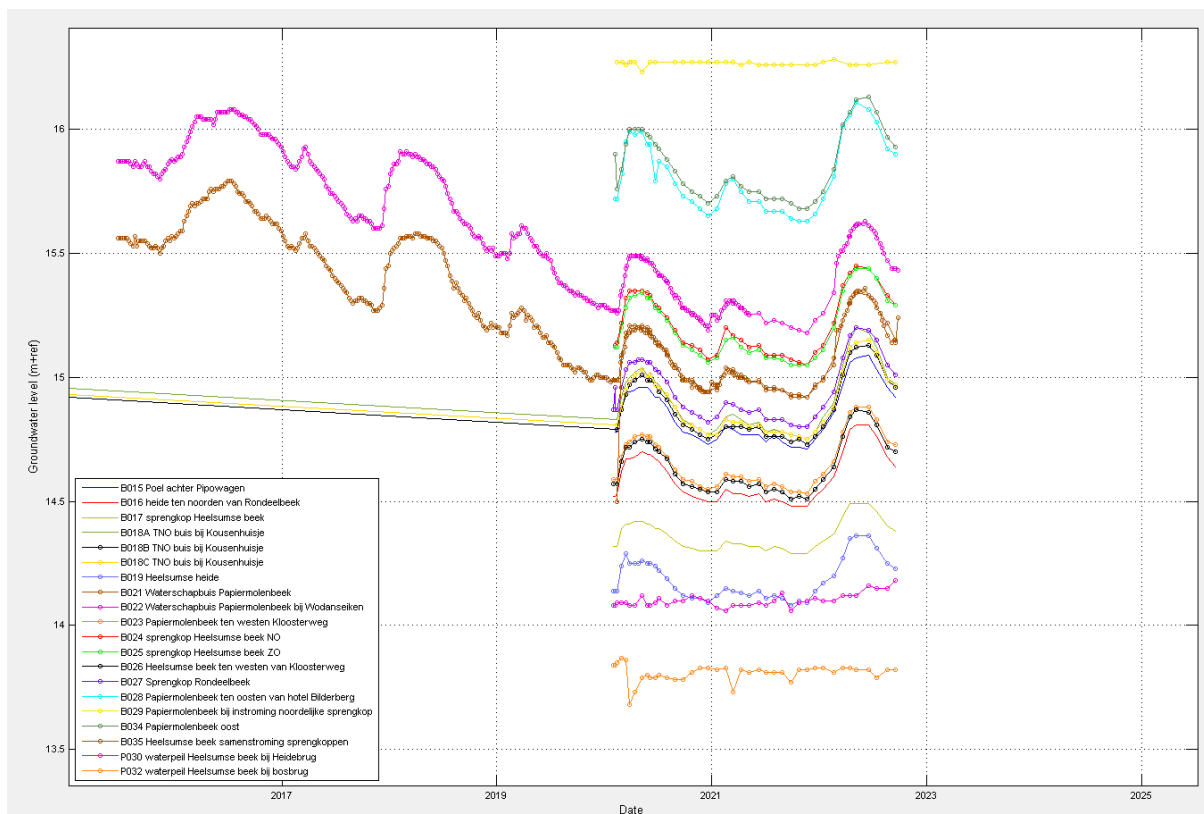
## 4.4 Nieuwe meetnet beekdal van de Heelsumse beek

In december 2019-januari 2020 zijn in het beekdal van de Heelsumse beek door de Werkgroep Stromende beken en Eelerwoude 17 nieuwe meetpunten geïnstalleerd. De locatie en het meetdoel van de nieuwe meetpunten is toegelicht in Tabel 4.

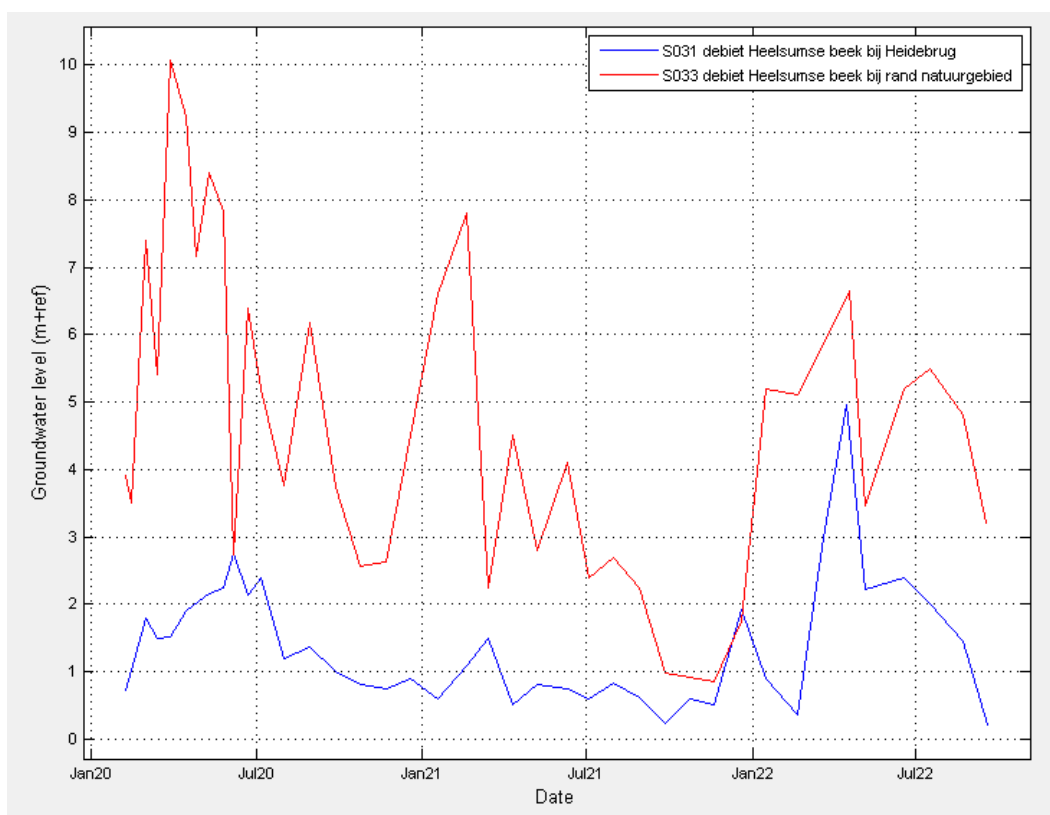
Tabel 4: Meetpunten nieuwe meetnet. De geel gearceerde meetpunten zijn een voortzetting van oudere meetreeksen en dus extra waardevol.

Nieuw meetpunt	Locatie	Meetdoel
B015	Poel achter Werkkeet Bekengroep	Voortzetting oude meetpunt B002
B016	Heide ten noorden van Rondeelbeek	Voortzetting oude meetpunt B016
B017	Talud sprengkop Heelsumse beek	Voortzetting oude meetpunt B005
B018ABC	Talud Papiermolenbeek bij brug Oude Kloosterweg	Voortzetting oude meetpunt B018A
B019	Vochtige heide ten noorden van Papiermolenbeek	Droogtegevoelige landnatuur
B021	Papiermolenbeek ten oosten van Oude Kloosterweg (oude P2 waterschap)	Herstel drooggevallen spreng en voortzetting meetreeks P2
B022	Papiermolenbeek bij Wodanseiken (oude P1 waterschap)	Verdroging Wodanseiken, herstel drooggevallen spreng en voortzetting meetreeks P2
B023	Papiermolenbeek ten westen van Oude Kloosterweg	Herstel drooggevallen spreng
B024	Heelsumse beek – noordoostelijke sprengkop	Herstel drooggevallen spreng
B025	Heelsumse beek – zuidoostelijke sprengkop	Herstel drooggevallen spreng
B035	Heelsumse beek – samenstroming NO en ZO sprengkop	Herstel drooggevallen spreng
B026	Heelsumse beek – ten westen van Oude Kloosterweg	Herstel drooggevallen spreng
B027	Rondeelbeek – sprengkop	Herstel drooggevallen spreng
B028	Papiermolenbeek – ten oosten van hotel Bilderberg	Herstel drooggevallen spreng
B029	Papiermolenbeek – bij instroming noordelijke sprengkop	Herstel drooggevallen spreng
P030	Heelsumse beekpeil vanaf heidebrug	Droogtegevoelige natuur en voortzetting oude meetpunt P009
S031	Heelsumse beek – debietschatting bij Heidebrug	Droogtegevoelige natuur
P032	Heelsumse beekpeil vanaf bosbrug bij Kabeljauw	Droogtegevoelige natuur en voortzetting oude meetpunt P010
S033	Heelsumse beek – debietschatting bij bosbrug Kabeljauw	Droogtegevoelige natuur

De in deze periode gemeten grondwaterstanden, beekpeilen van de Heelsumse beek en geschatte debieten van de Heelsumse beek zijn weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6.



**Figuur 7: Meetreeksen nieuwe meetnet: B15 t/m B35 en P030 en P032. De rechte lijnen in de meetreeksen van B018A, B018B en B018C zijn geen metingen**



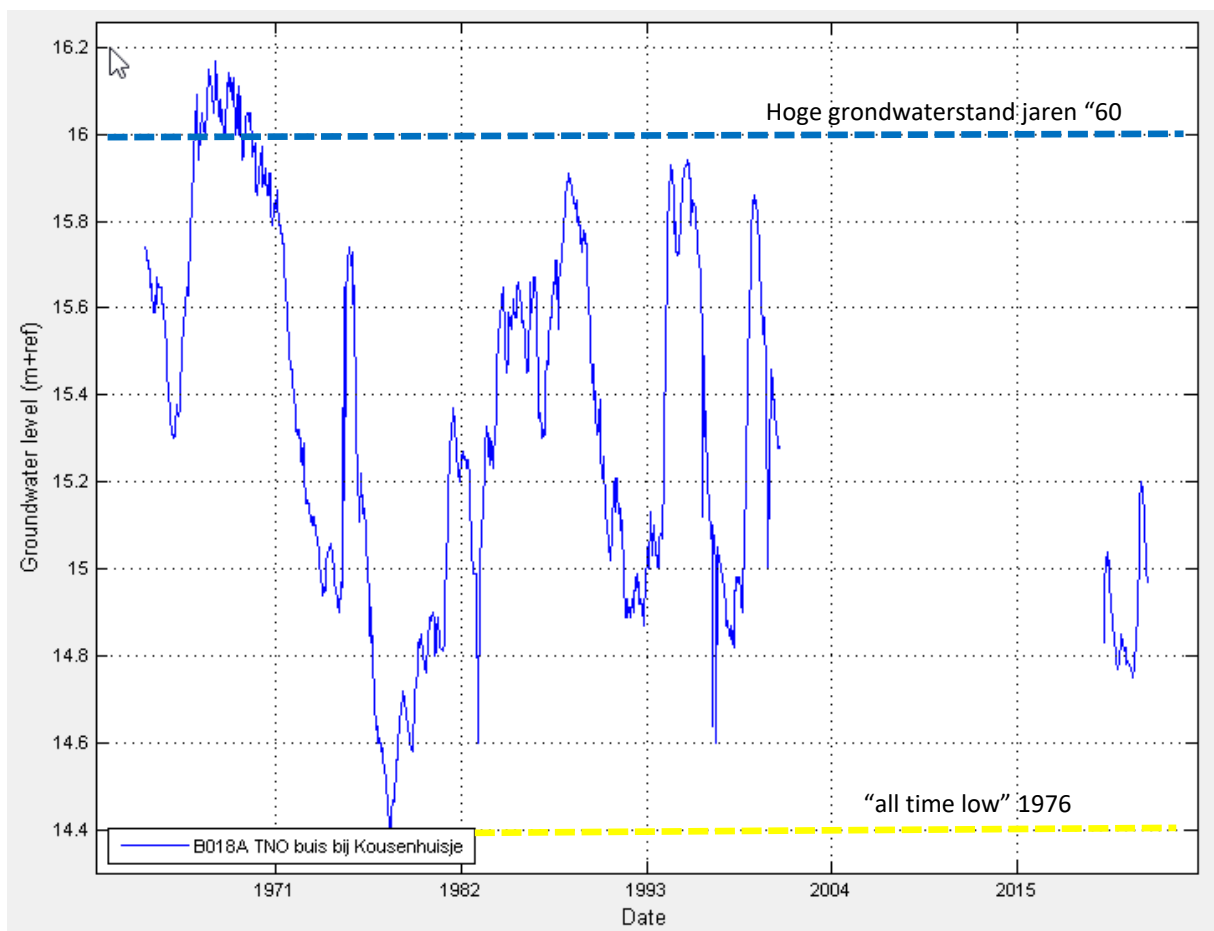
**Figuur 8: Nieuw meetnet Natuurmonumenten: debietschatting van de Heelsumse beek bij de heidebrug (S031) en bij de bosbrug bij Kabeljauw (S033) in liters/minuut**



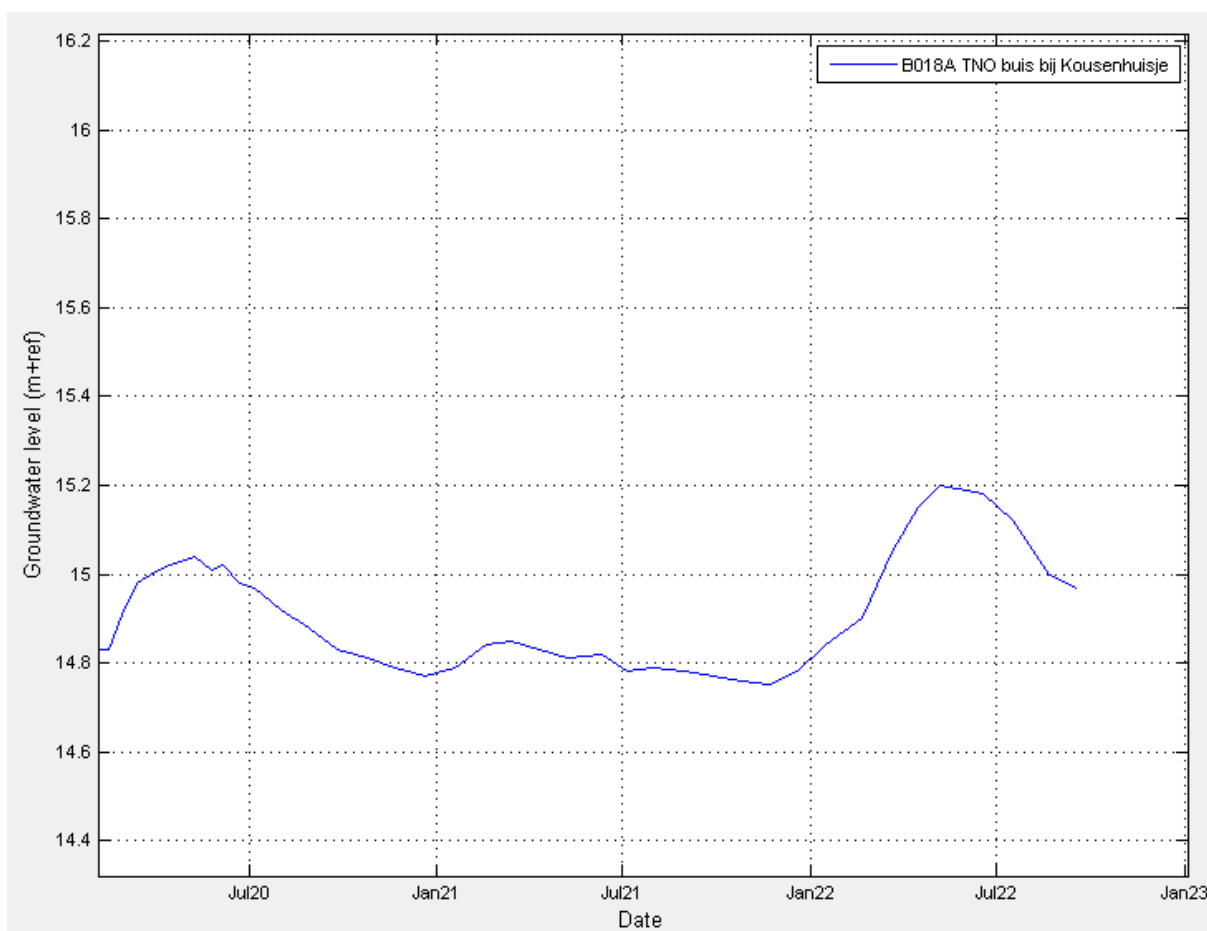
# 5 Langjarig peilverloop van de grondwaterstand

## 5.1 Peilverloop TNO peilbuis B40A0355-1 (B018A in het nieuwe meetnet)

Het langjarig peilverloop van de TNO peilbuis B40A0355-filter 1 (B018A in het nieuwe meetnet) is weergegeven in Figuur 7. Het peilverloop na hervatting van de metingen in 2020 is in meer detail weergegeven in Figuur 8.



