

Aanpak verdroging Galigaanmoeras De Geuldert in Natura2000-gebied Sint Jansberg

Op basis van een ecohydrologische systeemanalyse

Definitief rapport

Zwolle, december 2021



Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Wipstrikkerallee 95

8023 DW Zwolle

Telefoon: 06-21526351

E-mail: hullenaar@live.com

Projecttitel: Aanpak verdroging Galigaanmoeras de Geuldert in Natura2000-gebied Sint Jansberg

Opdrachtgever: Provincie Limburg

Auteurs: J.S. Bell en J.W. van 't Hullenaar

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de projectuitvoerder en opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Ecohydrologische systeemanalyse	8
2.1	Oriëntatie	8
2.2	Historische ontwikkeling	11
2.3	Geologie en geohydrologische opbouw	15
2.4	Geomorfologie en hoogteligging	20
2.5	Bodemopbouw	27
2.6	Oppervlaktewatersysteem	30
2.7	Grondwatersysteem	36
	2.7.1 Functioneren van het subregionale grondwatersysteem	36
	2.7.2 Functioneren van het lokale grondwatersysteem	42
	2.7.3 Grondwaterstandsverloop	46
	2.7.4 Indicatieve waterbalans	54
2.8	Hydrochemische situatie	55
2.9	Vegetatie	62
2.10	Habitattypen en habitatsoort	64
3	Synthese en conclusies	67
3.1	Actuele grondwatersituatie in relatie tot standplaatsen	67
3.2	Ecohydrologisch functioneren en knelpunten	68
3.3	Potentiële maatregelen	72
3.4	Aanbevelingen voor nader onderzoek	76

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

In Natura2000-gebied Sint Jansberg is in deelgebied De Geuldert (voor ligging: zie figuur 1.1) onder meer het grondwaterafhankelijke habitattype H7210 Galigaanmoerassen aanwezig. De opgave voor dit habitattype in het N2000-beheerplan is het instandhouden van het areaal en de kwaliteit van de vegetatie. De hydrologische omstandigheden in de Geuldert zijn momenteel echter niet optimaal voor de gestelde natuurdoelen omdat de grondwaterstand te laag is en mogelijk ook vanwege een (hiermee samenhangende) onvoldoende waterkwaliteit. In de huidige situatie wordt als mitigerende maatregel al water ingelaten vanuit een klein beekje (de Helbeek). Ook is langs het westelijke deel van het direct aangrenzende gebied de Kooi, dat in dezelfde laagte ligt als de Geuldert, een kleischerm in de bodem aangebracht, om op deze wijze water beter in de laagte te conserveren. Beide maatregelen lijken onvoldoende voor effectieve aanpak van het probleem.

Om de doelstelling uit het N2000-beheerplan te halen is het nodig de hydrologische omstandigheden te verbeteren. Hiertoe dient onderzoek uitgevoerd te worden naar de oorzaken van de verdroging en de mogelijkheden om de verdroging aan te pakken. Hiertoe dient zowel op regionale als lokale schaal het functioneren van het hydrologische systeem onderzocht te worden. Daarbij dient op lokaal schaalniveau behalve de Geuldert ook het aangrenzende gebied de Kooi in beschouwing genomen te worden, aangezien dit gebied deel uitmaakt van dezelfde laagte.

Het habitattype H7210 Galigaanmoerassen komt in de Geuldert voor in combinatie met de eveneens grondwaterafhankelijke habitattypen H91E0C Vochtige alluviale bossen en H91D0 Hoogveenbossen. Vooral het habitattype Vochtige alluviale bossen vormt ook het leefgebied van de habitatsoort H1016 Zeggekorfslak (Provincie Limburg, 2019). Ook voor deze habitattypen en habitatsoort zijn in het Natura2000-beheerplan instandhoudingsdoelen geformuleerd. Verder komt in het projectgebied ook moerasbos voor dat niet kwalificeert als habitattype, maar wel waardevol is of is geweest. Ook behoud / herstel van dit moerasbos is belangrijk. Het is daarom belangrijk om ook de overige hier aanwezige grondwaterafhankelijke habitattypen, de habitatsoort Zeggekorfslak en het niet kwalificerende moerasbos in de systeemanalyse te betrekken, zodat uiteindelijk op basis van de inzichten in het functioneren van het hydrologische systeem en de samenhang hiervan met alle hier aanwezige grondwaterafhankelijke moeras(bos)typen en de hierin voorkomende soorten de juiste maatregelen worden afgeleid voor de instandhouding van het complex als geheel.

Doelstelling

Doel van het project is het inzichtelijk maken van de oorzaken van de verdroging en de mogelijkheden voor aanpak van de verdroging van het Galigaanmoeras in deelgebied de Geuldert in N2000-gebied Sint Jansberg, en dit te doen in samenhang met de andere hier aanwezige habitattypen H91E0C Vochtige alluviale bossen en H91D0 Hoogveenbossen, het niet kwalificerende moerasbos en de habitatsoort H1016 Zeggekorfslak.

Vragen die daarbij beantwoord moeten worden zijn:

- Wat is de actuele (grond)watersituatie in relatie tot de standplaatseisen, niet alleen voor een gemiddelde situatie (gedurende de afgelopen 10 à 15 jaar) maar ook in extreem droge jaren (zoals 2018 en 2019)?
- Waarom is er in de huidige situatie sprake van een niet optimale hydrologie: komt dit door aantasting van het regionale systeem en/of door lokale oorzaken?

- Welke maatregelen kunnen worden uitgevoerd om de omstandigheden te verbeteren?
- Is er aanvullend (veld)onderzoek nodig voor het goed inzichtelijk maken van de werking van het hydrologische systeem / het bepalen van de juiste (wijze van uitvoering van de) maatregelen?

Aanpak

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is inzicht nodig in het functioneren van het hydrologische systeem en de samenhang hiervan met de grondwaterafhankelijke habitattypen en habitatsoort. Hiertoe is een ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd. De systeemanalyse is in eerste instantie vooral door middel van een bureaustudie uitgevoerd. Op basis van de resultaten hiervan zal blijken in hoeverre de vragen beantwoord kunnen worden en kan worden vastgesteld of er aanvullend (veld)onderzoek nodig is.

De systeemanalyse is opgebouwd uit de volgende hoofdonderdelen:

- Voorbereiding & oriënterend veldbezoek.
- Bureauonderzoek.
- Synthese en conclusies.

Vorbereiding en oriënterend veldbezoek

De voorbereiding betreft de aanscherping van de projectbeschrijving, het voeren van een startbespreking met de projectgroep en het opvragen van de beschikbare gegevens. Om het gebied te leren kennen en te horen welke ontwikkelingen er spelen is op 22-4-2021 ook een oriënterend veldbezoek uitgevoerd. Het veldbezoek heeft plaats gevonden met personen die het gebied en de hier spelende ontwikkelingen goed kennen: J. van Mierlo en C. Geujen van Natuurmonumenten en J. Bode van waterschap Limburg.

Bureauonderzoek

De systeemanalyse is grotendeels uitgevoerd op basis van bureauonderzoek. Dit onderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Opstellen korte algemene kenschets van het deelgebied. In deze beschrijving zijn ook de bevindingen van het oriënterende veldbezoek verwerkt.
- Beschrijving van de historische ontwikkeling van het gebied.
- Beschrijving van de geologie en de geohydrologische opbouw van zowel de stuwwal als het gebied aan de voet hiervan.
- Vervaardiging van AHN-hoogtekaarten en beschrijving van de geomorfologische gesteldheid / hoogteligging.
- Het op basis van de beschikbare boorbeschrijvingen opstellen van een oriënterende beschrijving van de ondiepe bodemopbouw.
- Beschrijving van het oppervlaktewatersysteem.
- Beschrijving van het functioneren van het (sub)regionale grondwatersysteem en de positie van het lokale systeem van de Geuldert hierbinnen, onder meer aan de hand van een (geo)hydrologisch dwarsprofiel vanaf de Geuldert tot aan de Mookerplas.
- Analyse van het grondwaterstandsverloop in de Geuldert en de directe omgeving hiervan op basis van de beschikbare meetreeksen van de peilbuizen en oppervlaktewaterstandsmeetpunten. Met behulp van het programma Menyanthes zijn de GXG-waarden bepaald en er wordt ingegaan op de situatie in de recente extreem droge zomers. Ook wordt een vergelijking gemaakt van de actuele omstandigheden met de standplaatseisen van Galigaanmoeras en andere

- Op basis van beschikbare gegevens wordt een oriënterende beschrijving opgesteld van de hydrochemische situatie.
- Beschrijving van de vegetaties van de grondwaterafhankelijke habitattypen en de overige grondwaterafhankelijke vegetaties die in de Geuldert en het naast gelegen gebied de Kooi voorkomen.

De synthese en conclusies omvat de volgende onderdelen:

-

7

2 Ecohydrologische systeemanalyse

2.1 Oriëntatie (zie figuur 2.1)

De Geuldert betreft tezamen met het ten westen hiervan gelegen De Kooi een moerasgebied aan de voet van de stuwwal van de Sint Jansberg. Het gebied ligt ten noordwesten van Milsbeek, nabij het dorpje Plasmolen, dat is genoemd naar een voorheen hier aanwezige watermolen (zie voor verdere beschrijving: paragraaf 2.2: historische ontwikkeling). Ten zuidwesten van het gebied (hemelsbreed op circa 2,5 km afstand op de plek waar de rivier het dichtst nabij de Geuldert ligt) stroomt de Maas.

In de Geuldert ligt een uitgeveende plas met in de oeverzone hiervan onder meer Galigaan. Rond de plas en in deelgebied De Kooi is moerasbos aanwezig. Beide deelgebieden worden van elkaar gescheiden door een wal die ook als toegangspad naar het gebied wordt gebruikt.

Het moerasgebied wordt aan de zuidzijde begrensd door de Rijksweg N271 en de Schildersweg. Aan de noordzijde van de Schildersweg, dus direct grenzend aan het moerasgebied, is vrijstaande bebouwing aanwezig. De tuinen van de huizen lopen door tot aan de plas of het moerasbos. Ten zuiden van de Schilderweg ligt camping de Geuldert.