Figuur 9: Peilverloop TNO peilbuis B40A0355- filter 1 (B018A in het nieuwe meetnet) in het talud van de Papiermolenbeek ter hoogte van de brug van de Oude Kloosterweg



Figuur 10: Peilverloop B40A0355 (B018A in het nieuwe meetnet) ingezoomd vanaf de hervatting van de peilingen in januari 2020.

Het volledige peilverloop sinds het begin van de metingen in de jaren '60 van de vorige eeuw is samengevat in Tabel 5.

Tabel 5: Langjarig peilverloop peilbuis B40A0355 (B18A) in het talud van de Papiermolenbeek bij de brug van de Oude Kloosterweg

Periode	Grondwaterpeil m. +NAP	Verskil t.o.v. tweede helft jaren '60 (m.)
<b>Oude meetreeks TNO buis:</b>		
Tweede helft jaren '60	16,0	0
Droge periode in jaren '70	14,4	-1,6
Jaren '80	15,6	-0,4
Droge delen jaren '90	14,9	-1,1
Begin jaren '00	15,5	-0,5
<b>Hervatting metingen in 2020</b>		
Januari 2020	14,8	-1,2
Mei 2020	15,0	-1,0
December 2020	14,77	-1,23
Maart 2021	14,85	-1,15
November 2021	14,75	-1,15
Mei 2022	15,2	-0,8
Huidig peil september 2022	15,0	-1,0

## 5.2 Periode 1985 - 2000

### *Tweede helft jaren '60 van de vorige eeuw:*

In de tweede helft van de jaren '60 was er sprake van een relatief hoog peil van het Veluwe-systeem van ca. 16,0 m. +NAP. Doordat het waterpeil van de Papiermolenbeek wordt gevoed door het grondwater, kan worden afgeleid dat de beek toen zeer goed gevuld moet zijn geweest. De maaiveldhoogte bedraagt op deze locatie 16,5 m. +NAP. Het beekpeil stond toen slechts een halve meter onder het maaiveld. Deze meting komt daarom overeen met postkaarten en schilderijen uit deze periode. Dit peil van 16,0 m. +NAP wordt daarom in de onderstaande tekst aangeduid als referentiepeil van een goed gevuld Veluwe-systeem.

### *Droogte in de jaren '70 van de vorige eeuw:*

In de extreem droge jaren '70 van de vorige eeuw daalde de grondwaterstand van het Veluwe-systeem tot een alarmerend laag peil van 14,4 m. +NAP ofwel 1,6 m. lager dan het referentiepeil uit de jaren '60. Bij dit peil moet de Papiermolenbeek droog hebben gestaan.

### *Natte perioden in de jaren '80 en jaren '90 van de vorige eeuw:*

Gelukkig steeg de grondwaterstand in de jaren '80 en natte perioden in de jaren '90 onder invloed van een serie natte jaren tot een peil van ca. 15,6 m. +NAP. De jaren '90 waren echter wisselvallig: na een aantal zeer droge jaren daalde de grondwaterstand in de jaren '96 en '97 tot 14,9 m. +NAP.

## 5.3 Periode 2020 - 2022

### *Januari 2020:*

Toen de metingen van meetpunt B018A januari 2020 werden hervat werd een grondwaterstand van 14,8 m. +NAP gemeten. Dit was maar liefst 1,2 m. lager dan het waterpeil in de natte jaren '60. Dit zeer lage peil was echter nog steeds 40 cm hoger dan het *all time low* in de jaren '70 van 14,4 m. +NAP.

### *Peilstijging tot mei 2020:*

Onder invloed van de winterse neerslag in 2020 steeg de grondwaterstand in mei 2020 tot een peil van 15,0 m. ofwel 1 m. onder het referentieniveau van de natte jaren '60 van de vorige eeuw. De peilers van de Werkgroep waren op dat moment vrij positief over de herstelkansen van delen van de drooggevallen Papiermolenbeek, Heelsumse beek en Rondeelbeek. Met name de sprengkoppen in de Heelsumse beek begonnen weer vol te stromen en waren tot aan de samenkomst bij peilbuis B035 watervoerend.

### *Daling van de grondwaterstand tot november 2020:*

Vanaf mei 2020 was het effect van de winterse neerslag in 2020 echter uitgewerkt en daalde de grondwaterstand geleidelijk tot in december 2020 een peil van 14,77 te bereiken.

### *Stijging van de grondwaterstand tot maart 2021 en daling tot november 2021:*

De winterse neerslag van de winter van 2020/2021 had vrijwel geen effect op de grondwaterstand: in maart 2021 steeg de grondwaterstand slechts 10 cm tot 14,85 m. +NAP. De winterse piek was zeer klein: slechts 8 cm.

Vanaf maart 2021 daalde de grondwaterstand in 2021 weer om tot aan in november 2021 een zorgwekkend laag peil van 14,75 m. +NAP te bereiken. Op dit moment vreesden de peilwaarnemers dat het peil in twee tot drie jaar nog 35 cm verder zou zakken om dan het *"all time low"* van 14,4 m. uit de jaren '70 te bereiken.

### *Stijging van de grondwaterstand tot mei 2022:*

Na het laagste peil in november 2021 te hebben bereikt, steeg de grondwaterstand net als in de winter van 2020/2021 weer geleidelijk. In de laatste week van februari 2022 viel er in de Sandr-vlakte rondom het beekdal echter een extreme hoeveelheid regen van ca. 200 mm. Door deze extreem grote neerslaghoeveelheid raakte de bovengrond in de Sandr-vlakte verzadigd met water en sijpelde een aanzienlijke hoeveelheid regenwater door naar het grondwater. Onder invloed van deze extreme neerslag steeg de grondwaterstand na februari versneld door om in mei 2022 een piek van 15,2 m. +NAP te bereiken. De winterse piek bedroeg dit jaar 35 cm!

*Daling van de grondwaterstand tot september 2022:*

De zomer van 2022 was evenals die van 2018 t/m 2020 extreem droog. Onder invloed van het neerslagtekort daalde de grondwaterstand in de zomer van 2022 weer tot in september 2022 een peil van ca. 15,0 m. is bereikt.

## 5.4 Wat was de invloed van extreme neerslag op de winterse peilstijgingen in de meetperiode 2000 t/m 2022?

*Leeglopen van het Veluwe-grondwatersysteem in droge en normale jaren:*

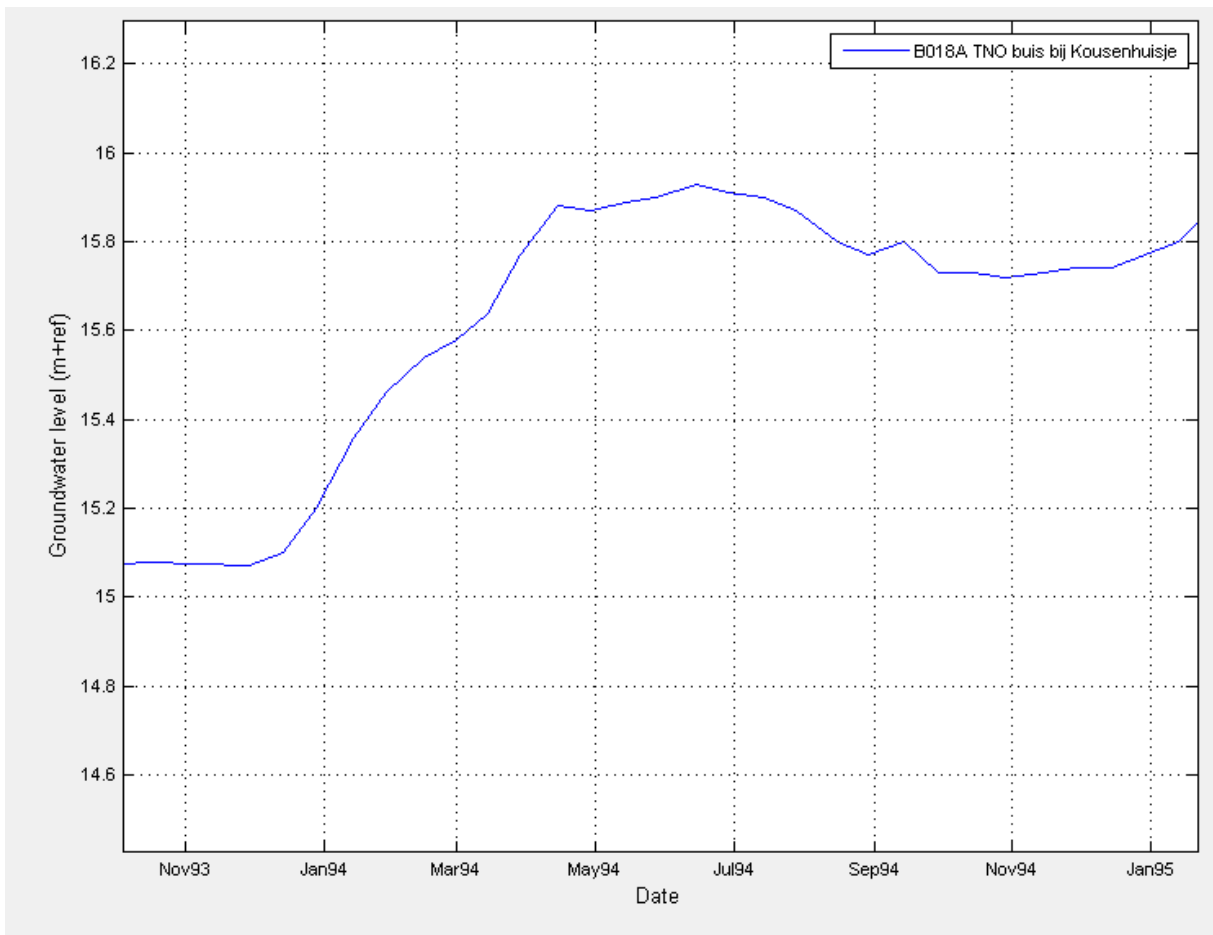
Het langjarig peilverloop in meetpunt B40A0355/B018 laat zien dat het Veluwe-systeem in normale en droge jaren geleidelijk leegloopt. In natte jaren blijft het grondwaterpeil enigszins op peil.

*Optreden van pieken in het peilverloop van de grondwaterstand:*

Echter in korte natte perioden kan de grondwaterstand in korte tijd weer stijgen.

Een voorbeeld hiervan is de peilstijging na de extreme neerslag van 190 mm die vrijwel geconcentreerd in de laatste week van februari 2022 is gevallen. Na deze neerslag was er sprake van een winterse piek in het peilverloop van de grondwaterstand van 35 cm, die doorzette tot in mei. In de min of meer normale winter van 2020/2021 bedroeg de stijging slechts 8 cm. Deze stijging stopte al in maart.

Een extreem voorbeeld van een peilstijging na extreme neerslag was de winter van 1993/1994 waarin de grondwaterstand een stijging van 80 cm vertoonde (zie Figuur 9). Deze peilstijging maakte een einde aan de droge periode die hieraan vooraf ging. In de winter van 1997/1998 vond een soortgelijke stijging plaats van 80 cm. Deze voorbeelden geven aan dat extreme winterse neerslagperioden er voor kunnen zorgen dat het Veluwe-systeem zich redelijk snel kan vullen. Het optreden van deze extremen is echter onvoorspelbaar, zoals de extreme neerslag in Limburg en omgeving afgelopen jaar liet zien.



*Figuur 11: Extreme peilstijging van de grondwaterstand van 80 cm in de winter van 1993/1994*



# 6 Herstelkansen droogtegevoelige natuur

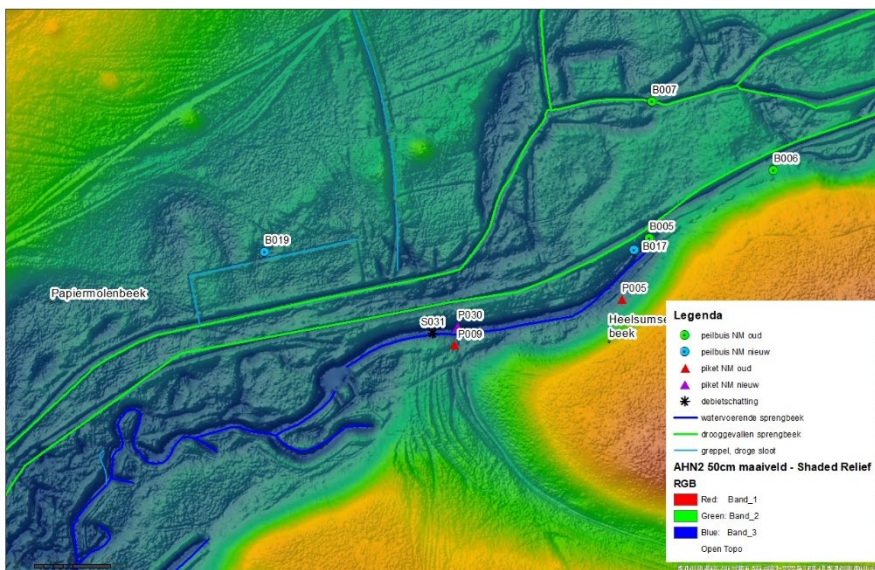
Natuurmomenten heeft in de persoon van Ellen ter Stege aangegeven dat de natuurwaarden in het hele beekdal van de Heelsumse beek onder druk staan van verdroging. Om een beter beeld te krijgen van de ernst van de verdroging zijn op drie locaties nieuwe peilbuizen geplaatst:

- B019 voorheen vochtige tot natte delen van de Heelsumse heide
- B023 Vochtige laagte bij bron Heelsumse beek
- B022 Wodanseiken

De gemeten grondwaterstanden op deze drie locaties wordt in onderstaande paragrafen nader toegelicht.

## 6.1 Vochtige delen Wolfhezerheide

In Figuur 10 is te zien dat er in de Wolfhezerheide ten noorden van de drooggevallen Wolfhezerbeek een slenkenpatroon aanwezig is, dat waarschijnlijk is uitgesleten door de vroegere natuurlijke Heelsumse beek. In de slenken was tot voor kort vochtige heide aanwezig met o.a. Dopheide en Heideblauwtjes (mond. mededeling Ellen ter Stege). Deze vegetatie is echter al 10 tot 15 jaar geleden verdwenen en daarmee ook de Heideblauwtjes.



Figuur 12: Voorheen vochtige laagten in de heide ten noorden van de droogstaande Wolfhezerbeek bij B019

In de huidige situatie is hier nauwelijks nog dopheide aanwezig, maar wordt de vegetatie volledig gedomineerd door pijpestrootje (zie Foto 1).



Foto 1: Voorheen vochtige laagte met dopheide op de Wolfhezerheide bij peilbuis B019

#### *Bodemprofiel:*

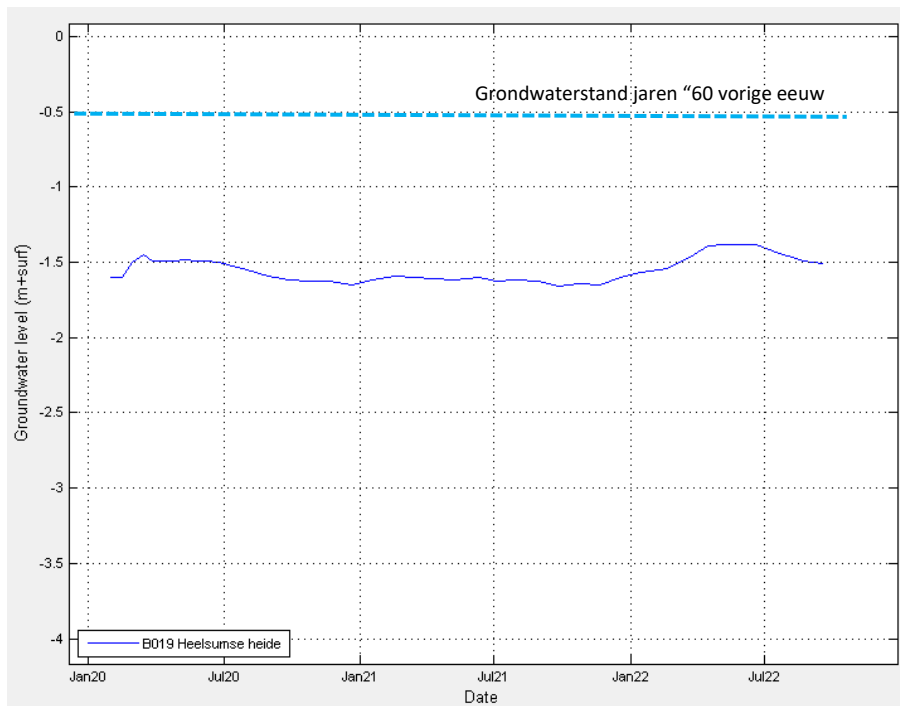
Onder de natte omstandigheden is in de laagte in het verleden een matig tot doorlatende organische bovengrond (Ah-horizont) ontstaan. Door de heidebedekking is inspoeling van zure mor-humus optreden, waardoor een matig tot slecht doorlatende Bh horizont is ontstaan. Beide horizonten waren in het bodemprofiel aanwezig, maar volledig uitgedroogd en verbrokkeld, waardoor zij niet langer in staat zijn om water in de bovengrond vast te houden.



De gemeten grondwaterstanden op deze locatie zijn in onderstaande grafiek weergegeven in m. t.o.v. het maaiveld.

#### *Gemeten grondwaterstand:*

Tijdens de meetperiode is in de laagte een grondwaterstand van 1,5 tot 1,7 m. onder maaiveld gemeten (zie Figuur 10).



Figuur 13: Gemeten grondwaterstand ter hoogte van peilbuis B019 in een voorheen vochtig deel van de Wolfhezerheide

#### Benodigde stijging van de grondwaterstand:

Deze grondwaterstand is veel te laag voor een goed ontwikkelde natte heide op grof zand, zoals op deze locatie. Hierbij zou de grondwaterstand in de winter rond maaiveldhoogte moeten staan en pas laat in de zomer tot maximaal 40-50 cm onder maaiveld moeten uitzakken. **Voor herstel van de vochtige tot natte heide in deze laagte is daarom een stijging van de grondwaterstand van minimaal 100 tot 130 cm nodig.**

Bij deze hogere grondwaterstanden kunnen de Ah- en Bh- horizonten zich weer onder invloed van capillair opstijgend grondwater langdurig nat worden, waardoor de fysische eigenschappen die bij dit type horizonten horen hopelijk geleidelijk zullen herstellen. De uitgedroogde organische lagen zwellen weer op, waardoor scheuren zich sluiten en opgevuld raken met uitgespoelde mor-humus. Het vernattende proces zal zichzelf versterken, waar nu het verdrogend proces zich versterkt door scheuren van de matig doorlatende bodemlagen.



## 6.2 Wodanseiken

Aan de noordoever van de Papiermolenbeek bevinden zich een aantal zeer oude monumentale eiken, die door de 19<sup>de</sup> eeuwse landschapsschilders zijn omgedoopt tot de Wodanseiken.



Foto 2: Wodanseiken aan de noordoever van de Papiermolenbeek

### *Bewortelingsdiepte van de Wodanseiken in relatie tot de grondwaterstand:*

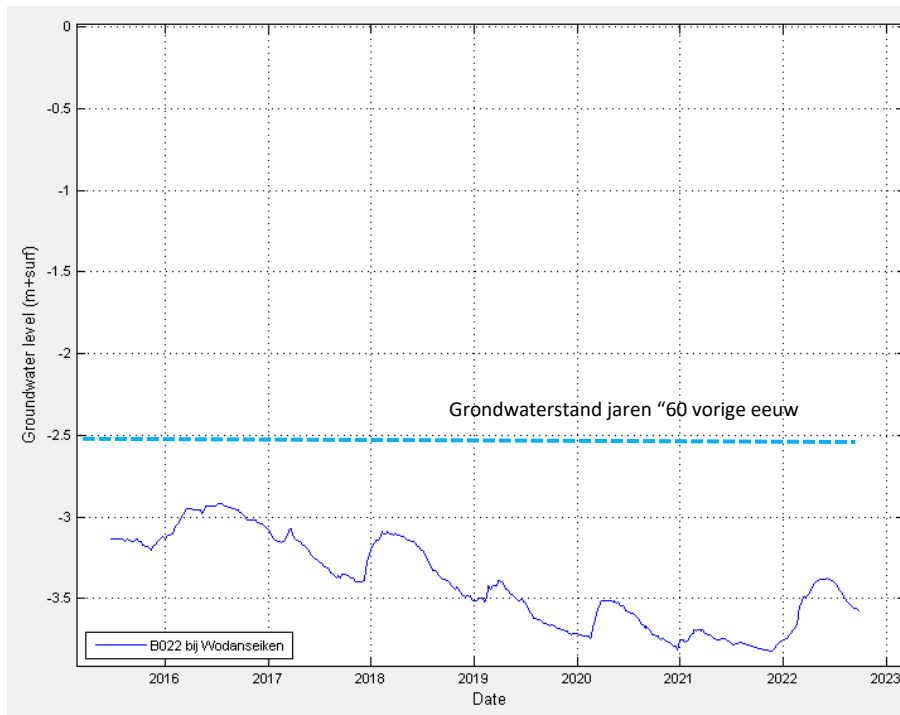
Het is niet bekend tot welke diepte de Wodanseiken wortelen. Het is bekend van eiken dat zij diep kunnen wortelen om zodoende grondwater te kunnen opnemen. Het wortelstelsel van de ca. 100 m. oude eiken op de dijk rondom de buitengracht van kasteel Middachten bevindt zich bijvoorbeeld op een diepte van ca. De ervaring leert dat de onderkant van het wortelstelsel zich ongeveer ter hoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand bevindt. In de winter kan de onderkant van het wortelstelsel buiten het groeiseizoen enige weken of maanden in het grondwater staan. Zodra de bodem blad gaan zetten begin april moeten de wortels echter droog staan, zodat zij zuurstof kunnen opnemen. Wanneer de grondwaterstand in de zomer dieper daalt zijn de eikenwortels nog enige weken tot maanden in staat om via capillaire opstijging grondwater op te nemen. Wanneer de grondwaterstand in de zomer te diep wegzakt valt de aanvoer van capillair water weg en zijn de bodem geheel aangewezen op regenwater dat na het winterhalfjaar in de bovengrond en hangwaterzone is achtergebleven. Aangezien de bodem in het Heelsums beekdal uit grof zand bestaat is de afstand waarover capillaire opstijging plaatsvindt gering: niet meer dan 10-20 cm. De bomen zijn dus in het zomerhalfjaar relatief snel aangewezen op hangwater.

Wanneer de grondwaterstand daalt, kunnen de bomen nieuwe wortels vormen om het grondwater alsnog op te kunnen nemen. Dit kost net als het ontwikkelen van nieuwe takken veel energie van de boom. Wanneer de grondwaterstand te snel daalt, heeft de boom onvoldoende reserves om voldoende nieuwe wortels aan te leggen om het grondwater te bereiken.

### *Gemeten grondwaterstanden:*

De bodemhoogte van de groeiplaats van de Wodanseiken bedraagt ca. 19 m. +NAP. De grondwaterstand ter hoogte van de Wodanseiken wordt gemeten in peilbuis B022, die in het talud van de Papiermolenbeek is

aangebracht. Doordat de bodem van het eerste watervoerende pakket goed doorlatend is, wordt de hier gemeten grondwaterstand representatief geacht voor de grondwaterstand bij de Wodanseiken. De hier gemeten grondwaterstand is in Figuur 12 geplott ten opzichte van de bodemhoogte van de groeiplaats van de Wodanseiken.



Figuur 14: Gemeten grondwaterstand in de omgeving van de Wodanseiken bij peilbuis B022 in m. ten opzichte van de bodemhoogte van de Wodanseiken (ca. 19 m. +NAP)

In de grafiek te zien dat de grondwaterstand ter hoogte van de Wodanseiken inmiddels in 2020 – 2022 is gedaald tot maar liefst 3,8 m. onder maaiveld. Het is zeer de vraag of de bomen in staat zijn geweest om hun wortelstelsel tot deze diepte uit te breiden.

In de grafiek is te zien dat de grondwaterstand ten opzichte van 2016 bijna 80 cm is gedaald. Wanneer de bomen deze grondwaterstanddaling willen bijhouden moeten zij hun wortelstelsel in 4 jaar tijd 80 cm omlaag hebben uitgebreid. Het is zeer de vraag of de bomen deze daling konden bijhouden.

Op basis van het peilverloop van peilbuis B018A weten we dat de grondwaterstand in het beekdal sinds de jaren '60 van de vorige eeuw ten opzichte van het huidige peil van september 2022 ca. 1,0 meter is gedaald. Wanneer de eiken in de jaren '60 tot aan het op dat moment heersende GVG-niveau wortelden, kunnen zij sinds die periode niet meer grondwater opnemen en zijn ze volledig aangewezen op regenwater dat in de organische bovengrond wordt geborgen: het zogenaamde hangwater.

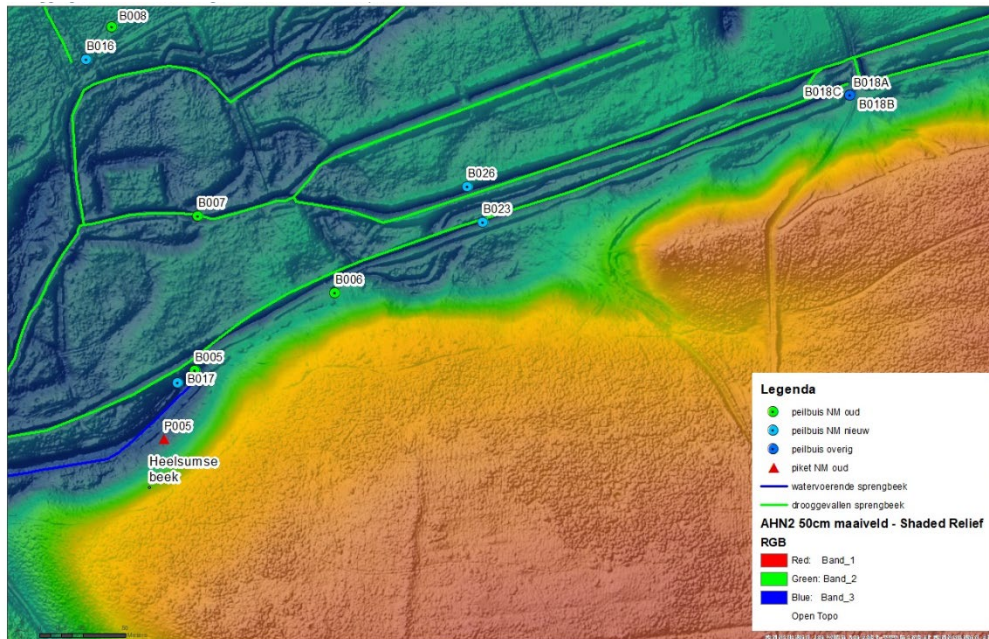
#### *Benodigde stijging van de grondwaterstand voor de Wodanseiken:*

De Wodanseiken zijn nu in zeer slechte staat, tijdens het peilen van de peilbuizen hebben wij waargenomen dat er zeer dikke zijtakken (diameter van 40-50 cm) zijn afgebroken. Het is bekend dat de bomen erg te lijden hebben van de stikstof depositie, o.a. vanaf de A-50. Maar daling van de grondwaterstand van 1,3 m. in 70 jaar en een daling van 0,8 m. in 5 jaar moet zeer grote nadelige consequenties hebben.

Voor de Wodanseiken is het wenselijk dat de grondwaterstand geleidelijk weer 0,8 tot 1,3 m. stijgt. Tot 80 cm kan de stijging snel plaatsvinden, omdat nog niet te verwachten is dat het wortelstelsel zich in 5 jaar kan verplaatsen.

## 6.3 Natte laagten bij de bron van de Heelsumse beek

Ten zuiden van de Papiermolenbeek en ten westen van de Oude Kloosterweg bevinden zich enige natte laagten. Het maaiveld van deze laagte bevindt zich op ca. 16,70 m. +NAP.



Figuur 15: AHN3 hoogtekart Heelsums beekdal met laagte ten zuiden van de drooggevallen Papiermolenbeek (ten zuiden van B023)

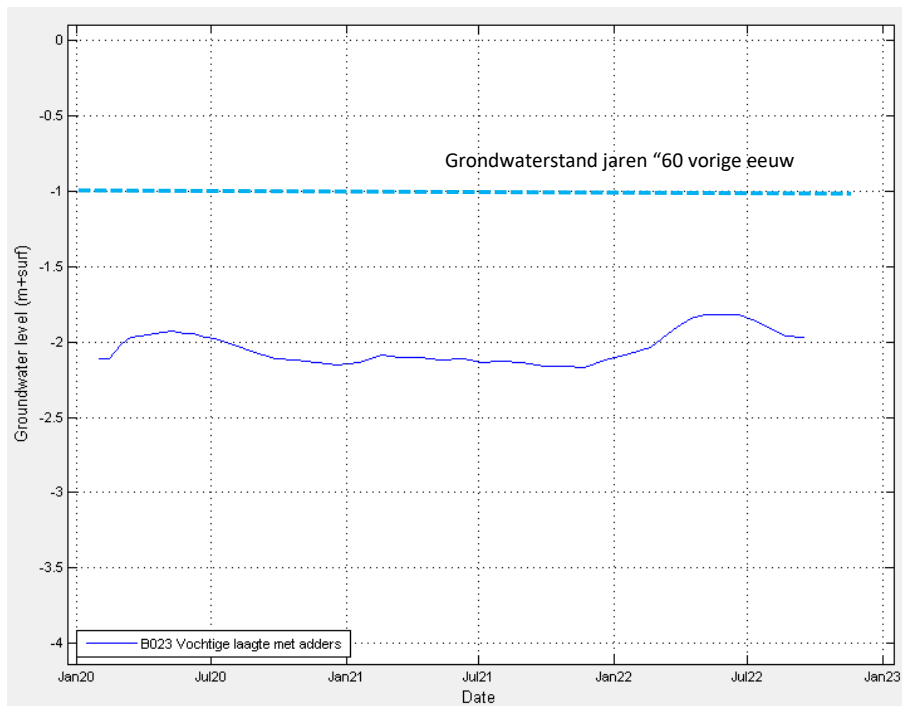
### Gemeten grondwaterstand:

De grondwaterstand in de omgeving van de natte laagten wordt gemeten door peilbuis B023 (zie Figuur 14). De bodemhoogte van de laagte ten zuidoosten van peilbuis B023 bedraagt ca. 16,7 m. +NAP. In de grafiek is te zien dat de grondwaterstand zich hier momenteel op een diepte van ca. 2 m. onder het bodemoppervlak bevindt. Bij deze grondwaterstand is de bodem in deze laagte niet meer vochtig maar droog. Op basis van het peilverloop van de grondwaterstand in peilbuis B018A kan worden verondersteld dat de grondwaterstand hier in de jaren '60 van de vorige eeuw een meter hoger stond op ca. 1 m. onder het bodemoppervlakte. Bij deze grondwaterstand zal de bodem in de laagte nog wel vochtig zijn geweest.

### Benodigde stijging van de grondwaterstand:

**Om de laagte weer vochtig tot nat te krijgen is het wenselijk dat de grondwaterstand hier ca. 1 tot 1,5 m. stijgt.**





Figuur 16: Gemeten grondwaterstand in natte laagte bij bron Heelsumse beek gemeten met peilbuis B023

# 7 Herstelkansen drooggevallen sprengbeken

## 7.1 Herstelkansen Papiermolenbeek

Om een indruk te krijgen van de kans om de drooggevallen Papiermolenbeek weer stromend te krijgen, is de grondwaterstand onder de beekbodem op verschillende locaties gemeten (zie Foto 3).