Verder naar het zuiden ligt de Mookerplas: een zandwinplas die vooral eind jaren 1960 grotendeels is aangelegd en eind jaren 1970 is uitgebreid tot de huidige omvang. De plas is in gebruik als recreatiegebied: er liggen twee jachthavens, er is een strand en er ligt een camping. De plas staat via een keersluis in verbinding met de Maas. De keersluis is meestal open maar kan bij hoge rivierwaterstanden worden gesloten.

De Geuldert wordt aan de oostzijde begrensd door de Helweg en ten oosten hiervan ligt het gebied De Diepen van Natuurmonumenten. Hier is eind 2018 / begin 2019 een natuurontwikkelingsproject uitgevoerd. Hierop wordt in paragraaf 2.2 bij de beschrijving van de recente ontwikkelingen dieper ingegaan.



2.2 Historische ontwikkeling

Historische kaart 1900 (zie figuur 2.2a)

Op de kaart van 1900 is te zien dat destijds niet alleen in de Geuldert en de Kooi maar ook verder oostelijk aan de voet van de Sint Jansberg moeras aanwezig was en dat dit moeras ook uitgestrekt was. Het gaat hierbij om het moerasgebied van de Diepen (dit is het gedeelte ten westen van de Zwarte Weg) en het Koningsven (dit is het gedeelte ten oosten van de Zwarte Weg). Ook in het overgangsgebied naar de Maas (het Middelaarsbroek) liggen drassige delen, onder meer het Kromven.

Aan de voet van de stuwwal is op de kaart een plas te zien die vanuit de stuwwal via twee bronbeekjes wordt gevoed (de bovenloop van de Molenbeek en de Helbeek) en is gecreëerd ten behoeve van de aandrijving van een watermolen: de Plasmolen. De bovenloop van de Molenbeek watert via een dal op de plas af. De Helbeek is hiertoe vanuit een verder oostwaarts gelegen dal via een opgeleide beekloop aan de voet van de Sint Jansberg met de plas verbonden. Langs de bovenloop van de Molenbeek is nog een tweede watermolen aanwezig, met een eigen plas: de Bovenste Plas. Nog verder stroomopwaarts ligt een derde plas (het Groene Water): deze plas is aangelegd voor de boven-aandrijving van de watermolen bij de Bovenste Plas. Dit gehele stelsel en ook de watermolen bij de Bovenste Plas is ook in de huidige situatie nog aanwezig. De watermolen bij de Onderste Plas is verdwenen.

Het stelsel waterde via het benedenstroomse deel van de Molenbeek af naar de Maas. Vanuit het gebied ten zuiden van de Plasmolen waterden nog twee watergangen hierop af: een watergang direct ten zuiden van de Plasmolen (de Grote Sieplossing) en de afvoerloop van het Kromven. Via een zijloop en een duiker onder de voorloper van de Rijksweg (de Grintweg) waterde het akkerland ten zuiden van de Schildersweg af op de Grote Sieplossing.



Figuur 2.2a Topografische kaart 1900

De Geuldert is dan nog een geheel open moerasgebied. De Kooi was tot 1890 een open moerasgebied maar is in 1900 grotendeels al veranderd in een moerasbos. Via een duiker onder de Grintweg (dit is de voorloper van de Rijksweg) ter hoogte van westelijke deel van de Kooi waterde het moerasgebied af. Vanaf de duiker werd het overvloedige water vervolgens via een loopje ten zuiden van de Onderste Plas afgevoerd naar de benedenloop van de Molenbeek.

Ontwikkelingen in de 20^e eeuw (zie figuren 2.2b en 2.2c)

Aan het begin van de 20^e eeuw werd de Onderste Plasmolen opgeheven en werd de hier toen al aanwezige oude herberg omgevormd in een hotel-restaurant-café, waarbij de Onderste Molenplas in gebruik wordt genomen als roeivijver.

Vooraf in de jaren 1930 vindt ontginning van het uitgestrekte moerasgebied van de Diepen en het Koningsven plaats. Ook de drassige delen in het overgangsgebied naar de Maas worden dan drooggelegd. Ook wordt eind jaren dertig ten westen van de Onderste Molenplas een vijver aangelegd: de Vijver Witteweg.

Eind jaren zestig wordt de ontginning van de Diepen en het Koningsven voortgezet: ook de laatste moerassige delen direct tegen de stuwwal aan worden dan grotendeels droog gelegd en in cultuur genomen. Alleen een paar smalle strookjes direct aan de voet van de stuwwal in deelgebied de Diepen worden niet in cultuur genomen.

Vanaf eind jaren 1950 tot en met eind jaren 1970 vindt aanleg van de Mookerplas plaats. Het gedeelte ter hoogte van de Geuldert wordt grotendeels in de jaren 1960 aangelegd en in de jaren 1970 uitgebreid tot de huidige vorm.

Recente ontwikkelingen

In 2001 brandt hotel-restaurant-café de Plasmolen af. Herbouw zal niet plaatsvinden: op de plek van het afgebrande hotel-restaurant-café zullen vrijstaande woonhuizen worden gebouwd. In de huidige situatie ligt het terrein nog braak.

Sinds circa 2000 wordt als mitigerende maatregel vanuit een klein beekje (de Helbeek) water naar de Geuldert ingelaten. Bij de beschrijving van het functioneren van oppervlaktewater-systeem (in paragraaf 2.6) en de beschrijving van het functioneren van het lokale grondwatersysteem wordt hier dieper op ingegaan. Ook is in 2015 langs het westelijke deel van het direct aangrenzende gebied de Kooi, dat in dezelfde laagte ligt als de Geuldert, een kleischerm in de bodem aangebracht, om op deze wijze water beter in de laagte te conserveren. Ook hierop wordt bij de beschrijving van het lokale grondwatersysteem dieper ingegaan.

Eind 2018 / begin 2019 wordt het natuurontwikkelingsproject in De Diepen uitgevoerd. In het kader hiervan is de voedselrijke bovengrond over een diepte van 40 cm afgegraven en zijn de resterende slootprofielen gedempt, waardoor het hier aanwezige geulenstelsel weer zo goed mogelijk watervoerend is gemaakt, wat voor de wintersituatie al wel is gelukt. In de loop van het voorjaar valt het geulenstelsel echter al snel droog en in de loop van de zomer zakt de grondwaterstand ook ver beneden de bodem van het geulenstelsel weg. De komende jaren is het de bedoeling om het aangrenzende Koningsven te herstellen: hier zal de bovengrond over een diepte van 50 cm worden afgegraven en worden (binnen het natuurontwikkelingsgebied) ook de resterende profielen van de hoofdwatgangen (de Teelebeek en verder oostelijk de Kroonbeek) gedempt. Zodoende kan het watersysteem van het Koningsven op meer verregaande wijze hersteld worden dan in de Diepen, aangezien daar de sterk drainerende werking van de (op de zuidgrens van het natuurontwikkelingsgebied gelegen) Teelebeek niet is aangepakt. In relatie tot de betere mogelijkheden voor het herstel van het hydrologische systeem zullen vanuit het Konings-



Figuur 2.2b Topografische kaart 1950



Figuur 2.2c Topografische kaart 1980

ven eerder en langer wateroverschotten beschikbaar zijn dan nu vanuit de Diepen, waar tot op heden slechts in beperkte mate oppervlakkige afvoer (en uitsluitend in natte winterperioden) heeft plaatsgevonden. Door koppeling van het oppervlaktewatersysteem van het Koningsven met dat van de Diepen zullen de wateroverschotten van het Koningsven worden doorgevoerd naar de Diepen, waardoor de watervoerendheid van het geulenstelsel in de Diepen naar verwachting zal verbeteren.

2.3 Geologie en geohydrologische opbouw

De geologie en de geohydrologische opbouw worden toegelicht aan de hand van de volgende figuren:

- Figuur 2.3a Geologisch dwarsprofiel A-A' tot een de hydrologische basis.
- Figuur 2.3b Geologisch dwarsprofiel A-A', ingezoomd op de ondiepe bodemlagen.

De dwarsprofielen zijn gemaakt op basis van BRO REGIS II v2.2 (TNO-GDN). De beschrijving is opgesteld aan de hand van de Stratigrafische Nomenclator van Nederland, (TNO-GDN, M. Arens, Arcadis, 2020) en de toelichting van de bodemkaart (Stiboka 1976).

De Geuldert ligt aan de voet van de stuwwal van Nijmegen. Deze stuwwal is gevormd in de Saalien ijstijd aan het einde van het midden Pleistoceen. Voordat hierop dieper wordt ingegaan worden eerst alle relevante afzettingen behandeld beginnend met de oudste die de hydrologische basis van het gebied vormen. Dit zijn mariene kleien uit het Tertiair die behoren tot de Formatie van Breda (BRk1). De kleien zijn groen van kleur door de aanwezigheid van glauconiet. De bovenkant van de hydrologische basis is hier gevonden op een diepte van circa -165 mNAP (zie figuur 2.3a). Boven deze kleien komen mariene zanden voor, eerst een circa 90 meter dikke laag van fijne, glauconietrijke zanden van de Formatie van Breda (BRz1) gevolgd door een circa 30 meter dikke laag van fijne tot grove zanden met schelpen van de Formatie van Oosterhout (OOz1).

Aan het einde van het Tertiair nam het invloed van de zee op het gebied af en werd de bodemopbouw bepaald door afzettingen van de grote rivieren. De oudste fluviatiele afzettingen zijn zanden die behoren tot de Kiezeloöliet formatie (Klz). De zanden zijn zeer fijn tot uiterst grof en werden afgezet door een voorloper van de Rijn in de buurt van de kust. De dikte van deze laag is circa 10 meter (zie figuur 2.3b). Boven deze zanden komt in de omgeving van De Geuldert een kleilaag voor, soms samen met bruinkool (Klk1). De dikte van deze laag bedraagt circa 2 meter (B46B0070) tot 4 meter (B46B0069). Volgens REGIS houdt de verbreiding van deze kleilaag ten oosten van de Geuldert op.

In het begin van het Pleistoceen was Nederland een grote rivierdelta van de Rijn en de Maas (zuiden en oosten) en de Eridanosrivier (noorden). De afzettingen van de Eridanosrivier behoren tot de Formatie van Peize en die van de Rijn tot de Formatie van Waalre. Volgens M. Arens (Arcadis, 2020) komt alleen de Formatie van Waalre voor in het onderzoeksgebied maar in REGIS zijn de twee formaties gecombineerd in de eenheid PZWaz. Het betreft hierbij fijne tot grove zanden die zijn afgezet met grind en kleilagen. Deze afzettingen waren oorspronkelijk in een groot gebied aanwezig maar in het midden Pleistoceen vond de Saalien ijstijd plaats waarin landijs vanuit het noorden Nederland heeft bereikt. Het landijs drong door tot het zuiden tot in de omgeving van Nijmegen en het Reichswald (in Duitsland). Het landijs stuwde de onderliggende sedimenten opzij tot stuwwallen. Onder de stuwwal van Nijmegen zijn de oorspronkelijke rivierafzettingen doorgaans afwezig en is alleen onder de rand van de stuwwal hiervan (volgens REGIS) nog een dunne laag (van enkele meters) aanwezig. Volgens de boorbeschrijvingen van de pompputten van de drinkwaterwinning Mookerheide is op deze winlocatie echter wel een laag ongestuwde rivierzanden van circa 20 meter dik aanwezig (Witteveen en Bos, 2012).

De stuwwallen van Nijmegen en het Reichswald zijn gevormd door een ijstong die in de omgeving van Groesbeek heeft gelegen. Waar de ijstong heeft gelegen is een breed dal ontstaan: een zogenaamd glaciaal tongbekken. De ijstong heeft de onderliggende riviersedimenten voor zich uit geduwd tot een hoefijzervormige stuwwal. Door de druk van de gletsjer zijn de bevroren sedimenten dichtbij de ijslob scheef gesteld in schubben en liggen ze over elkaar gestapeld als dakpannen. Verder weg (zoals aan de westelijke kant van de stuwwal van Nijmegen) zijn de lagen meer gaan plooien. Zoals gezegd zijn de stuwwallen grotendeels gevormd uit de voor de ijstijd afgezet rivierafzettingen. Het gaat hierbij dus om lagen fijn en grof zand, maar ook kleilagen.

De stuwwal van Nijmegen is vanuit het noorden en het oosten gestuwd. Ter plaatse van de Sint Jansberg was de stuwing voornamelijk vanuit het noorden. De Sint Jansberg is de zuidelijkste gelegen stuwwal van Nederland. Er is geen keileem afgezet in of om de stuwwal van Nijmegen.

Bij het afsmelten van het landijs stroomde het smeltwater over de laagste plekken van de stuwwal heen en nam veel materiaal met zich mee waardoor erosiedalen ontstonden. Het meegenomen sediment werd afgezet aan de andere kant van de stuwwal in een waaier of spoelzandvlakte (sandr). Dit pakket fluvioglaciale afzettingen (DRz3) bestaat uit lagen van fijn en grof zand met grindlaagjes en is op grote schaal aanwezig aan de westkant van de Nijmegense stuwwal.

Na het Saalien werd het klimaat warmer. In het laat-Pleistoceen heeft in de lage gronden om de stuwwallen heen een vlechtende Rijn veel sediment afgezet: het gaat hierbij om de Formatie van Kreftenheye (KRz3 en KRz4). Ter plaatse van de Geuldert bedraagt de dikte van dit pakket circa 15 meter. Het gaat hierbij om grof, grindrijk zand. In en buiten het geulenstelsel dat het vlechtende Rijnsysteem achterliet is, toen de rivier al wat rustiger was geworden, vervolgens over de gehele oppervlakte een kleiig laagje afgezet (Krk1, ofwel het Laagpakket van Wijchen). Deze laag is 0,5 tot 1 à 2 meter dik. Deze kleiige laag (ofwel leemlaag) is ook ter plaatse van de Geuldert aanwezig en heeft een belangrijke rol in het functioneren van het lokale hydrologische systeem. In paragraaf 2.4 (beschrijving ondiepe bodemopbouw) wordt daarom dieper ingegaan de dikte en ligging van deze leemlaag.

In de laatste ijstijd, het Weichselien, was er geen landijs in Nederland, maar er heerste wel periglaciale omstandigheden, en onder deze omstandigheden vonden eolische afzettingen plaats: in de omgeving van het projectgebied vooral dekzand en elders ook wel löss. Het gaat hierbij om afzettingen van de Formatie van Bortel. Volgens REGIS is in de zone aan de voet van de stuwwal en dus ook ter plaatse van de Geuldert een laag dekzand aanwezig. Op grond van de boorbeschrijvingen van de peilbuizen in de Geuldert volgt echter dat de dekzandlaag hier ontbreekt (zie voor verdere beschrijving: zie paragraaf 2.4).

In de koudste periode van het Weichselien was de bodem in de winter bevroren en smolt in de zomer de bovenste laag. Doordat het dooiwater materiaal met zich meenam werden de erosiedalen in de stuwwallen dieper uitgesleten. Op de plekken waar de erosiedalen uitmonden in de vlakte aan de voet van de stuwwal, werd het meegenomen materiaal weer afgezet: als gevolg hiervan ontstonden hier daluitspoelingswaaiers. Een dergelijke daluitspoelingswaaier is ook ter plaatse van de Helweg aan de oostzijde van de Geuldert aanwezig.

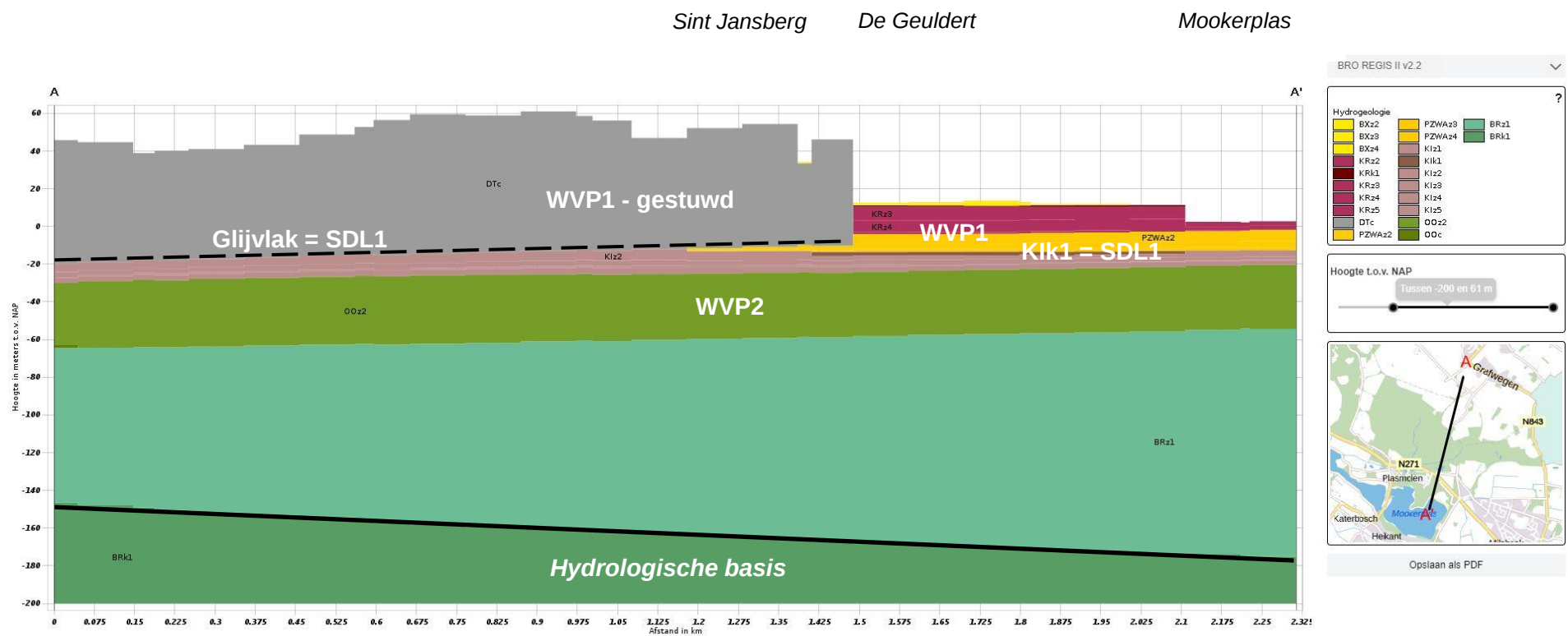
In het Holoceen zijn de erosiedalen grotendeel droog gevallen of is het overgebleven (bron)beekje veel kleiner dan de smeltwatersystemen die de dalen hebben uitgeslepen: deze dalen worden daarom ook wel droogdalen genoemd. In de brongebieden en het geulenstelsel in de laag gelegen zone aan de voet van de stuwwal werd in het Holoceen veen gevormd. Verder naar het zuidwesten sneed de Maas zich in de vlakte van de Pleistocene rivierafzettingen in en in dit dal werden door de rivier klei en zand afgezet. Door opwaaiing van zand ontstonden ook hier en daar rivierduinen.

Het omvangrijke veen van de Diepen en het Koningsven is vrijwel geheel afgegraven voor turfwinning en dit gebied is vervolgens ontgonnen. In de Geuldert is alleen op kleinschalige wijze veen gewonnen en zodoende is hier een plas ontstaan: de Geuldertplas. Rond de plas en waarschijnlijk ook onder de bodem van de plas is nog wel een veenlaag aanwezig (zie voor nadere beschrijving: paragraaf 2.4).