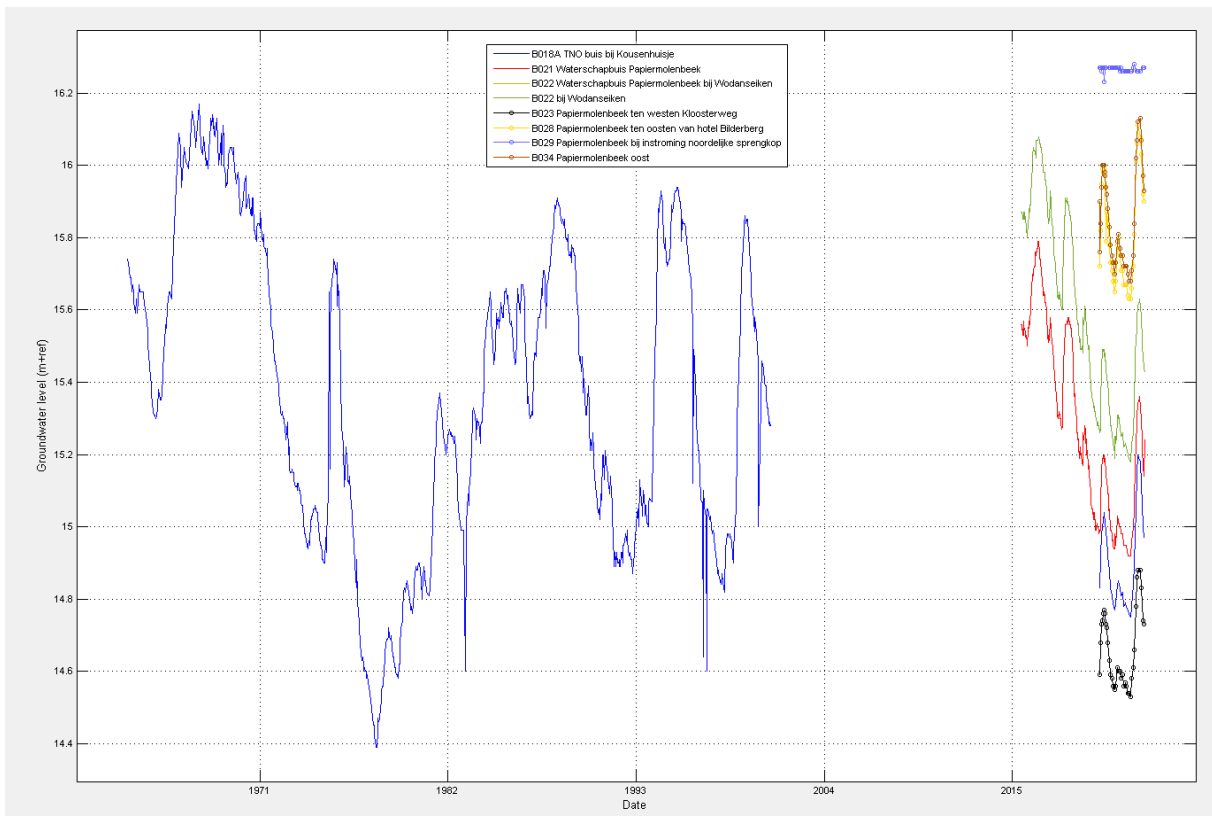


Foto 3: Meetpunt B023 op de bodem van de drooggevallen Papiermolenbeek

De locaties van de verschillende meetpunten in de Papiermolenbeek zijn weergegeven in de kaarten met locaties van de meetpunten ten oosten van de Wolfhezerweg in Bijlage 8 en ten westen van de Wolfhezerweg in Bijlage 9:

De grondwaterstand op de bodem van de Papiermolenbeek is gemeten op de volgende locaties:

- B029 : beekbodem 350 m. benedenstrooms van de hoogste sprengkop van de Papiermolenbeek, bij de instroming van de noordelijke zijspreng.
- B028 : beekbodem ca. 90 m. bovenstrooms van hotel Bilderberg.
- B034: beekbodem in de kop van de zijspreng aan de westzijde van de Wolfhezerweg bij de parkeerplaats.
- B022: beekbodem ca. 350 m. benedenstrooms van de duiker onder de Wolfhezerweg bij Wodanseiken.
- B021: beekbodem ca. 600 m. benedenstrooms van de duiker onder de Wolfhezerweg.
- B018A: 700 m. benedenstrooms duiker Wolfhezerweg, op de oever van de Papiermolenbeek bij duiker Oude Kloosterweg
- B023: beekbodem ca. 920 m. benedenstrooms van de duiker onder de Wolfhezerweg.



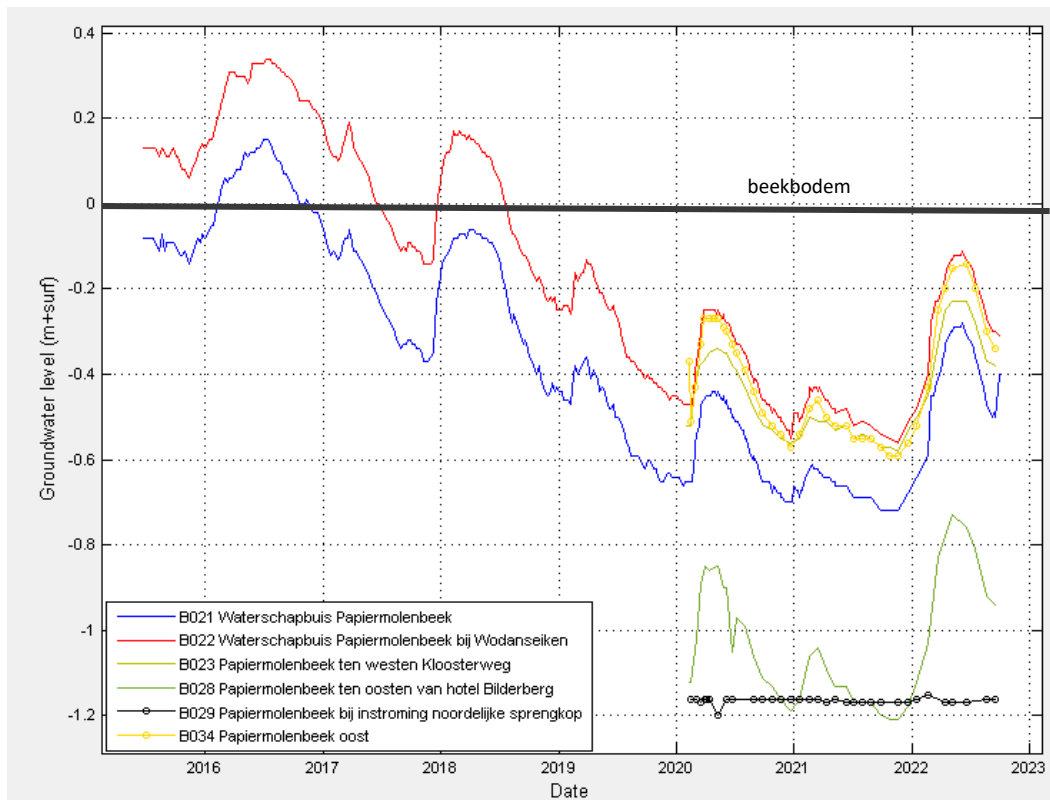
Figuur 17: Gemeten grondwaterstand op verschillende locaties in de Papiermolenbeek in m. +NAP.

#### Gemeten grondwaterstand ten opzichte van NAP:

In Figuur 15 zijn de peilen van de peilbuizen in de Papiermolenbeek geplot in m. +NAP.

Op deze figuur is te zien dat de gemeten grondwaterstanden een gradiënt vertonen van noordoost bij B029 naar zuidwest bij B023 van ca. 1,6 m. over een afstand 1,5 km. De gemiddelde gradiënt bedraagt ca. 1 m/km.

De gemeten grondwaterstand in meetpunt B034 is even hoog als bij B028. Aangezien B034 zich bevindt in een sprengkop aan de noordwestflank van het beekdal duidt deze relatief hoge grondwaterstand er op dat de grondwaterstand in het beekdal niet alleen een gradiënt vertoont van noordoost naar zuidwest, maar ook haaks op het beekdal: van noordwest naar zuidoost.



Figuur 18: Grondwaterstand in de beekloop van de Papiermolenbeek in m. t.o.v. de beekbodem. De peilbuis B029 in de bovenloop van Papiermolenbeek met een vlak verloop functioneert niet. Deze meetreeks is daarom niet worden meegenomen in de onderstaande analyse

*Gemeten grondwaterstand ten opzichte van de beekbodem ten westen van de Wolfhezerweg:*

In Figuur 16 is de gemeten grondwaterstand geplot ten opzichte van de beekbodem. Op deze grafiek is te zien dat de grondwaterstand zich in de locaties ten westen van de Wolfhezerweg van de Papiermolenbeek in de jaren 2020 en 2021 ca. 0,3 tot 0,7 m. onder de beekbodem bevond.

Door de peilstijging in het winterseizoen van 2021/2022 van 0,35 cm kwam de grondwaterstand op verschillende meetpunten dicht onder de beekbodem.

In 2016 is de Papiermolenbeek op de meeste locaties enige maanden watervoerend geweest. De grondwaterstand was toen 0,8 m. hoger dan nu het geval is.

**Wil de Papiermolenbeek aan de westzijde van de Wolfhezerweg weer gaan stromen, is het nodig dat de grondwaterstand minstens 20 cm hoger stijgt dan de beekbodem. Bij deze grondwaterstand wordt de beek weer gevoed door het grondwater en kan hij weer gaan stromen. Deze situatie komt overeen met de situatie in 2016, toen de grondwaterstand ca. 80 cm hoger was dan nu.**

**Doordat de beken dan weer gaan stromen, wordt het grondwater echter gedraineerd, waardoor de benodigde verdere stijging van de grondwaterstand, die nodig is voor herstel van vochtige en natte heiden en laagten wordt bemoeilijkt.**

*Gemeten grondwaterstand ten opzichte van de beekbodem ten oosten van de Wolfhezerweg:*

In Figuur 16 is te zien dat de grondwaterstand zich in de locaties van de Papiermolenbeek ten oosten van de Wolfhezerweg in de jaren 2020 en 2021 ca. 1,2 m. onder de beekbodem bevond.

Deze extreem lage grondwaterstanden kunnen worden verklaard doordat deze meetpunten zich dicht bij de onttrekkingskegel van de grondwaterwinning La Cabine bevinden (zie de geo-hydrologische dwarsdoorsnede door de ondergrond in Bijlage 5). Deze relatief zeer lage grondwaterstanden worden ook veroorzaakt door het feit dat het maaiveld is verhoogd door een jarenlang opgehoopte decimeters dikke bladlaag. Wanneer het maaiveld wordt verlaagd door deze bladlaag te verwijderen tot aan het minerale zand, komt het grondwater aanzienlijk dicht onder maaiveld te liggen.

**Om de Papiermolenbeek ten oosten van de Wolfhezerweg weer stromend te krijgen is het noodzakelijk om de grondwaterstand met 1 m. te verhogen en de beekbodem te schonen tot op de zandbodem. Ook hier geldt dat het stromen van de beek een verdere stijging van de grondwaterstand kan bemoeilijken.**

## 7.2 Herstelkansen Wolfhezerbeek

Om een indruk te krijgen van de kans om de drooggevallen Papiermolenbeek weer stromend te krijgen, is de grondwaterstand onder de beekbodem op verschillende locaties gemeten (zie Foto 3).

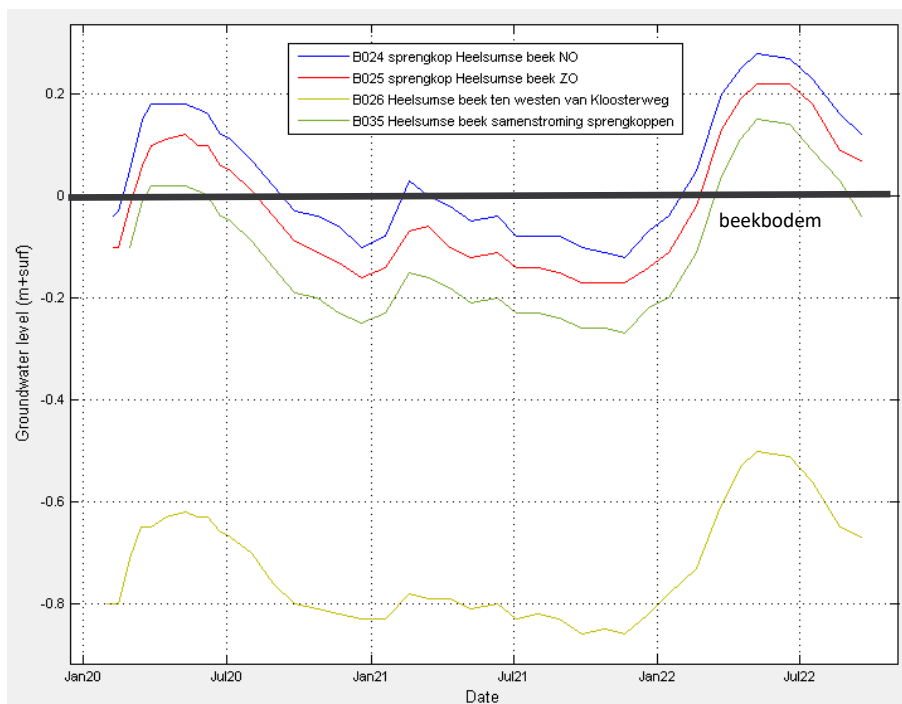


*Foto 4: Meetpunt B025 op de bodem van de zuidelijke sprengkop van de Wolfhezerbeek*

De locaties van de verschillende meetpunten in de Wolfhezerbeek zijn weergegeven in de kaarten met locaties van de meetpunten ten westen van de Wolfhezerweg in Bijlage 9:

De grondwaterstand op de bodem van de Wolfhezerbeek is gemeten op de volgende locaties:

- B025 : beekbodem in noordelijke sprengkop van de Wolfhezerbeek.
- B024 : beekbodem in de zuidelijke sprengkop van de Wolfhezerbeek.
- B035 : beekbodem ca. 200 benedenstrooms de noordelijke sprengkop van de Wolfhezerbeek net voorbij de samenstroming van de twee sprengkoppen.
- B026: beekbodem ca. 580 m. benedenstrooms van de noordelijke sprengkop van de Wolfhezerbeek ten westen van de Oude Kloosterweg.



Figuur 19: Gemeten grondwaterstand op verschillende locaties in de Wolfhezerbeek in m. ten opzichte van de beekbodem.

#### Gemeten grondwaterstand ten opzichte van de beekbodem:

In Figuur 17 is te zien dat de grondwaterstand zich in de eerste 200 m. vanaf de sprengkopen van de Wolfhezerbeek in de meetperiode van januari 2020 t/m september 2022 varieerde tussen 0,2 m. boven en 0,2 m. onder de beekbodem. De hoogste grondwaterstanden bevinden zich aan de sprengkopen.

Ca. 200 tot 300 m. benedenstrooms van de sprengkopen bevindt de grondwaterstand jaarrond onder de beekbodem.

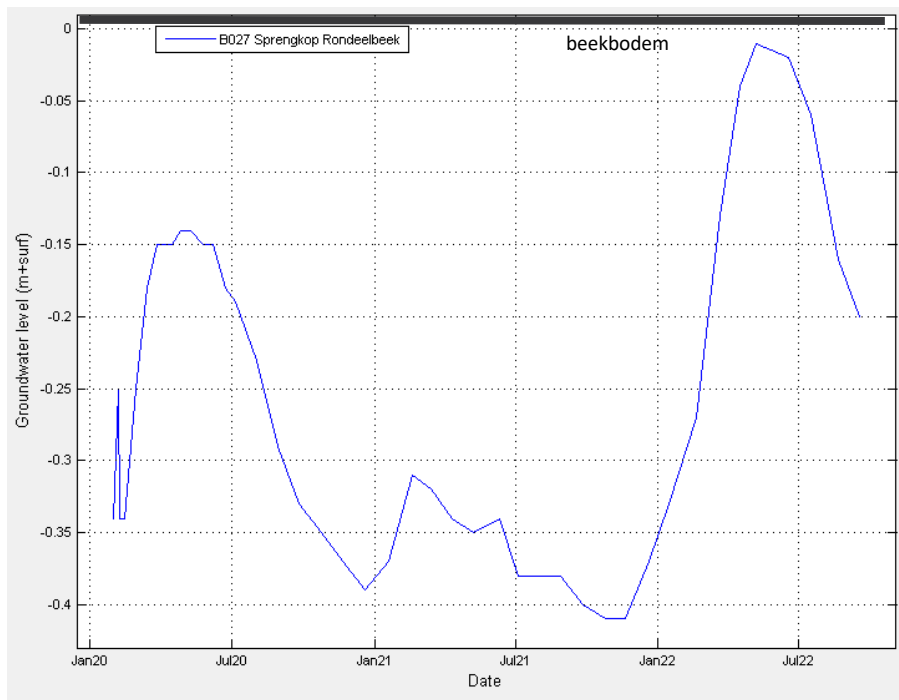
Ca. 600 m. benedenstrooms van de sprengkopen bevond de grondwaterstand zich 0,6 – 0,8 m. onder de beekbodem. De lage grondwaterstand wordt hier veroorzaakt door de ontwaterende invloed van de permanent stromende Heelsumse beek.