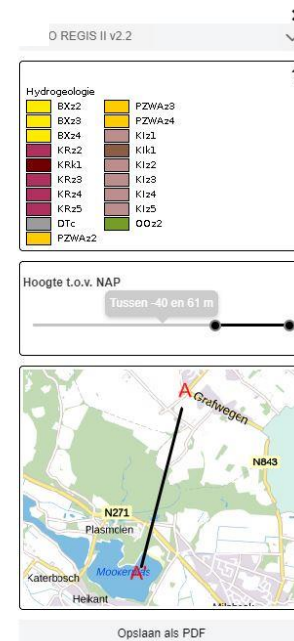
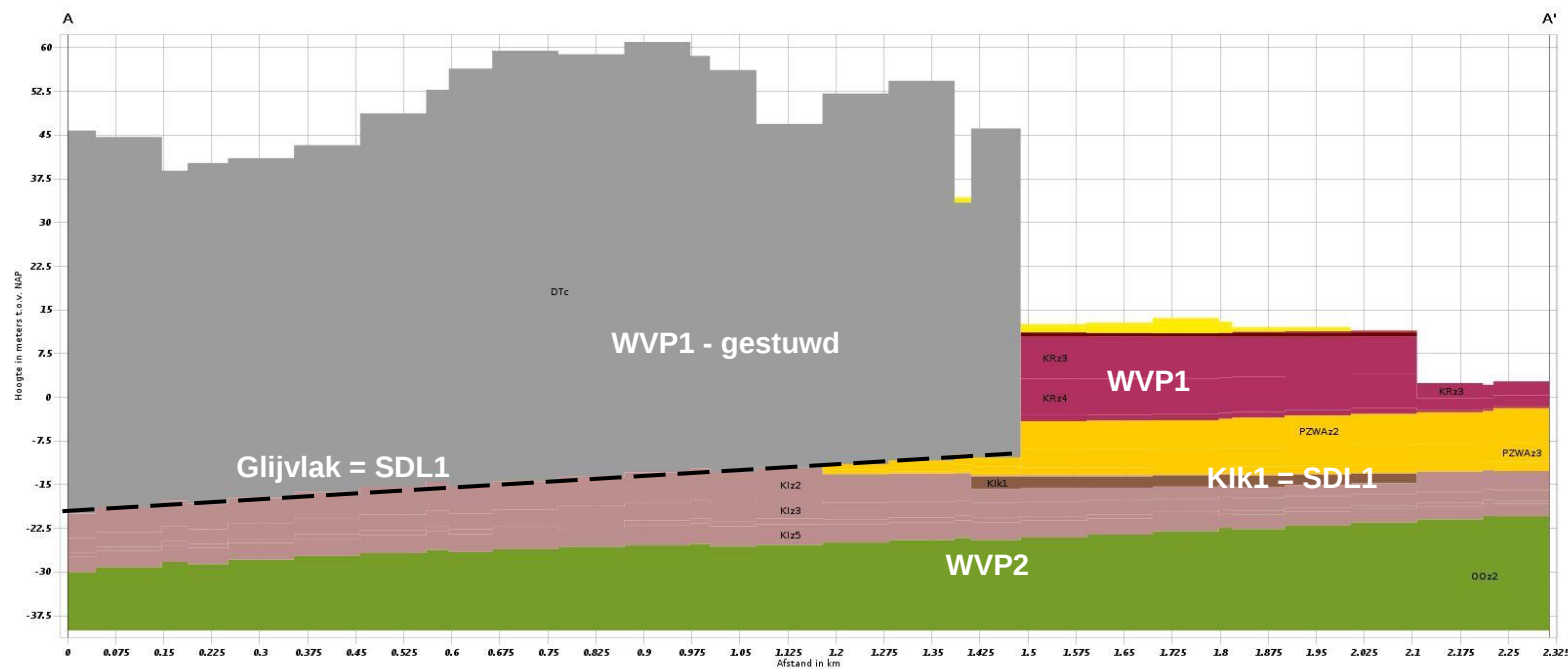
Geohydrologische opbouw

In samenhang met de geologische opbouw is de geohydrologische opbouw van het projectgebied als volgt:

- De praktisch ondoorlatende hydrologische basis wordt gevormd door de bovenzijde van de mariene kleien Formatie van Breda en ligt op -165 mNAP.
- De hierboven gelegen fijne zanden van de Formatie van Breda, fijne tot grove zanden van de Formatie van Oosterhout en fijne tot uiterst grove zanden van Kiezeloöliet-formatie vormen tezamen het tweede, ofwel diepe watervoerende pakket. Ter plaatse van het projectgebied bedraagt de dikte hiervan circa 140 meter.
- In het gebied ten zuiden van de stuwwal vormt de enkele meters dikke kleilaag van de Kiezeloölietformatie een weerstandsbiedende laag en ter plaatse van de stuwwal vormt het min of meer hierop aansluitende glijvlak van de stuwwal een weerstandsbiedende laag. Deze weerstandsbiedende lagen bevinden zich rond de -15 mNAP. De hoog gelegen fluvioglaciale afzettingen aan de rand van de gestuwde afzettingen (westkant van de Nijmegense stuwwal en zuidkant van het Reichswald) hebben geen glijvlak en zodoende ook geen weerstandsbiedende laag in de ondergrond tot de basis.
- In het gebied ten zuiden van de stuwwal, dus ook ter plaatse van de Geuldert, vormen de hierboven gelegen fijne tot grove zanden van Formaties van Peize en Waalre en de grove, grindrijke zanden van de Formatie van Kreftenhheye het eerste watervoerende pakket. De dikte hiervan bedraagt circa 25 meter.
- Hierboven is in het gebied ten zuiden van de stuwwal, dus ook ter plaatse van de Geuldert, de weerstandsbiedende kleilaag van het Laagpakket van Wijchen aanwezig. Deze kleilaag is hier doorgaans 0,4 tot 0,8 meter dik en ligt op een diepte van circa +10 mNAP.
- Daar waar de weerstand van deze kleilaag voldoende hoog is kunnen hierboven lokale systeempjes voorkomen, zoals in de Geuldert en het noordwesten van de Diepen.
- Ter plaatse van de stuwwal vormen de gestuwde rivierafzettingen (bestaande uit lagen fijn en grof zand met hierin ook kleilagen) het eerste watervoerende pakket. Vanwege de stuwing is er hierbinnen sprake van een complexe geohydrologische opbouw als gevolg waarvan ook sprake kan zijn van anisotropie, wat betekent dat de eigenschappen van het systeem zijn niet in alle richtingen hetzelfde hoeven te zijn. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat scheef gestelde kleilagen / kleischotten in de stuwwal het grondwater in andere richtingen laten stromen dan zonder deze kleilagen / kleischotten.
- Ter plaatse van de winning Mookerheide komen er onder de gestuwde afzettingen (en boven de zanden van Kiezeloöliet-formatie), nog ongestuwde, grove rivierzanden van de Formatie van Waalre voor. Omdat deze afzettingen onder het glijvlak liggen behoren ze tot het tweede watervoerende pakket.



Figuur 2.3a Geologische dwarsprofiel – diep (REGIS II v2.2 (TNO-GDN))



Figuur 2.3b Geologische dwarsprofiel – ingezoomd op ondiepe bodemlagen (REGIS II v2.2 (TNO-GDN))

2.4 Geomorfologie en hoogteligging

De hoogteligging en de geomorfologische gesteldheid worden toegelicht aan de hand van de volgende figuren:

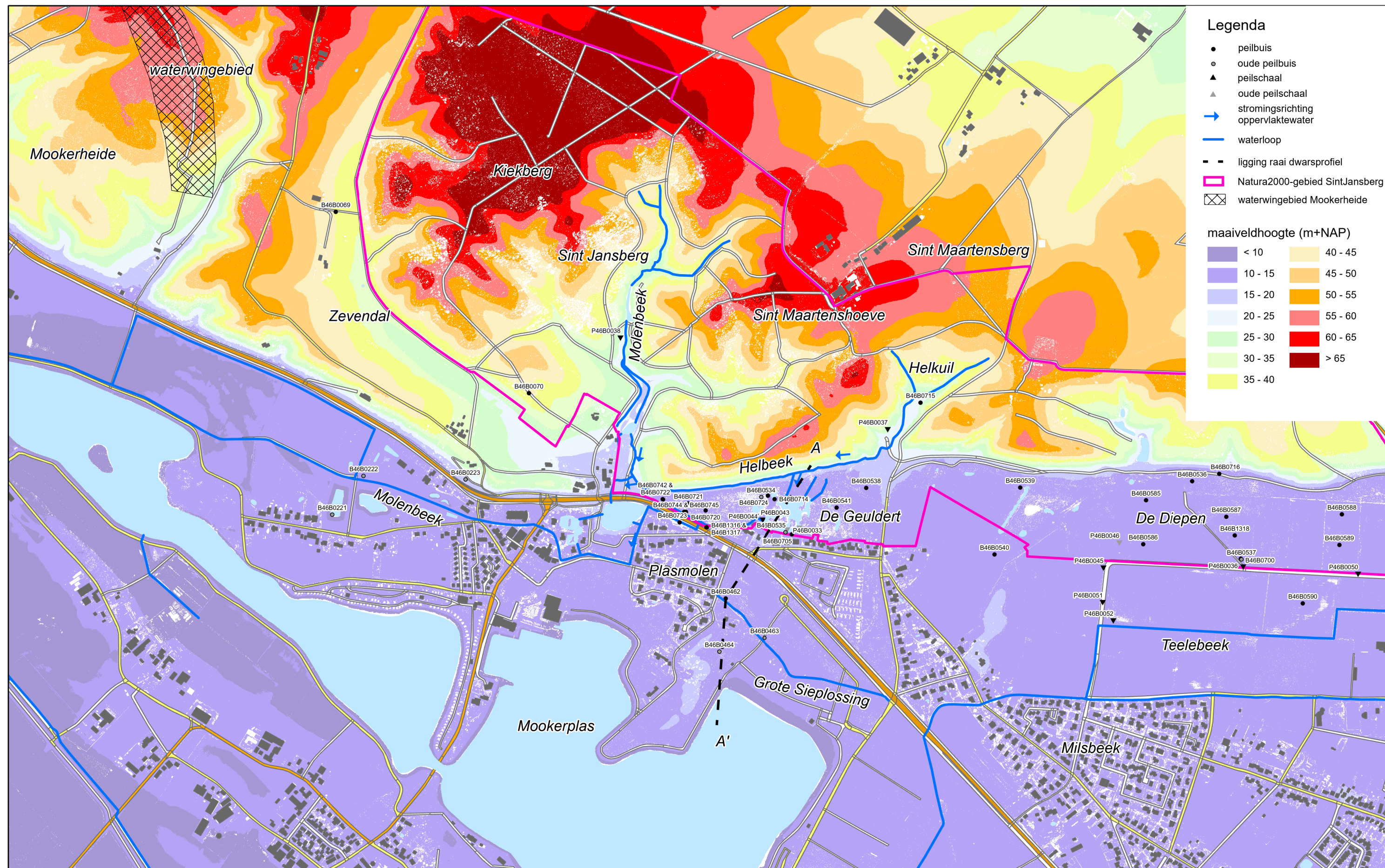
- Figuur 2.4a Subregionale hoogteligging
- Figuur 2.4b Lokale hoogteligging
- Figuur 2.4c Detailhoogtekaart van de laagte van de Geuldert en de Kooi
- Figuur 2.5 Geomorfologische kaart

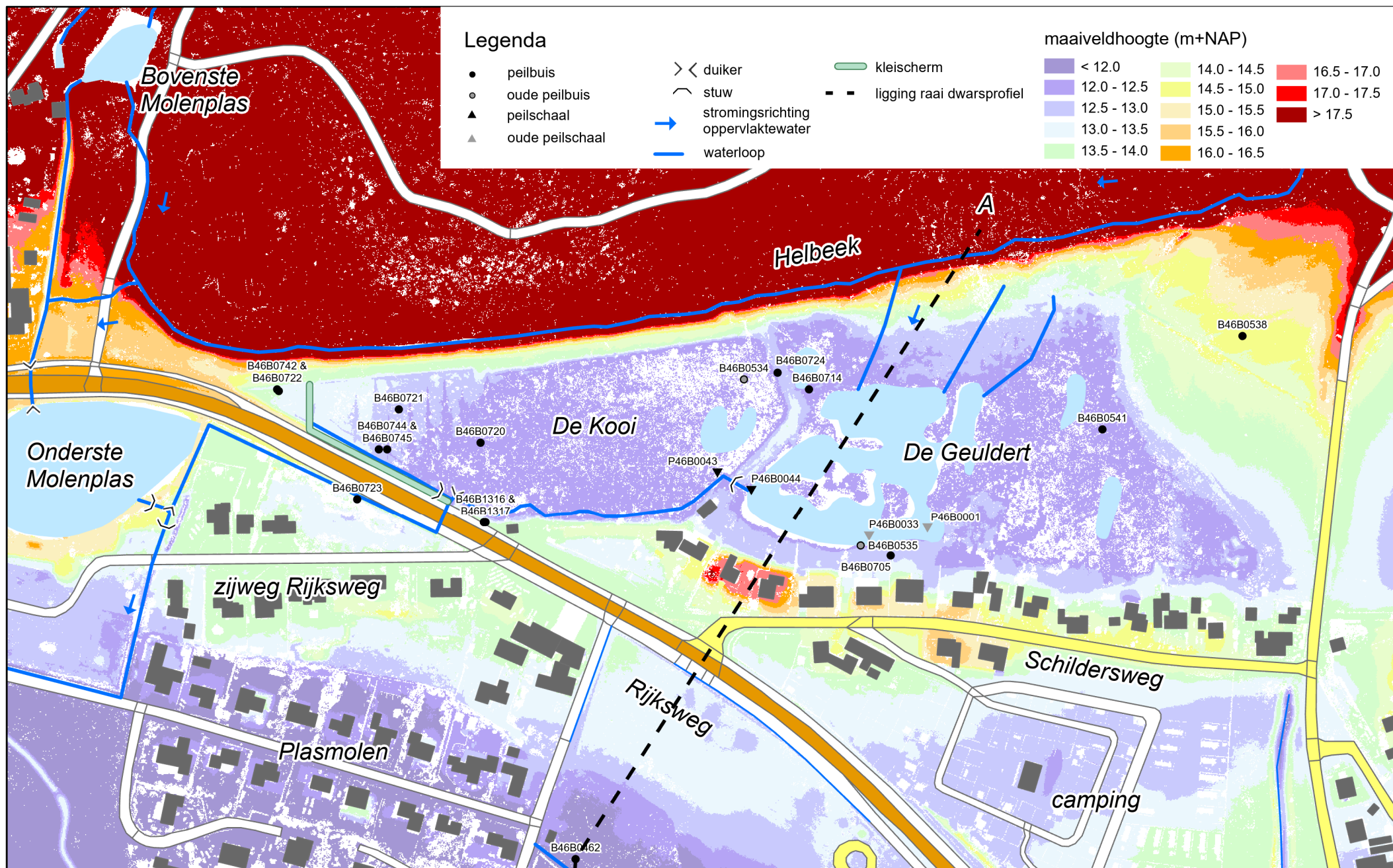
De Geuldert ligt direct aan de voet van de stuwwal Sint Jansberg. De hoogste toppen van de Sint Jansberg zijn de Kiekberg (76 mNAP) en de Sint Maartensberg (66 mNAP). Ter hoogte van de Geuldert is de helling van de stuwwal steil.

Ten oosten van de Geuldert ligt de daluitspoelingswaaier van het erosiedal van de Helbeek. Ten westen van de Kooi is ter plaatse van de monding van het erosiedal de Onderste Molenplas aangelegd, waardoor hier de oorspronkelijke hoogteligging niet meer aanwezig is en dus ook niet duidelijk is of ook hier een daluitspoelingswaaier aanwezig is geweest, maar wat vermoedelijk wel het geval is. Aan de zuidzijde van de Geuldert is ter plaatse van de Schildersweg een dekzandrug aanwezig. Deze dekzandrug loopt in westelijk richting door langs de zijweg van de Rijksweg. Als gevolg van de omsluiting door de daluitspoelingswaaier van de Helweg, de hoger gelegen zone rond de Onderste Molenplas en de zandrug van de Schildersweg is hier aan de voet van de stuwwal de laagte van de Kooi en de Geuldert aanwezig, waarin het veen tot ontwikkeling is gekomen. De laagte loopt ter hoogte van deelgebied de Kooi ook nog onder de Rijksweg door naar zone tussen de Rijksweg en de zijweg van de Rijksweg.

De zandrug aan de zuidzijde loopt niet geheel door tot aan de hoger gelegen zone rond de Onderste Molenplas: er is hier dus een natuurlijke doorgang aanwezig, die waarschijnlijk is opgehoogd ten behoeve van de bouw van de huizen die hier nu aanwezig zijn. Deze doorgang vormt de natuurlijke afvoer van de laagte van de Kooi en de Geuldert en hier ligt ook de Geuldertlossing.

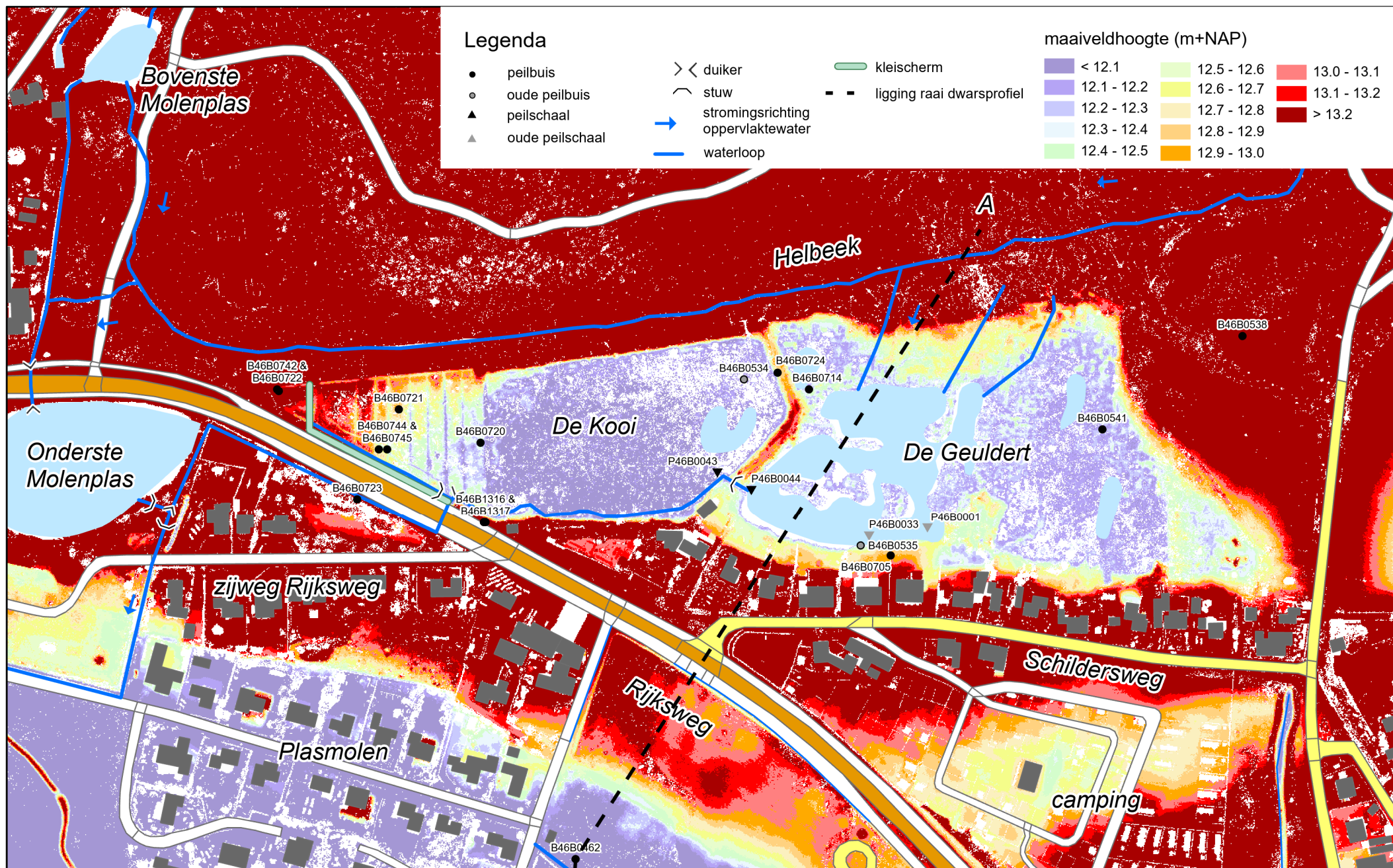
Het maaiveld in het moerasbos van de Geuldert ligt op circa 12,2 tot 12,3 mNAP. Het maaiveld in de Kooi ligt een fractie lager: op 12,2 tot 12,1 mNAP. In het westelijke deel van deelgebied Kooi loopt het maaiveld op van 12,2 naar ruim 13 mNAP. De zandrug aan de zuidzijde ligt tussen de 13,5 mNAP in het westen tot doorgaans 15 mNAP in het oosten en de hoogste delen liggen op ruim 16 mNAP.