#### Benodigde stijging van de grondwaterstand om de beek weer watervoerend te krijgen:

**Om de Wolfhezerbeek bovenstrooms de Oude Kloosterweg weer stromend te krijgen is een relatief kleine verhoging van de grondwaterstand van ca. 0,2 tot 0,4 m. nodig. Om de Wolfhezerbeek ook benedenstrooms van de Oude Kloosterweg stromend te krijgen is een veel grotere stijging nodig: in de orde van grootte van 0,8 m. Dit komt overeen met de situatie in 2016.**

## 7.3 Herstelkansen Rondeelbeek

Om een indruk te krijgen van de kans om de drooggevallen Papiermolenbeek weer stromend te krijgen, is de grondwaterstand onder de beekbodem op ter hoogte van de huidige sprengkop ten westen van de Oude Kloosterweg gemeten bij peilbuis B027 (zie kaart in Bijlage 8).



Figuur 20: Gemeten grondwaterstand in de huidige sprengkop van de Rondeelbeek in m. ten opzichte van de beekbodem.

*Gemeten grondwaterstand ten opzichte van de beekbodem:*

In Figuur 17 is te zien dat de grondwaterstand zich in de sprengkop van de Rondeelbeek in de meetperiode van januari 2020 t/m september 2022 varieerde tussen 0 m. tot 0,4 m. onder de beekbodem. Na de winterse stijging in 2022 was de beek na schoning tijdelijk watervoerend.

*Benodigde stijging van de grondwaterstand om de Rondeelbeek ter hoogte van de sprengkop weer watervoerend te krijgen:*

**Om de sprengkop van de Rondeelbeek weer stromend te krijgen is een relatief kleine verhoging van de grondwaterstand van ca. 0,4 tot 0,6 m. nodig. Om de Wolfhezerbeek ook benedenstrooms van de Oude Kloosterweg stromend te krijgen is een veel grotere stijging nodig: in de orde van grootte van 0,8 m. Dit komt overeen met de situatie in 2016.**



# 8 Instandhouding stroming in de Heelsumse beek

De Heelsumse beek is de enige sprengbeek in het beekdal van het beekdal van de Heelsumse beek die momenteel nog watervoerend is.

De meetpunten in en rondom de Heelsumse beek zijn hieronder weergegeven (zie Bijlage 8):

B017 : Grondwaterstand bij sprengkop (voortzetting B005)

P005 : waterpeil Heelsumse beek in sprengkop (oude meetreeks NM, niet voortgezet)

P030 : waterpeil Heelsumse beek ter hoogte van de Heidebrug (voortzetting van oude meetreeks P009)

S031 : debietschatting van de Heelsumse beek ter hoogte van de Heidebrug

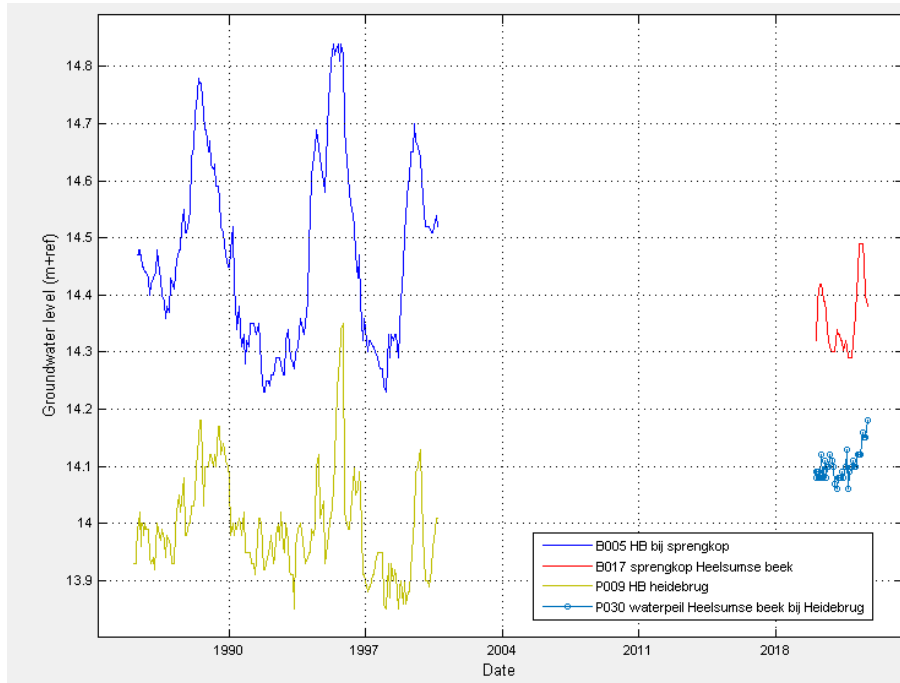
P032 : waterpeil Heelsumse beek ter hoogte van de Bosbrug (gestuwd; voortzetting van P010)

S033 : debietschatting Heelsumse beek bij Bosbrug

B011/B40A0677 : peilbuis op de rand van natuurgebied (oude meetreeks)

## 8.1 Waterpeilen bij sprengkop en Heidebrug

De gemeten peilen bij de sprengkop van de Heelsumse beek en Heelsumse beek bij de Heidebrug worden getoond in Figuur 19.



Figuur 21: Gemeten waterpeil in en rondom de Heelsumse beek

### Stijghoogte grondwater bij sprengkop:

Op deze figuur is te zien dat de stijghoogte van het grondwater in de sprengkop bij B005 en B017 overeenkomen met de lage peilen in de zeer jaren perioden in de jaren '90. Deze peilen lagen ca. 0,4 m. hoger dan het "all time low" in 1976.

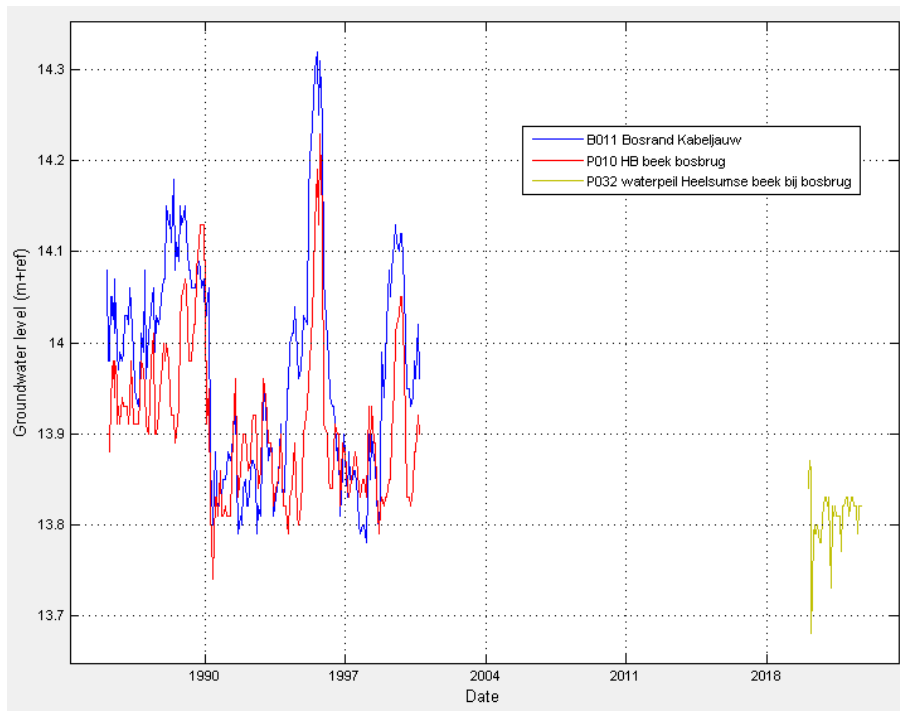
### Waterpeil bij Heidebrug:

Het waterpeil van de Heelsumse beek, zoals dit is gemeten bij P009 en P032 is in de jaren '80 en '90 ca. 0,4 m. lager dan de stijghoogte van het grondwater. Het is echter opvallend dat het huidige waterpeil bij de Heidebrug zoals gemeten bij meetpunt P030 ca. 20 cm hoger ligt dan de metingen in de jaren '80 en '90 bij meetpunt P009. De oorzaak van het hogere beekpeil is niet duidelijk en kan twee oorzaken hebben:

- Het kan een meetfout zijn.
- Het is ook mogelijk dat de bodem van de Heelsumse beek in de periode 2000 tot heden ca. 30-40 cm is aangezand. In dat geval zou de stroming van de beek weer kunnen worden hersteld door het opnieuw uitkrabben van de beekbodem tot aan het niveau uit de jaren '90.

## 8.2 Waterpeilen bij de Bosbrug

De gemeten waterpeilen bij de Bosbrug zijn weergegeven in Figuur 20.



Figuur 22: Gemeten waterpeil van de gestuwde Heelsumse beek bij de Bosbrug en grondwaterstand ca. 10 m. ten noorden hiervan. De Bekengroep peilt het waterpeil van de beek vanaf het bruggetje, dus bovenstrooms van de hier gelegen boomstam

### Voeding van de beek vanuit het grondwater:

Op de bovenstaande grafiek is te zien dat het waterpeil in de Heelsumse beek in de jaren '80 en '90 sterk werd beïnvloed door de grondwaterstand ten noorden van de beek. Het stijghoogteverschil bedraagt meestal ca. 10 cm. Alleen in droge jaren stond het waterpeil van de beek enige maanden hoger dan de grondwaterstand. In dat geval was de beek gestuwd en ontving de beek water uit de hoger gelegen sprengkop.

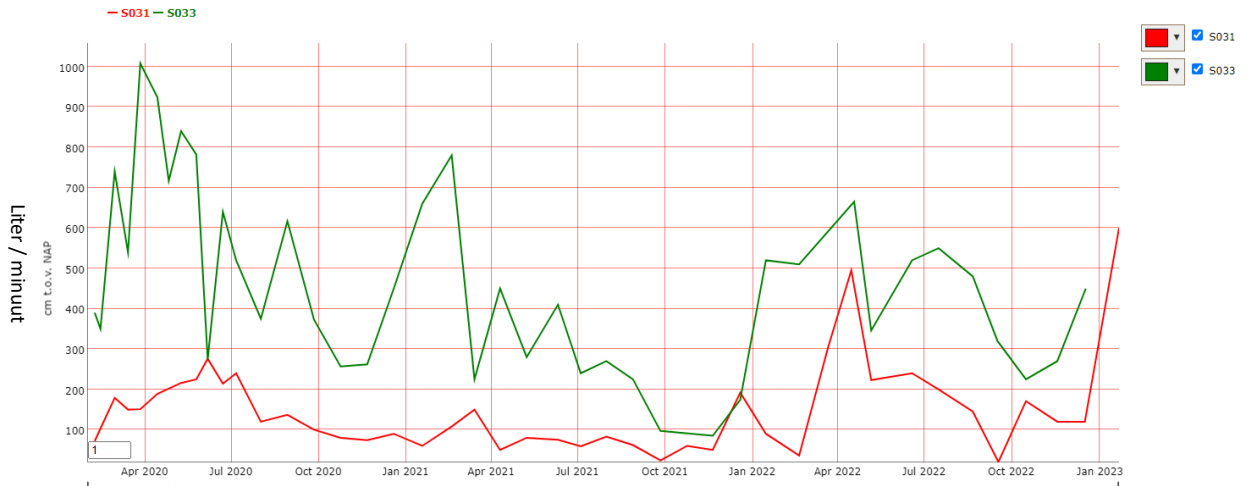
### Daling van het waterpeil ten opzichte van de jaren '80 en '90:

Op de grafiek is te zien dat het waterpeil van de Heelsumse beek bij de Bosbrug tegenwoordig ca. 10 cm lager ligt dan in de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw.

## 8.3 Debiet van de Heelsumse beek

Het debiet van de Heelsumse beek wordt op de volgende meetpunten gemeten:

- S031 bij de Heidebrug
- S033 bij de Bosbrug



Figuur 23: Geschatte afvoer van de Heelsumse beek ter hoogte van de Heidebrug (S031) en Bosbrug (S033) in liters/minuut

De geschatte afvoeren worden getoond in Figuur 21. Op deze grafiek is te zien dat:

- De geschatte afvoer ter hoogte van de Heidebrug (S031) in de meetperiode van januari 2020 tot september 2022 varieert van 12 t/m 300 l/s.
- In de zomer van 2021 en najaar van 2022 is de afvoer van de beek zorgwekkend laag. De beek is bijna drooggevallen!
- In de winter 2021/2022 heeft de afvoer zich onder invloed van de neerslagpiek in de laatste week van februari 2022 enigszins hersteld. In de zomer van 2022 is de afvoer opnieuw tot een zorgwekkend laag peil gezakt.
- Door de relatief overvloedige neerslag in de laatste 2 weken van december 2022 en eerste twee weken van januari heeft de beekafvoer zich hersteld tot een niveau van ca. 600 l/minuut.
- De afvoer van de Heelsumse beek is ter hoogte van de Bosbrug in de zomer ca. drie maal zo hoog als bij de Heidebrug. Hierdoor zal de beek hier niet zo snel droogvallen als bij de Heidebrug. Wanneer de winterse stijging hier uitblijft is het niet uitgesloten dat de beek hier ook binnen 3 tot 5 jaar zal droogvallen.
- Aangezien de beek tussen de Heidebrug en Bosbrug zeer hoge natuurwaarden heeft, zal de droogval zeer grote nadelige effecten hebben op de natuurwaarde!