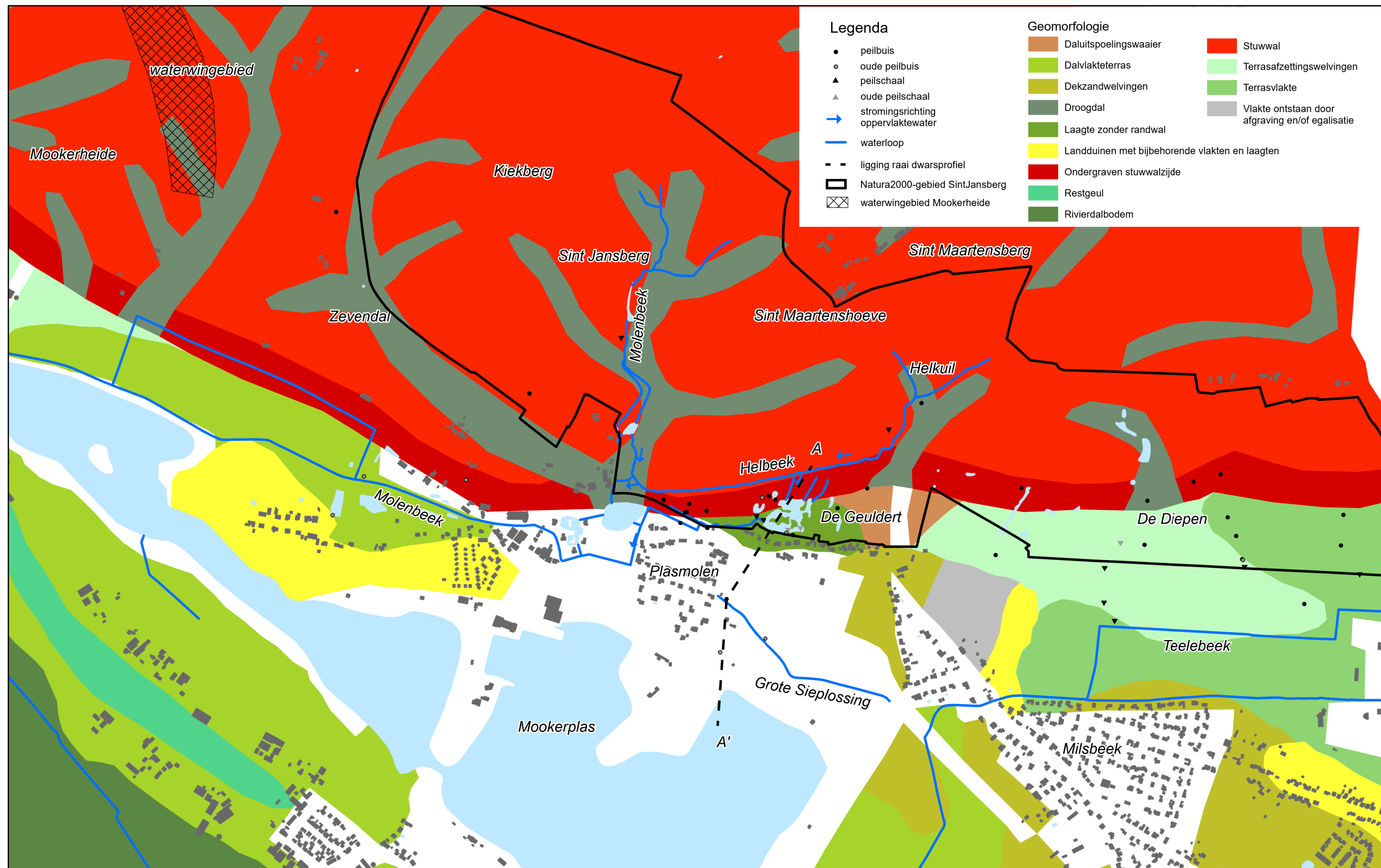




Figuur 2.4b Lokale hoogteligging van de Geuldert en omgeving

1:3,000





Figuur 2.5 Geomorfologische kaart

1:10,000

2.5 Ondiepe bodemopbouw

Inleiding

De standaard bodemkaart schaal 1 : 50.000 (blad 46-oost) is te grof voor een goede weergave van de bodem ter plaatse van het projectgebied. Daarom wordt in deze paragraaf de bodemopbouw beschreven aan de hand van de boorbeschrijvingen van de peilbuizen en de overige beschikbare boorgegevens van het gebied. Daarbij wordt niet alleen de toplaag in beschouwing genomen, maar ook de ondiepe ondergrond (tot op de einddiepte van de boringen ten behoeve van de diepere peilbuizen, ofwel 4 à 5 m -mv). De locaties van de peilbuizen zijn aangegeven op de meeste thematische kaarten die in het rapport zijn opgenomen. In figuur 2.4b zijn de locaties aangegeven op de inzoomkaart van de lokale hoogteligging.

Bodemopbouw de Geuldert

Ter plaatse van de boringen die zijn uitgevoerd in de Geuldert (B46B0714 en B46B0541) en het direct aangrenzende deel van de Kooi (B46B0534,) is een veenbodem aanwezig. Ter plaatse van B46B0534 (B1) is de veenlaag 2,0 meter dik en ter plaatse van B46B0541 (B8) bedraagt de veendikte 1,9 meter. Ter plaatse van B46B0714 (JAB1) is tot aan de einddiepte van de boring (1,55 m -mv) veen aangetroffen. Het veen bevat veel houtresten, en kan daarom worden opgevat als broekveen. Er wordt in de boorbeschrijvingen niet aangegeven in welke mate het veen gehumificeerd (ofwel veraard) is. Wel wordt in de boorbeschrijving van B46B0541 aangegeven dat het om zeer fijn materiaal gaat met een hoge smeerbaarheid, met hierin plantenresten (hout).

Onder de veenlaag is op beide plekken waar ook diepe filters zijn geplaatst (B46B0534 en B46B0541) een leemlaag aangetroffen: dit is de kleiige afzetting van de Formatie van Kreftenheye, ofwel het Laagpakket van Wijchen. Ter plaatse van B46B0534 is de leemlaag 0,7 meter dik en ter plaatse van B46B0541 is de leemlaag slechts 0,1 meter dik. De leem is blauwgrijs, stevig en smeerbaar. Onder de leemlaag bevindt zich een laag lemig zand. Op beide locaties is deze laag 0,4 meter dik. Hieronder bevindt zich ter plaatse van B46B0534 een laag stenen en grind van 0,5 meter. Onder deze laag met grind en stenen, en ter plaatse van B46B0541 direct onder de lemige zandlaag, is tot op de einddiepte van beide boringen (4 m -mv) zeer grof zand aangetroffen (tot 750 µm).

Bij B46B0538 (B3), die in de veel hoger gelegen daluitspoelingswaaier staat, bestaat de bodem tot op 1,25 m -mv uit lemig grof zand met grindjes. Hieronder is tot op een diepte van 4,0 m -mv zandige leem aangetroffen. Hier is dus een 2,75 meter dikke leemlaag aanwezig. Hieronder is tot op de einddiepte van de boring (5,9 m -mv) slecht gesorteerd, veelal grof zand aangetroffen.

Ter plaatse van B46B0705, aan de zuidkant van de Geuldert, in de tuin van de hier aanwezige huizen, aan de voet van de dekzandrug die hier ligt, is tot op een diepte van 1,4 meter zand aangetroffen (waarvan de bovenste helft fijn en de onderste helft matig grof). Hieronder ligt een veenlaag van 0,4 meter. Onder deze veenlaag ligt eerst weer een laag zeer grof zand van 0,4 meter en vervolgens een kleilaag van 0,4 meter met hieronder tot op de einddiepte van de boring (4,2 m -mv) matig grof zand.

Mede op basis van deze boorgegevens wordt in paragraaf 2.7.2 het functioneren van het grondwatersysteem van de Geuldert toegelicht.

Bodemopbouw de Kooi

Van het lage deel van De Kooi is alleen de boorbeschrijving van B46B0534 beschikbaar. Dus de bodemopbouw van het lage deel tussen B46B0534 en B46B0720 (de meest oostelijke boring van het hoger gelegen westelijke deel van de Kooi) is onbekend. Vermoedelijk is ook in dit lage deel een veenbodem aanwezig.

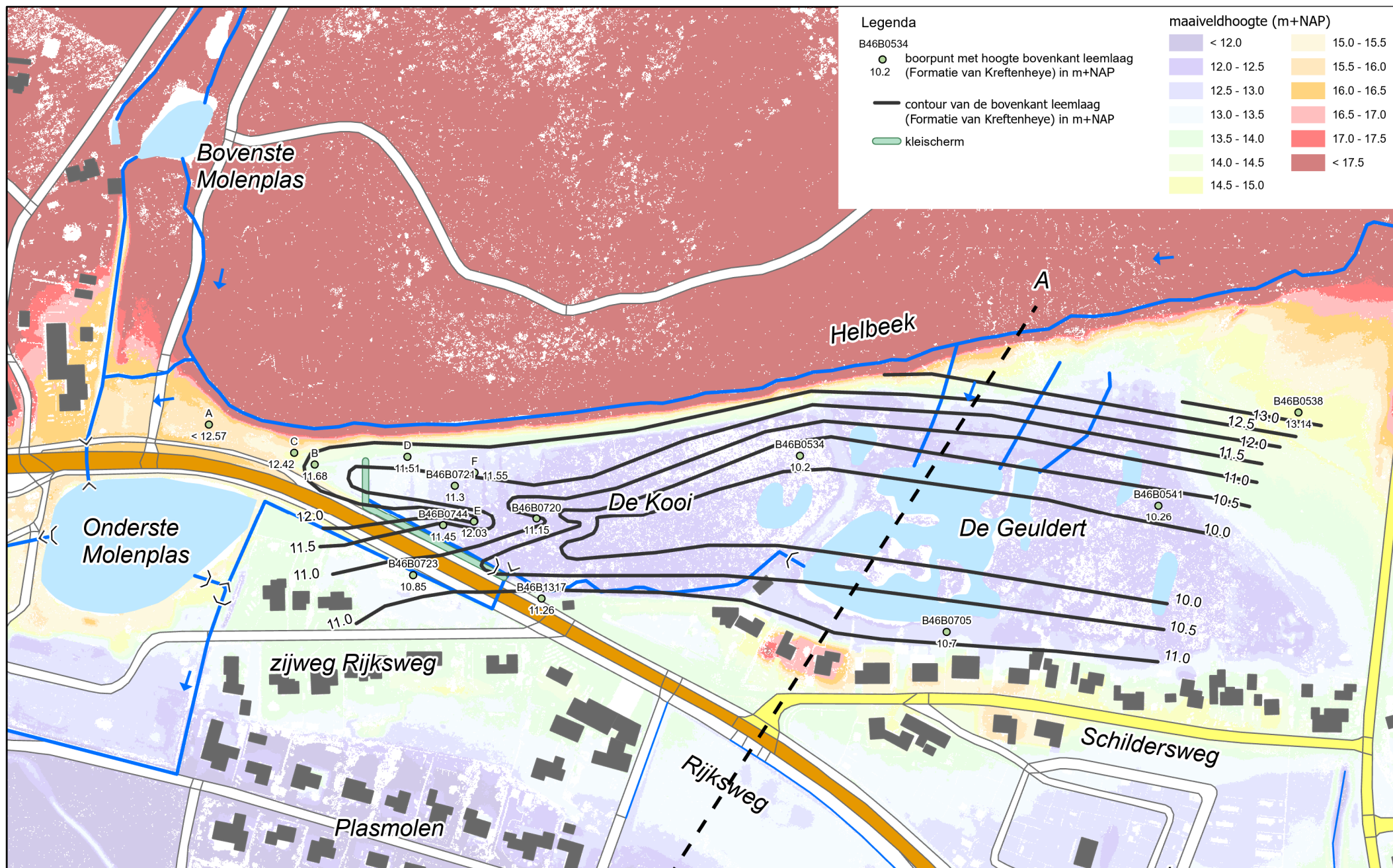
Ter plaatse van het hoger gelegen westelijke deel zijn veel peilbuizen geplaatst in het kader van het hydrologisch onderzoek ten behoeve van het aanbrengen van het kleisperm. Op geen enkele locatie is hier veen aangetroffen. Wel is ter plaatse van peilbuis B46B0720 een laagje van 0,2 meter sterk humeus zand aan de oppervlakte aanwezig. De toplaag van de bodem bestaat overal uit zand. De samenstelling hiervan loopt uiteen van lemig fijn zand tot grof zand. Op alle locaties is de leemlaag aangetroffen. Uit de boorbeschrijvingen van de peilbuizen waar een diep filter is geplaatst (B46B0745 & B46B1316) volgt dat de leemlaag hier 0,8 meter dik is. Hieronder is op deze locaties (lemig) zand aangetroffen. Ter plaatse van B46B0723 (ten zuiden van de Rijksweg) is de leemlaag ook aangetroffen, hier is deze laag 0,4 meter dik, en hieronder is grof zand aangetroffen.

In paragraaf 2.7.2 wordt ingegaan op het functioneren van het kleisperm.

Kaart bovenzijde leemlaag de Geuldert en De Kooi

Op basis van alle beschikbare boorgegevens van de laagte is een kaart gemaakt van de bovenkant van de leemlaag ten opzichte van NAP (zie figuur 2.6). Uit de kaart volgt dat de leemlaag in het projectgebied een geulvormige ligging heeft. Dit komt doordat de leemlaag als een deken is afgezet op het geulen- en ruggenstelsel dat door het vlechtende Pleistocene Rijnsysteem is achtergelaten. In de geul lijkt zich ter plaatse van de kruising met de Rijksweg een drempel te bevinden.

Deze vorm komt overeen met de situatie in de Diepen en het Koningsven: het betreft ook hier een afdekkend kleiig laagje in de verlaten bedding van het vlechtende Pleistocene Rijnsysteem. De geulen zijn in het Holoceen opgevuld met veen. In de Diepen en het Koningsven is het veen vrijwel geheel afgegraven. In de Geuldert (en vermoedelijk ook het lage deel van de Kooi, maar hier zijn geen boorgegevens van beschikbaar) is het veen grotendeels nog aanwezig.



Figuur 2.6 Bovenkant leemlaag (Formatie van Kreftenheye)

1:3,000

2.6 Oppervlaktewatersysteem

Eerst worden de bronbeeksystemen van de beide erosiedalen beschreven: de Helbeek en het bovenstroomse deel van de Molenbeek. Hierna wordt het functioneren van het oppervlaktewatersysteem van de Geuldert zelf behandeld. Aan het einde van de paragraaf worden de Mookerplas en de Maas behandeld. Tussen de Mookerplas en de Geuldert ligt ook de Grote Sieplossing nog, maar deze watergang staat vanwege de sterke verdroging van het gebied rond de Mookerplas meestal droog en zal daarom ook door het waterschap van de legger worden gehaald: dus deze watergang heeft in feite nauwelijks nog een functie.

Helbeek

Aan het begin van het erosiedal van de Helbeek ligt de Helkuil: het brongebied van de Helbeek. Vanaf het brongebied loopt de Helbeek via het erosiedal naar de daluitspoelingswaaier aan de voet van de stuwwal. Vanaf dit punt wordt het water via een opgeleide beekloop nabij de voet stuwwal in westelijke richting geleid. Ter hoogte van de Geuldert is een verdeelwerk in de opgeleide beek aangebracht: hiermee wordt sinds circa 2000 een deel van het water naar de Geuldert geleid, ter mitigatie van de verdroging van het moerasgebied. De rest van het bronbeekwater stroomt verder via de opgeleide beekloop naar de Molenbeek en via de Molenbeek belandt het water in de Onderste Molenplas.

De opgeleide beekloop van de Helbeek is aangelegd voor de watervoorziening van de inmiddels verdwenen watermolen bij de Onderste Molenplas. Voordat de inlaat naar de Geuldert werd gerealiseerd werd al het bronwater van de Helbeek dus naar de Onderste Molenplas geleid. Deze opgeleide beekloop is al eeuwenoud maar betreft dus een onnatuurlijk systeem. In de natuurlijke situatie liep de Helbeek via de daluitspoelingswaaier naar de Geuldert en voedde dus de laagte van de Geuldert en de Kooi met het volledige debiet van de Helbeek.

Molenbeek

De Molenbeek ontspringt op circa 43m NAP in het vertakte erosiedal ten zuidoosten van de Kiekberg. De bronloopjes monden uit in het Groene water: een vijver die is gecreëerd om de watermolen bij de Bovenste Molenplas via een aan de westzijde van het erosiedal opgeleide beekloop geheel van bovenaf aan te drijven. Indien gewenst kan met het verdeelwerk aan de benedenstroomse zijde van deze vijver het water ook naar de beekloop worden geleid die de Bovenste Molenplas voedt en ook deze beekloop wordt gevoed met bronwater. Ook vanuit de Bovenste Molenplas kan het water via een loopje (met afsluiter) naar de watermolen geleid worden en de watermolen halverwege het rad aandrijven. Als de afsluiter wordt dichtgedraaid dan stroomt het water via een opgeleid beekloopje aan de oostzijde van het erosiedal verder af. Dit oostelijke loopje stroomt samen met de Helbeek, en via een waterval en klein loopje stroomt dit water weer samen met de afvoerloop van de watermolen tot de hoofdloop van de Molenbeek. Deze hoofdloop wordt via een duiker onder de Rijksweg door geleid en hier belandt het bronwater in de Onderste Molenplas.

Via een stuwte aan de westzijde van de plas (met stuwpeil van 14,55 mNAP) en een duiker wordt het bronwater doorgevoerd naar een vijver ten westen van de Onderste Molenplas: dit is de vijver langs de Witteweg. Rond de vijver staan vrijstaande huizen met tuinen die uitzicht op deze vijver hebben. Via vererfde waterrechten heeft de vijver recht op 50% van het bronwater van beide bronbeken (dus de Molenbeek en de Helbeek tezamen). Zodoende is dus 50% van het totale debiet beschikbaar voor de inlaat naar de Geuldert. Om te verifiëren of in de huidige situatie bij benadering aan deze voorwaarde wordt voldaan

zijn door J. Bode in april 2021 debietmetingen uitgevoerd. De resultaten hiervan worden in de volgende subparagraaf beschreven.

Met behulp van paar drempeltjes wordt het water in de vijver Witteweg opgestuwd en zo dus geconserveerd. Via een afvoerloopje en een duiker wordt het overtollige water van de vijver afgevoerd naar het benedenstroomse deel van de Molenbeek. Op 22-4-2021 (bij het oriënterende veldbezoek in het kader van de systeemanalyse) was hier sprake van een zeer lichte waterafvoer.

Ook aan de oostzijde van de Onderste Molenplas is een stuwte aanwezig. Dit stuwte is geplaatst om een deel van het bronwater vanuit de plas door te kunnen voeren naar het benedenstroomse deel van de Geuldertlossing. Het stuwte is inmiddels afgesloten. Bij behandeling van het Geuldertsysteem wordt uitgelegd wat de reden hiervan is.