## 9 Conclusies na 2,5 jaar meten

- 1) De bodem in het beekdal van de Heelsumse beek bestaat tot een diepte van 40 m. onder maaiveld uit goed doorlatend zand. Dit zand wordt van noordoost naar zuidwest doorstroomt door grondwater dat in de hogere delen van de daluitspoelingswaaier in de bodem is geïnfilterd. Een belangrijk deel van het toestromende grondwater wordt door de grondwaterwinning door Vitens bij La Cabine afgevangen, waardoor de grondwaterstand in de omgeving van de winning La Cabine is gedaald. Deze invloed reikt tot aan de sprengkoppen van de Papiermolenbeek, waar de grondwaterstand door de grondwaterwinning sinds de jaren '70 met een meter is verlaagd (Arcadis, 2011). Ter hoogte van de sprengkop van de laatste stromende beek in het beekdal: de Heelsumse beek, wordt de grondwaterstand door de winning sinds de jaren '70 van de vorige eeuw met ca. 0,5 m. verlaagd. De grondwaterstanden in het beekdal worden pas sinds de jaren '70 gemeten, zodat er geen harde meetgegevens bekend zijn om deze forse verlagingen in beeld te brengen. Oude foto's en mondelinge overleveringen uit de periode dat de grondwaterwinning La Cabine veel beperkter van omvang was dan nu, bevestigen echter de omvang van deze verlagingen.
- 2) De huidige winning van grondwater door pompstation La Cabine bedraagt ca. 9 mln m<sup>3</sup>/jaar ofwel 17.000 liter/minuut. De over de laatste 3 jaar gemeten afvoer van de sprengkop van de Heelsumse beek varieerde van nul tot 600 liter/minuut. Bij een reductie van de winning La Cabine met ca. 10% stroomt er 1.700 liter/minuut minder richting de winputten, en kan er dus meer grondwater richting de watervoerende pakketten in het beekdal stromen. Aangezien de Heelsumse beek de eerste drainerende beek in het bovenste watervoerende pakket is, zal een belangrijk deel van de 1.700 l/s uitstromen in de sprengkop van de Heelsumse beek. De beekafvoer kan hierdoor theoretisch met een factor 5 toenemen! Het is daarom juist om te beweren dat in de dorpen in het voorzieningsgebied van La Cabine elke druppel uit de douche stroomt, ten koste gaat van de afvoer van de Heelsumse beek. Dit gegeven is een belangrijk gegeven om de bewoners van dit gebied bewust te maken van de effecten van hun watergebruik op de natuur.
- 3) De grondwaterwinning door La Cabine is niet de enige oorzaak van de lage grondwaterstanden in het beekdal van de Heelsumse beek, Papiermolenbeek, Wolfhezerbeek en Rondeelbeek. De ontginning van de uitgestrekte heidevelden in de 19<sup>de</sup> en 20<sup>ste</sup> eeuw ten behoeve van de aanplant van naaldhout op de Veluwe speelt hier ook een rol (Witte, et al., 2019). De grondwaterstand bij de benedenloop van de Heelsumse beek wordt eveneens verlaagd door de grondwaterwinningen van Parenco en Wageningen (Vitens).
- 4) De grondwaterstand in het beekdal vertoont een patroon van trage schommelingen, die typisch zijn voor het Veluwe-grondwatersysteem.
  - a) De grondwaterstand in september 2022 is vanaf de jaren '60 van de vorige eeuw in de droogtegevoelige delen van het beekdal met **ca. 1,0 m.** gedaald.
  - b) In de droge jaren '70 was de grondwaterstand **0,4 m.** lager dan nu het geval is.
  - c) Sinds 2016 is de grondwaterstand in 6 jaar tijd ca. **0,6 m.** gedaald.
- 5) De vochtige en natte laagten in het beekdal zijn sterk verdroogd.
  - a) Voor herstel van de **vochtige tot natte heide in de lagere delen van de Wolfhezer** heide is een stijging van de grondwaterstand van minimaal **1,0 tot 1,3 m.** nodig.
  - b) Voor instandhouding en herstel van de **Wodanseiken** is het wenselijk dat de grondwaterstand geleidelijk weer **0,8 tot 1,3 m.** stijgt.

- c) Om de “**vochtige laagte**” ten zuidoosten van de sprengkop van de Heelsumse beek weer vochtig tot nat te krijgen is het wenselijk dat de grondwaterstand hier ca. **1 tot 1,5 m.** stijgt.
- 6) De benodigde stijging van de grondwaterstand om de drooggevallen sprengbeken weer watervoerend te krijgen varieert per beek en beektraject.
- a) Wil de **Papiermolenbeek aan de westzijde van de Wolfhezerweg** weer gaan stromen, is het nodig dat de grondwaterstand minstens 20 cm hoger stijgt dan de beekbodem. Bij deze grondwaterstand wordt de beek weer gevoed door het grondwater en kan hij weer gaan stromen. Deze situatie komt overeen met de situatie in 2016, toen de grondwaterstand ca. **60 cm** hoger was dan nu.
  - b) Om de **Papiermolenbeek ten oosten van de Wolfhezerweg** weer stromend te krijgen is het noodzakelijk om de grondwaterstand met **1 m. te verhogen en de beekbodem te schonen tot op de zandbodem**. Ook hier geldt dat het stromen van de beek een verdere stijging van de grondwaterstand kan bemoeilijken.
  - c) Om de **Wolfhezerbeek bovenstrooms de Oude Kloosterweg** weer stromend te krijgen is een relatief kleine verhoging van de grondwaterstand van ca. **0,2 tot 0,4 m.** nodig.
  - d) Om de **Wolfhezerbeek ook benedenstrooms van de Oude Kloosterweg** stromend te krijgen is een veel grotere stijging nodig: in de orde van grootte van **0,8 m.**
  - e) Om de **sprengkop van de Rondeelbeek** weer stromend te krijgen is een relatief kleine verhoging van de grondwaterstand van ca. **0,4 tot 0,6 m.** nodig.
  - f) Doordat de beken dan weer gaan stromen, wordt het grondwater echter gedraineerd, waardoor de benodigde verdere stijging van de grondwaterstand, die nodig is voor herstel van vochtige en natte heiden en laagten wordt bemoeilijkt.
- 7) Wanneer de grondwaterstand komende winter onvoldoende zal stijgen is er een aanzienlijk risico dat de **Heelsumse beek ter hoogte van de Heidebrug in de zomer van 2023 droogvallen**.
- 8) Wanneer de winterse stijging van de grondwaterstand komende jaren onvoldoende plaatsvindt, is er een aanzienlijk risico dat de **Heelsumse beek ter hoogte van de Bosbrug binnen ca. 5 jaar** zal droogvallen.

# 10 Aanbevelingen na 2,5 jaar meten

- 1) De Bekengroep kan als burgerinitiatief zich rechtstreeks tot de gebruiker van het grondwater richten door het plaatsen van krantenartikelen in plaatselijke kranten, het geven van interviews, het plaatsen van items op sociale media. Hierin kan de Bekengroep aan de waterverbruikende burger uitleggen dat de verdroging op de Veluwe nog lang niet voorbij is en dat het daarom nodig is om zuiniger te zijn met water.

Bijvoorbeeld door:

- a) Minder sproeien van tuin. Bijvoorbeeld alleen begin van de avond als de zon niet meer schijnt.
  - b) Opvangen en hergebruik van regenwater, door regentonnen of ondergrondse opvangreservoirs voor toiletten en wasmachines.
  - c) Meer infiltratie van regenwater in de bodem door weghalen of aanpassen verharding in tuin en oprit.
  - d) Etc.
- 2) De meetresultaten van de Bekengroep kunnen worden gebruikt om bij Provincie, Waterschappen en Industrie te pleiten voor:
    - a) Vermindering van de onttrekking van grondwater door La Cabine en Parenco om de Heelsumse beek te behouden.
    - b) Overschakelen van Parenco van grondwaterwinning naar oppervlaktewaterwinning uit de Rijn.
    - c) Overschakelen in de winter van grondwaterwinning op de Veluwe naar rivierwaterwinning door middel van oeverinfiltratie langs de Rijn.
    - d) Infiltratie van rivierwater in de omgeving van La Cabine (de zogenaamde wateraccu), wanneer gebleken is dat deze maatregel geen ongewenste effecten heeft op de kwaliteit van het grondwater. Dit kan bijvoorbeeld door er voor te zorgen dat vrijwel al het geïnfilterde rivierwater richting de winputten van La Cabine stroomt.
    - e) Een gedifferentieerd watertarief voor burgers en bedrijven (goedkope basishoeveelheid, vanaf deze hoeveelheid een fors hogere prijs). Meer details over de manier waarop gedifferentieerde tarieven kunnen worden ingevoerd en hoe dit in België al plaatsvindt is te vinden in (Witte, et al., 2020).
    - f) Verplichte vergunning ook voor kleine winningen door particulieren voor besproeien tuin, zwembaden etc.
    - g) Subsidie op opvang van regenwater door regentonnen en ondergrondse reservoirs (zie aanbeveling 1).
    - h) Voorlichting aan burgers (zie aanbeveling 1).
    - i) Geleidelijk omvorming van naaldhout naar loofhout op de Veluwe.
  - 3) Mogelijk is de afname van de afvoer van de Heelsumse beek ter hoogte van de Heidebrug mede veroorzaakt door aanzanding van de Heelsumse beek bovenstrooms van de Heidebrug. Het oppervlaktewaterpeil ter hoogte van de Heidebrug (meetpunt P30) is namelijk ca. 20 cm gestegen ten opzichte van de metingen in de jaren '80 en '90. Het kan zijn dat dit een meetfout is. Het is echter wel zo dat na 2000 is besloten om het eerste deel van de sprengkop van de Heelsumse beek tot aan de Heidebrug de beek niet langer machinaal te schonen, maar met de hark door vrijwilligers op te schonen. Ook is dit deel van de beek met een boomstam gestuwd. Aanzanding vanuit de oevers kan er voor gezorgd hebben dat de beekbodem is gestegen, waardoor deze minder sterk door grondwater wordt gevoed dan in de jaren '80 en '90. Herstel van de originele beekbodem door eenmalige opschoning van de tracé bovenstrooms de Heidebrug zal naar verwachting het debiet en daarmee de stroomsnelheid van de Heelsumse beek positief beïnvloeden. Het wordt aanbevolen om nader onderzoek uit te voeren naar de hoogte van de beekbodem nu en in de jaren '80/'90 en wenselijkheid om dit deel van de beek weer op diepte te brengen.



- 4) Ook in het beektracé tussen de Heidebrug en Bosbrug en voedende sprengkoppen geldt dat aanzanding van de bodem een oorzaak kan zijn van de afname van het debiet. Ook voor dit tracé wordt daarom aanbevolen om nader onderzoek uit te voeren naar de hoogte van de beekbodem en zijsprengen nu en in de jaren "80/"90. Met name ter hoogte van de nieuw gegraven meander lijkt de bodem sterk te zijn aangezand.
- 5) Het debiet van beide beektrajecten kan tevens worden vergroot door het verwijderen van de stuwende boomstammen bij de Heidebrug en Bosbrug. Wanneer deze boomstammen worden verwijderd zal naar verwachting het waterpeil in de Heelsumse beek dalen, maar het debiet en de stroomsnelheid toenemen. Nader onderzoek is wenselijk naar de ecologische voor- en nadelen van het verwijderen van de bomen op waterpeil, stroomsnelheid en voorkomen van Kritische planten- en diersoorten in deze beektrajecten. Een variant op deze maatregel is om een kleine doorstroomopening te creëren in de boomstam, waardoor de afvoer "geknepen" wordt. Voor een toename van het debiet blijft het echter noodzakelijk om het waterpeil te verlagen.
- 6) De afvoer van de beek benedenstrooms de Bosbrug kan worden verminderd door dit deel van de beek veel minder vaak te schonen en extensief te beheren. Hierdoor zal de beek begroeid raken en zal er alleen in het midden van de begroeiing een smalle stroomdraad blijven bestaan.

# Bronnen

- Arcadis. (2011). *Inzicht in mogelijke maatregelen voor de verhoging van de afvoer van de Renkumse beek Provincie Gelderland*.
- Bakker, H. d., & Schelling, J. (1989). *Systeem van bodemclassificatie van Nederland; De hogere niveaus*. Wageningen: Centrum van Landbouwpublishatie en Landbouwdocumentatie.
- Bekenstichting. (sd). *Heelsumse beek*. Opgehaald van Bekenstichting ; Behoud van Veluwe sprengen en beken: <https://www.sprengenbeken.nl/>
- Geologische Dienst Nederland - TNO. (2022). *Grondwatertools*. Opgehaald van Grondwaterstanden in beeld: <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>
- Menke, H., Renes, H., & red. (2007). *Veluwe beken en sprengen; een uniek landschap*. Utrecht: Uitgeverij Matrijs.
- Stichting voor Bodemkartering en Rijks Geologische Dienst. (1980). Geomorfologische kaart van Nederland - kaartblad 40. Stichting voor Bodemkartering.
- TNO Geologische Dienst Nederland. (2022). *ondergrondmodellen*. Opgehaald van DINoloket: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>
- Werkgroep Stromende beken. (2019). *Plan van Aanpak*.
- Witte, J.-P. M., Voortman, B., Nijhuis, K., Huijgevoort, M. v., Rijpkema, S., & Spek, T. (2019). Hoe het historisch landschap verdween er water van de Veluwe. *Stromingen*.
- Witte, J.-P., Louw, d. P., Ek, v. R., Bartholomeus, R., Eertwegh, G. v., Gilissen, H., . . . Kooij, W. v. (2020, 03). Aanpak droogte vraagt transitie waterbeheer. *Water governance*.

# **Bijlage 1: Technische gegevens Waterweb**

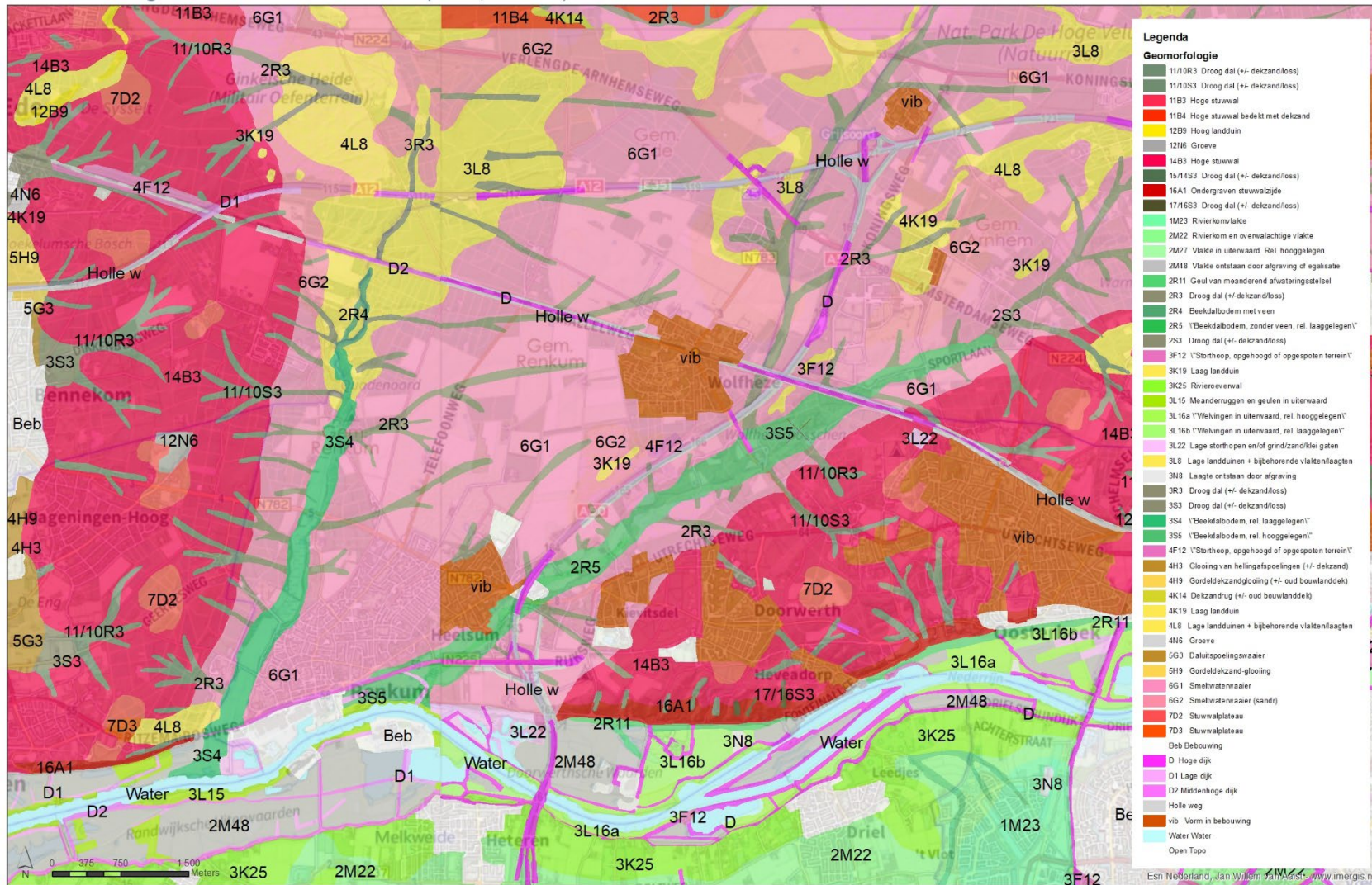
Terreinnaam	Hydrocode	Kaartbladen	Meetpuntcode	Boornummer	Plaatsomschrijving	Mutatiedatum	Raf hoogte meetpunt cm NAP	Maalveld cm NAP	Tot lengte cm	Filterlengte cm	Zandvanglengte	Bov filter cm NAP	Ond filter cm NAP	Diameter bi/bu mm	Xcoördinaat	Ycoördinaat	Materiaal	Afwerking	Binnendiameter	Buitendiameter	Boormeester
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B015	B015	bij poel - ter plaatse van vroegere NM-peilbuis B2	31-jan-20	1624	1562	247	100	2	1479	1379	28	182670	445020	HDPE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B016	B016	bij Rondeel - ter plaatse van vroegere NM peilbuis B8	31-jan-20	1742	1691	445	100	2	1399	1299	28	182415	444971	HDPE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B017	B017	Kop Heelsumse beek - ter plaatse van vroegere NM peilbuis B5	31-jan-20	1632	1579	350	100	2	1384	1284	28	182481	444786	HDPE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B018A	B018ABC	Papiermolenbeek bij Kousenhuisje - oude TNO buis B40A0673 - ondiep	31-jan-20	1683	1658	-268	100	2	1465	1365	28	182858	444959	Staal	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B018B	B018ABC	Papiermolenbeek bij Kousenhuisje - oude TNO buis B40A0673 - middeldiep	31-jan-20	1682	1658	-2562	100	2	-828	-928	28	182858	444959	Staal	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B018C	B018ABC	Papiermolenbeek bij Kousenhuisje - oude TNO buis B40A0673 - diep	31-jan-20	1683	1658	-3776	100	2	-2043	-2143	28	182858	444959	Staal	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B019	B019	vochtige heide	31-jan-20	1630	1574	345	100	2	1387	1287	28	182225	444781	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B021	B021	Papiermolenbeek peilbuis P2 Waterschap Vallei en Eem	31-jan-20	1618	1564	237	100	2	1483	1383	40	182952	444980	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B022	B022	Papiermolenbeek peilbuis P1 Waterschap Vallei en Eem	31-jan-20	1654	1574	287	100	2	1469	1369	40	183208	445045	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B023	B023	Papiermolenbeek west vlak voor dam	31-jan-20	1563	1511	205	100	2	1460	1360	28	182646	444876	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B024	B024	Wolfeizerbeek sprengkop noordoost	31-jan-20	1575	1517	157	100	2	1520	1420	28	183096	445168	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B025	B025	Wolfeizerbeek sprengkop zuidoost	31-jan-20	1582	1522	169	100	2	1515	1415	28	183156	445043	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B026	B026	Wolfeizerbeek west	31-jan-20	1589	1537	248	100	2	1443	1343	28	182637	444897	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B027	B027	Rondeelbeek sprengkop bij verharde weg	31-jan-20	1574	1521	236	100	2	1440	1340	28	182778	445139	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B028	B028	Papiermolenbeek ten oosten van hotel	31-jan-20	1737	1684	242	100	2	1597	1497	28	183664	445354	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B029	B029	Papiermolenbeek oost bij samenkomst zijtak	31-jan-20	1793	1743	175	100	2	1720	1620	28	183979	445628	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	P030		Heelsumse beek vanaf bruggetje 13e plank vanaf noordzijde ben str brug	31-jan-20	1529	1408							182352	444732	LINDE	open of tegelstele			Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	S031		Schatting debiet ben str bruggetje - locatie nader te bepalen	31-jan-20									182336	444728	LINDE	open of tegelstele			Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	P032		Heelsumse beek vanaf bruggetje 25e plank vanaf noordzijde ben str brug	31-jan-20	1477	1359							182075	444481	LINDE	open of tegelstele			Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	S033		Schatting debiet ben str bruggetje - locatie nader te bepalen	31-jan-20									182065	444469	LINDE	open of tegelstele			Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B034	B034	Zijtak Papiermolenbeek sprengkop bij parkeerplaats	31-jan-20	1684	1627	227	100	2	1559	1459	28	183253	445415	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart
Beekdal Heelsumse beek	15250975	B40A	B035	B035	Wolfeizerbeek bij samenkomst zijtakken	31-jan-20	1565	1519		100	2	1667	1567	28	182992	445016	LINDE	beschermkoker	28	32	Karel Hanhart

## **Bijlage 2: Geomorfologische kaart (Stichting voor Bodemkartering en Rijks Geologische Dienst, 1980)**

# Meetnet Heelsumse beek

Geomorfologische kaart schaal 1:50.000 (RGD, Stiboka)

Ecohydroloog: Karel Hanhart    Projectnummer: 10264    Datum: 13-5-2021

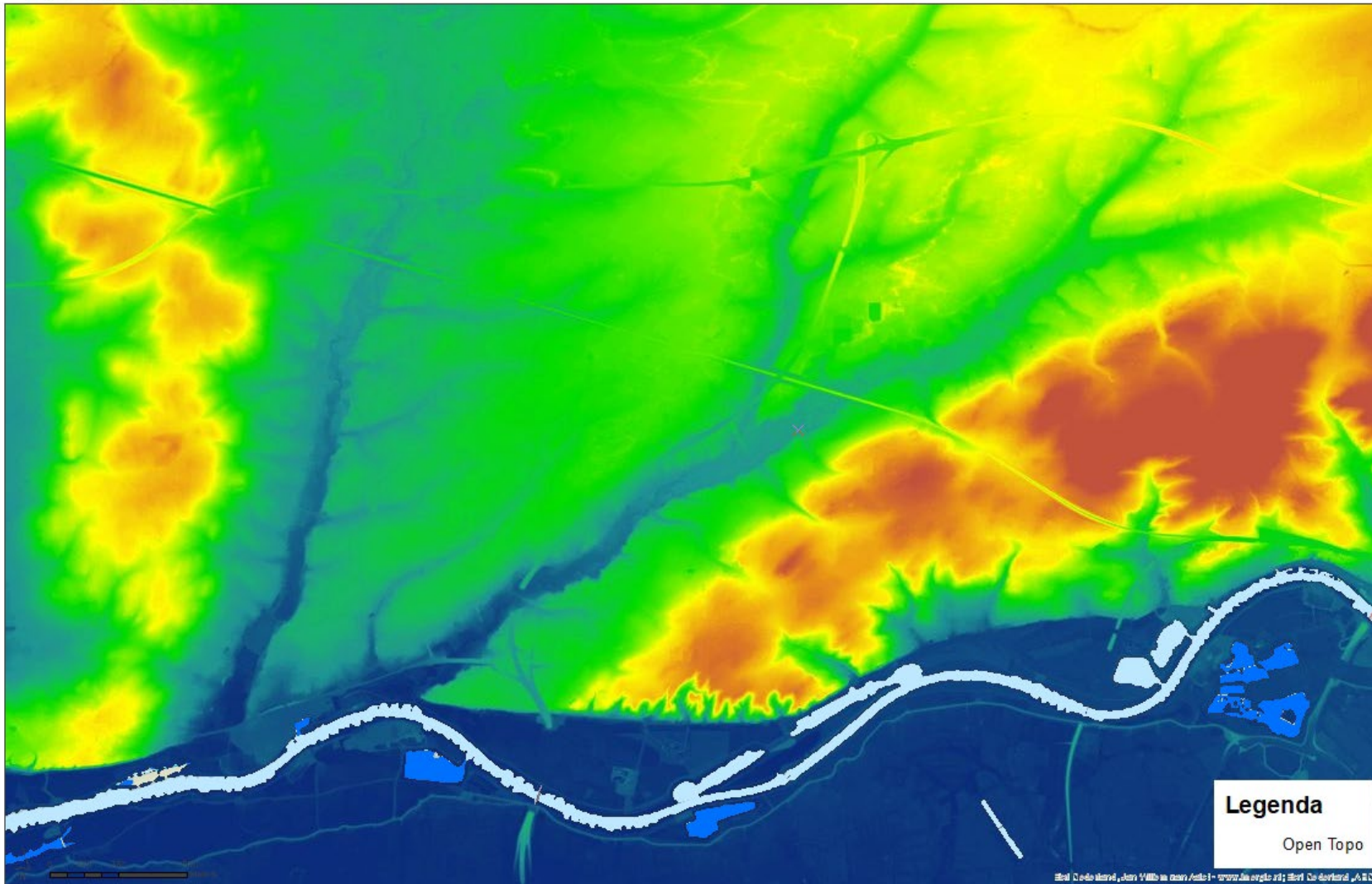


## **Bijlage 3: AHN hoogtekkaart omgeving van het beekdal**



# Meetnet Heelsumse beek

AHN hoogtekaart



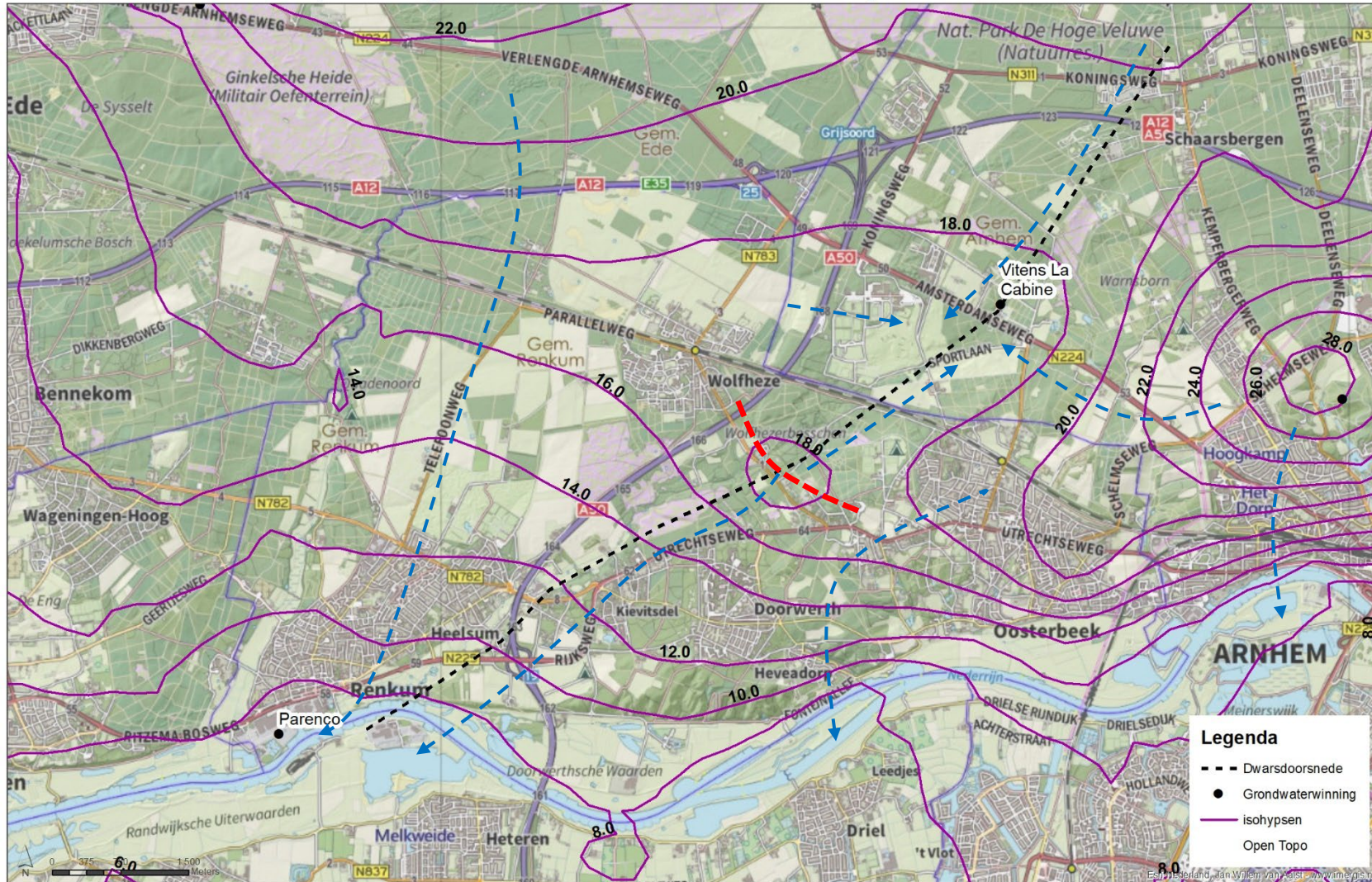
## **Bijlage 4: Isohypsens wvp 1 (Geologische Dienst Nederland - TNO, 2022)**



# Meetnet Heelsumse beek

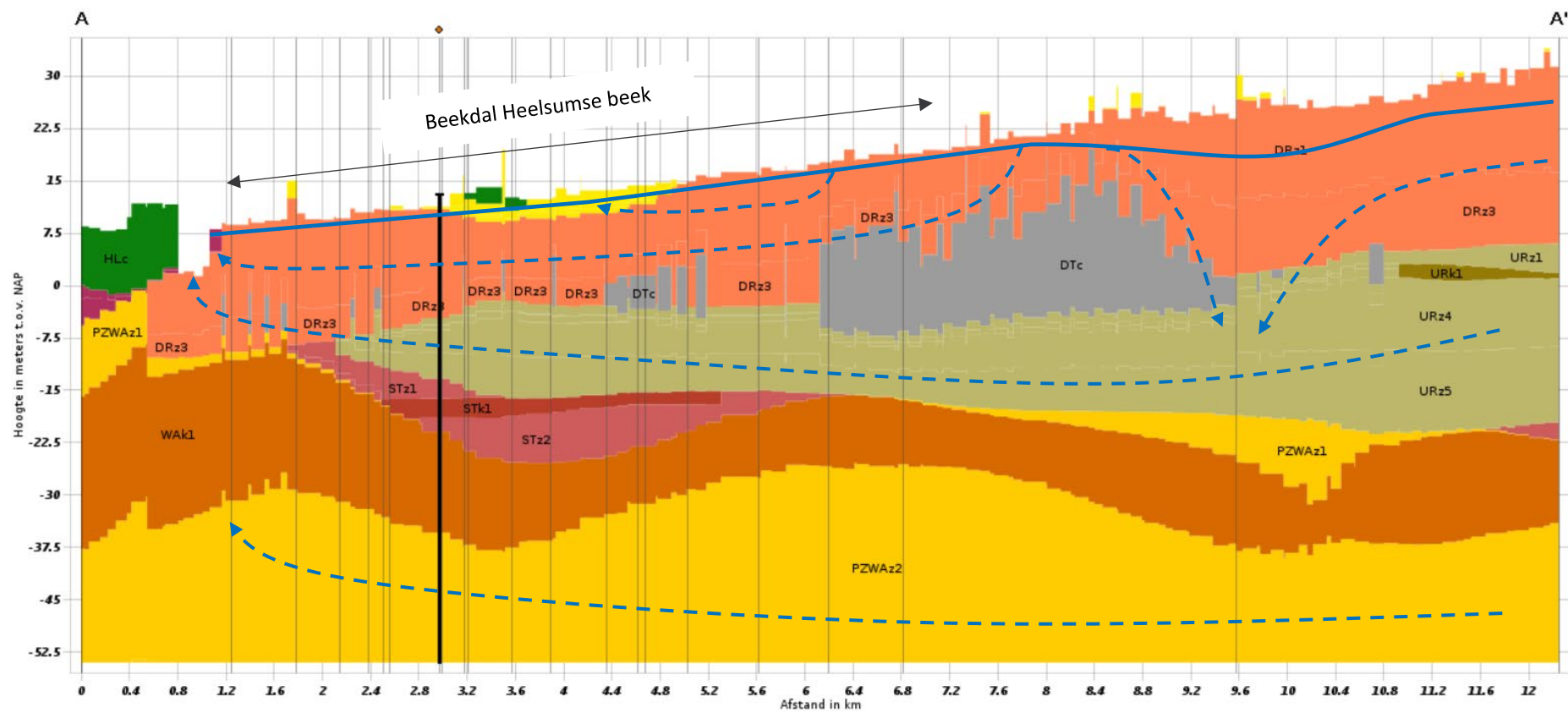
Isohypsen wvp-1 14-01-2016 (bron: www.grondwatertools.nl) en dwarsdoorsnede ondergrond

Ecohydroloog: Karel Hanhart    Projectnummer: 10264    Datum: 13-5-2021



# **Bijlage 5: Geo-hydrologische doorsnede door de ondergrond (TNO Geologische Dienst Nederland, 2022) en globale stromingsrichting van het grondwater**

## Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2



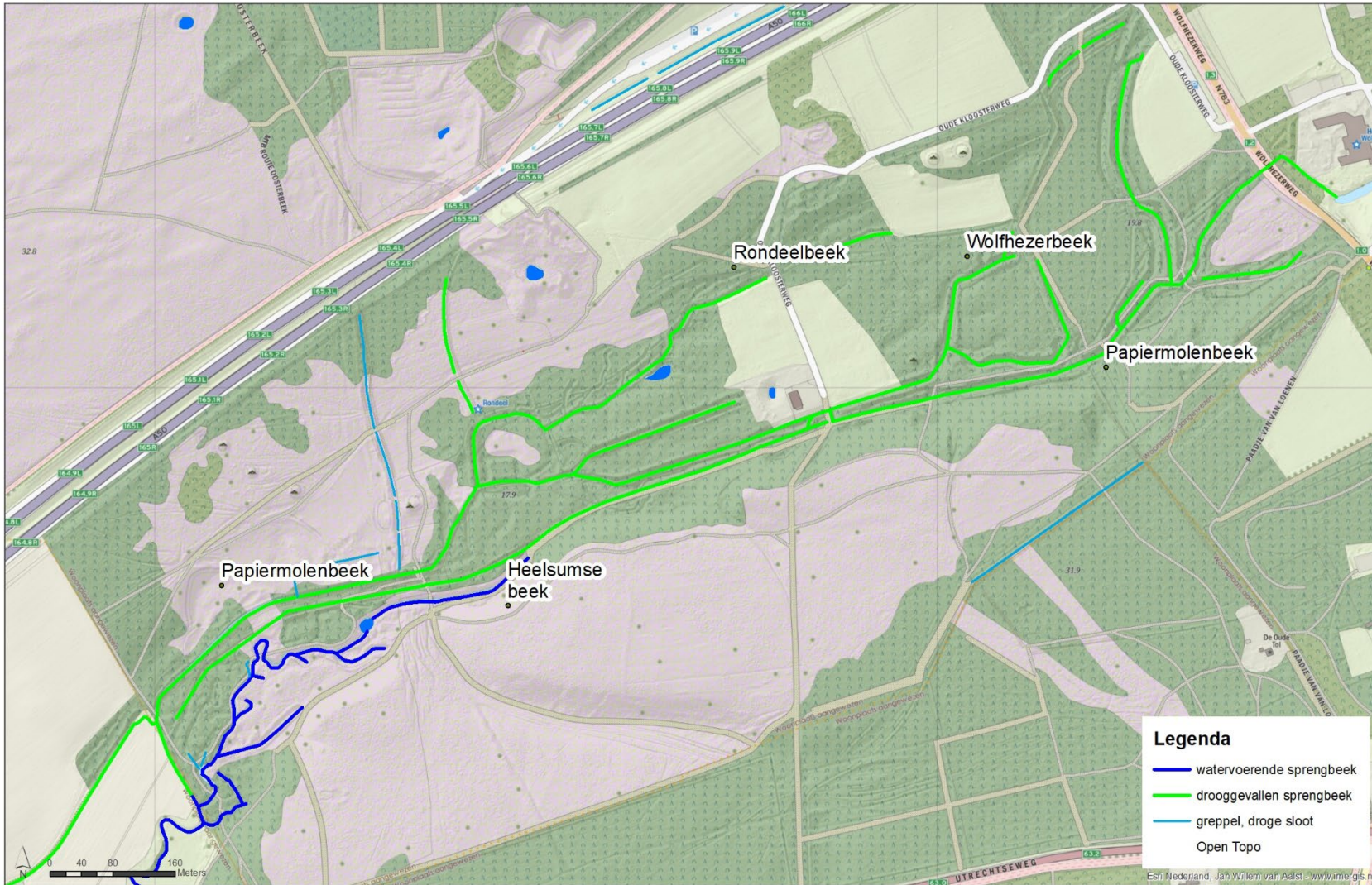
# **Bijlage 6: Sprengbeken in het Heelsums beekdal**



# Meetnet Heelsumse beek

Sprengbeken Heelsums beekdal

Ecohydroloog: Karel Hanhart | Projectnummer: 10264 | Datum: 26-5-2021



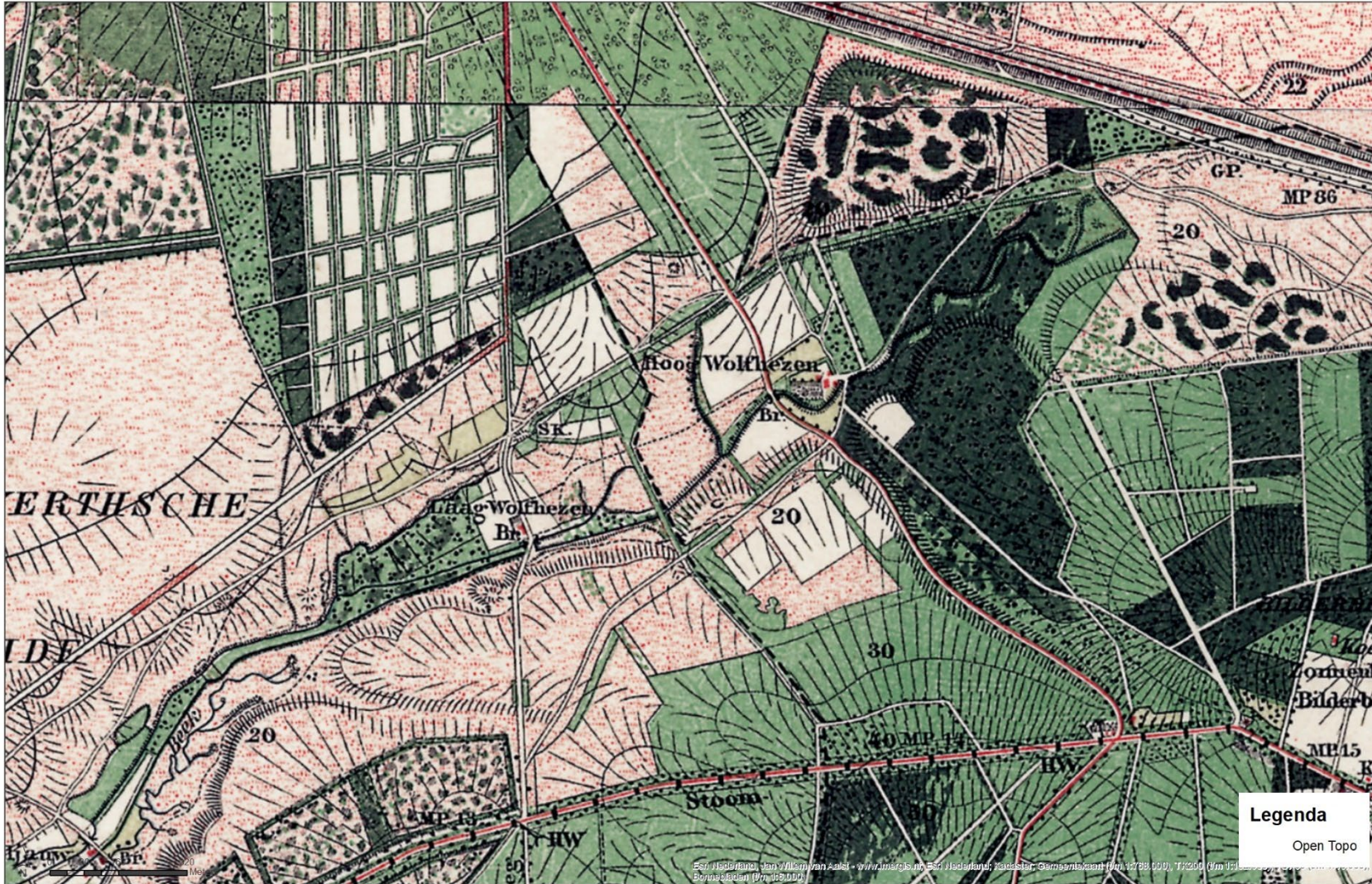
## **Bijlage 7: Historische kaart begin 20ste eeuw van het sprengenstelsel**



# Meetnet Heelsumse beek

Historische kaart begin 20ste eeuw (bron: Topotijdreis.nl)

Ecohydroloog: Karel Hanhart    Projectnummer: 10264    Datum: 14-5-2021



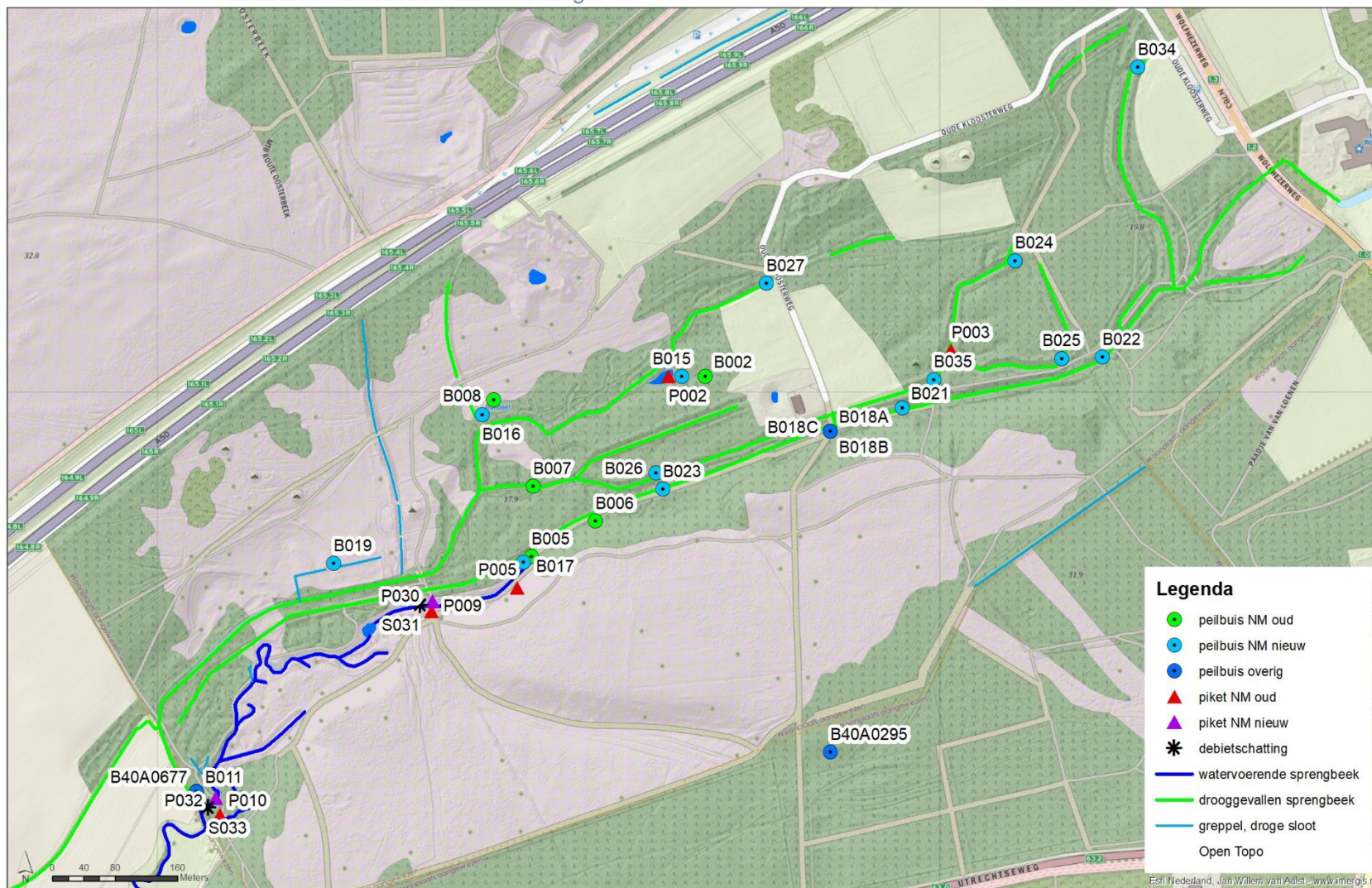
# **Bijlage 8: Peilbuizen en meetpiketten ten westen van de Wolfhezerweg**



# Meetnet Heelsumse beek

Meetnet Heelsums beekdal ten westen van Wolfhezerweg

Ecohydroloog: Karel Hanhart    Projectnummer: 10264    Datum: 14-5-2021



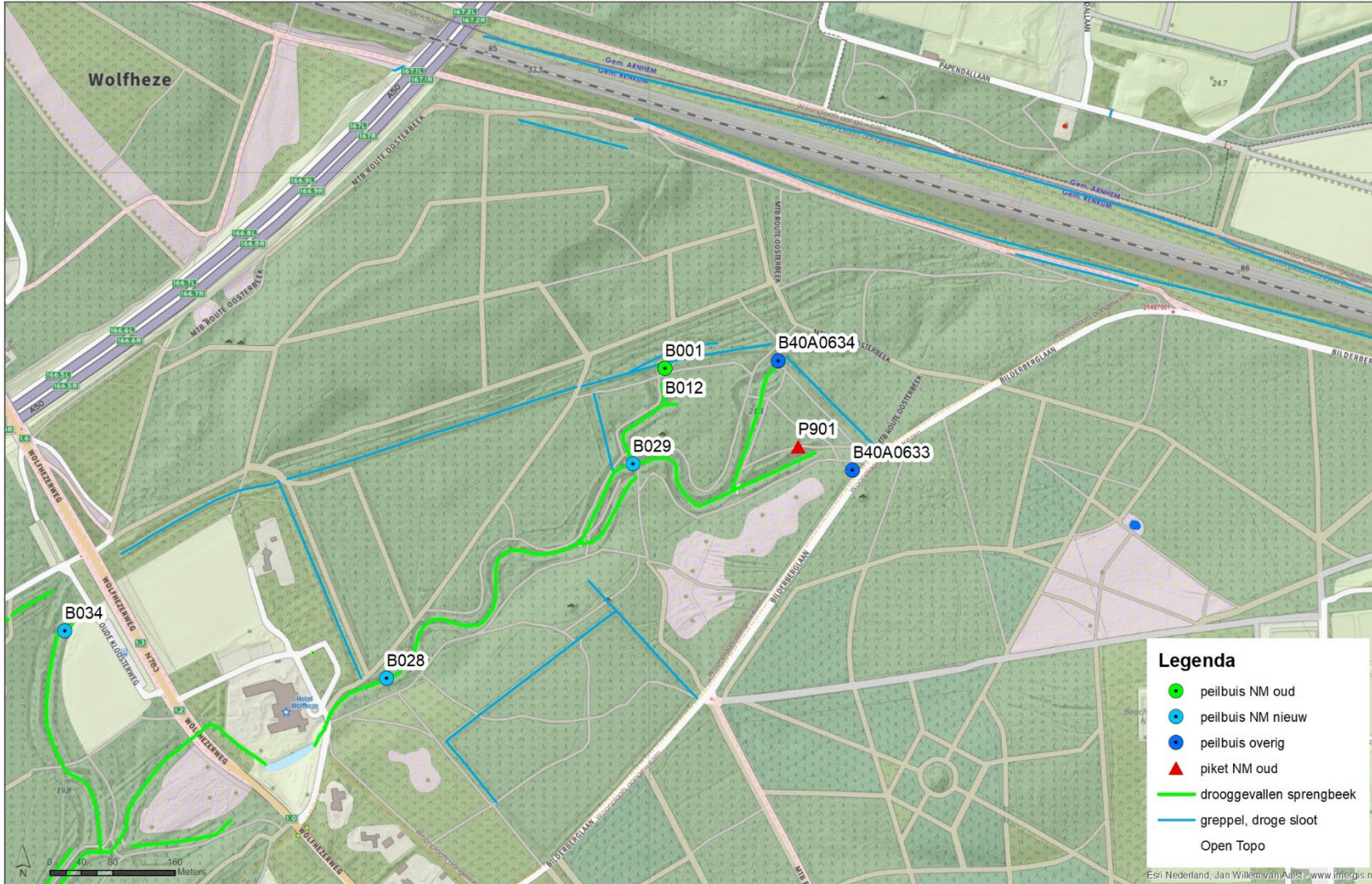
## **Bijlage 9: Peilbuizen en meetpiketten ten oosten van de Wolfhezerweg**



# Meetnet Heelsumse beek

Meetnet Heelsums beekdal ten oosten van Wolfhezerweg

Ecohydroloog: Karel Hanhart    Projectnummer: 10264    Datum: 14-5-2021





Eelerwoude

[www.eelerwoude.nl](http://www.eelerwoude.nl)