Debietmetingen bronbeken

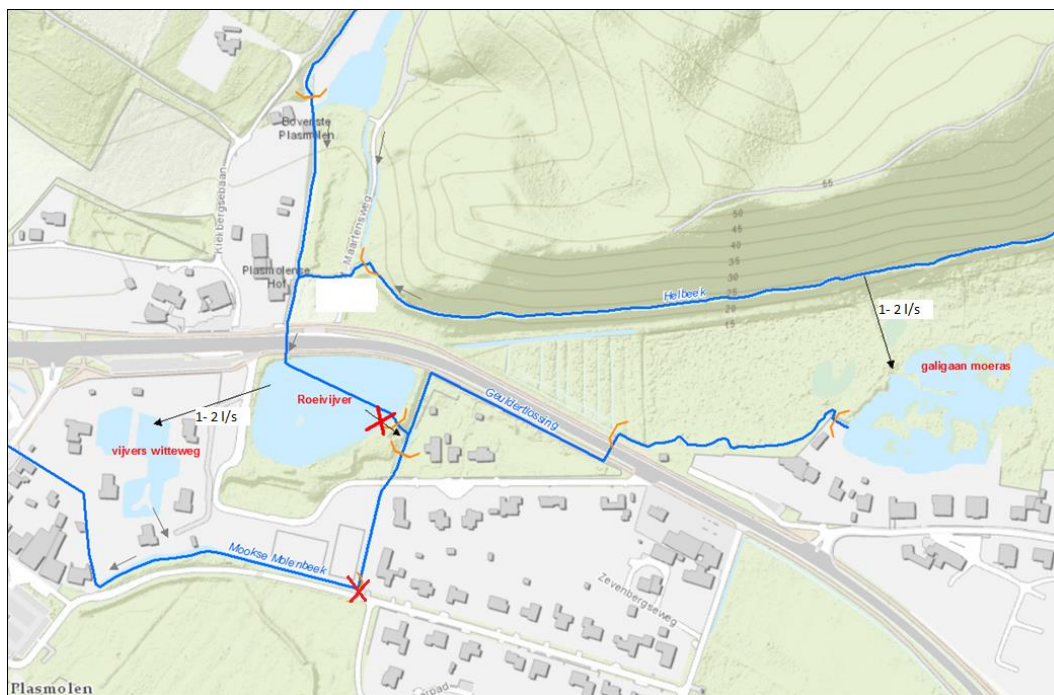
Om te verifiëren of in de huidige situatie bij benadering aan de voorwaarde wordt voldaan zijn door J. Bode in april 2021 debietmetingen uitgevoerd. Hiertoe zijn met behulp van een emmer met een inhoud van 10 liter en een stopwatch op twee plekken de debieten gemeten: ter plaatse van de stuw waarmee het bronwater naar de vijver Witteweg wordt geleid en ter plaatse van de inlaat naar de Geuldert. De meetlocaties en de meetresultaten zijn aangegeven op het kaartje van figuur 2.7. Op beide plekken werd een debiet van circa 1,5 l/s gemeten. Hieruit volgt niet alleen dat de afvoerverdeling van 50% / 50% aardig goed klopt maar ook dat het totale debiet van 3 l/s niet heel groot is.

Het feit dat een aanzienlijk deel van het water van de Helbeek niet wordt ingelaten naar de Geuldert maar doorstroomt naar de Molenbeek, en het totale debiet van dit doorgevoerde bronwater en het bronwater van de Molenbeek ongeveer net zo groot is als de inlaat naar de Geuldert (beide immers circa 1,5 l/l), betekent dat de Molenbeek in de huidige situatie weinig bronwater levert en ook veel minder dan de Helbeek. Want stel dat er van het bronwater van de Helbeek 1 l/s doorstroomt, dan is er slechts 0,5 l/s voeding vanuit de bronnen van de Molenbeek en bedraagt het totale debiet dat door de Helbeekbronnen wordt geleverd dus 2,5 l/s. Stel er stroomt 0,5 l/s door, dan is er 1 l/s voeding vanuit de Molenbeekbronnen en 2 l/s vanuit de Helbeekbronnen. In deze voorbeeldberekeningen is echter geen rekening gehouden met wegzijgingsverliezen, die met name vanuit de Helbeek kunnen optreden.

In het kader van een onderzoek dat is uitgevoerd voor het bepalen van het intrekgebied van het bronsysteem van de Helbeek is in de zomer van 2017 (eind juni t/m half augustus) met behulp van een meetgoot ook een aantal keren de afvoer van de Helbeek gemeten. De gemeten afvoeren liepen uiteen van 4,1 à 4,6 l/s (Van Roestel, Brandsma en Van der Meulen, 2017). De afvoer van het brongebied van de Molenbeek is enige jaren geleden gemeten door de molenaren bij een meetgoot net benedenstrooms van het Groene Water. Onder normale omstandigheden (zonder watertoevoer ter gebruik van de molen) is een afvoer van 5 l/s gemeten (P. Pouwels, Groesbeek Milieujournaal 137, 2009). Dit betekent dat het gezamenlijke debiet van beide bronbeken dus 9 à 10 l/s bedroeg. Dus het huidige debiet is meer dan drie keer lager dan het debiet dat circa 3 jaar geleden nog aanwezig was.

Door de voormalige beheerder van het waterschap zijn voor de Molenbeek circa 15 jaar geleden nog hogere afvoeren gemeten: namelijk 10 à 15 l/s (mededeling J. Bode, waterschap Limburg).

Bij de behandeling van het functioneren van het grondwatersysteem wordt ingegaan op de oorzaak van de variatie in de debieten.



Figuur 2.7 Resultaten debietmetingen J. Bode (waterschap Limburg) in april 2021

Geuldersysteem

Het oppervlaktewatersysteem van de Geulderterplas begint met een aantal bronnen aan de voet van de stuwwal (zie figuur 2.4b of 2.4c). Via enkele bronloopjes stroomt het bronwater naar de Geulderterplas. In combinatie hiermee wordt de plas ook gevoed via de inlaat vanuit de opgeleide Helbeek.

In het zuidelijke deel van de wal die de Geulderterplas en de Kooi van elkaar scheidt ligt een klein afvoerloopje: dit is het begin van de Geulderterlossing. Ter plaatse van de wal is een klein stuwtje in de Geulderterlossing aanwezig: dit stuwtje bepaalt het afvoerniveau van de Geulderterplas en is ingesteld op circa 12,2 mNAP. Indien dit peil wordt bereikt, dan worden wateroverschotten doorgevoerd naar de Kooi. Op 22-4-2021 (bij het oriënterende veldbezoek) was het waterpeil in de plas (onder invloed van het neerslagoverschot van de voorafgaande winter) echter slechts gestegen tot 11,92 mNAP. Dit is dus bijna 3 dm onder de stuwdrempel, terwijl het hierbij dus om een vroege voorjaars situatie gaat, waarbij normaal gesproken verwacht mag worden dat het watersysteem goed op druk is en dus het oppervlaktewaterpeil aan of nabij het afvoerniveau ligt. Uit de grafiek van peilschaal P46B0044 (zie bijlage 3), die nabij de stuw in de Geulderterplas staat (zie figuur 2.4b), volgt dat het waterpeil van de plas al vanaf de winter van 2017 / 2018, dus al ruim drie jaar, niet meer tot aan het afvoerniveau van de plas is gestegen. Dit betekent dus ook dat er al ruim drie jaar geen oppervlakkige afvoer vanuit de plas is opgetreden.

In deelgebied de Kooi vervolgt de Geulderterlossing zijn weg aan de zuidzijde van de laagte. Het betreft hierbij een klein loopje, dat nauwelijks is te onderscheiden van de laagte. Niet alleen dit loopje maar de complete laagte van deelgebied de Kooi was op 22-4-2021 al geheel droog gevallen. Het loopje mondt uit in een duiker onder de Rijksweg. Deze duiker vormt het begin van een lange overkluizing die geheel doorloopt tot aan het punt waar via het stuwtje aan de oostzijde van de Onderste Molenplas water kan worden doorgevoerd naar het benedenstroomse deel van de Geulderterlossing. De overkluizing is ruim 200 meter en ligt getuige de aanwezigheid van een diepe onderhouds- en inspectieput ten zuiden van de weg (mededeling M. Bode, waterschap Limburg) ook diep beneden maaiveld.

Op de plek waar de Geuldertlossing uitmondt in de duiker onder de Rijksweg mondt via een klein stuwteje vanuit het westelijke deel van deelgebied De Kooi nog een zeer ondiepe greppel af op de Geuldertlossing. In dit westelijke deel van de Kooi zijn op de inzoomhoogtekaart (zie figuur 2.4b) ook restanten van een greppelstelsel herkenbaar. Aangezien dit westelijke deel hoger ligt dan de rest van deelgebied de Kooi is dit westelijke deel nog veel droger dan in de rest van het deelgebied.

Via de overkluizing kunnen eventuele wateroverschotten vanuit de laagte van de Kooi en de Geuldert dus worden afgevoerd naar het benedenstrooms gelegen gedeelte van de Geuldertlossing. In de praktijk, en vooral de laatste jaren, gebeurt dit echter niet en ligt de Geuldertlossing vrijwel permanent droog.

Via het stuwteje aan de oostzijde van de Onderste Molenplas kan een deel van het bronwater waarmee deze plas wordt gevoed worden doorgevoerd naar het benedenstroomse gedeelte van de Geuldertlossing. Deze inlaat is aangelegd om het peil in de Geuldertlossing omhoog te krijgen en aldus de verdroging van het moerasbos in de Kooi te bestrijden. Hiertoe is in de Geuldertlossing ook eens stuwteje geplaatst dat is ingesteld op een afvoerniveau van (ruim) 12,2 mNAP. De inlaat heeft in de periode 2015 – 2018 ook daadwerkelijk plaatsgevonden. Het lukte echter niet om hiermee het waterpeil in de Kooi omhoog te krijgen want het inlaatwater bereikte het bovenstroomse uiteinde van de overkluizing niet. En dat terwijl in die tijd het debiet van de bronbeken nog een stuk hoger was dan nu. Dus blijkbaar ging er veel water verloren door lekverliezen ter plaatse van de overkluizing. Omdat het bronwater verloren ging is deze inlaat (door middel van het dichtzetten van het stuwteje aan de oostzijde van de Onderste Molenplas) inmiddels beëindigd. Sindsdien stroomt al het water dat de Onderste Molenplas instroomt dus door naar de vijver langs de Witteweg.

Ook het gedeelte van de Geuldertlossing benedenstrooms van de overkluizing was op 22-4-2021 volledig droog gevallen. Daar waar de Geuldertlossing vervolgens afbuigt naar het westen was in het verleden een verdeelwerk aanwezig, waarmee ongeveer de helft van het water naar het oosten (naar de Grote Sieplossing) en de andere helft naar het westen (naar het benedenstroomse deel van de Mookse Molenbeek) werd geleid. Vanwege watergebrek en omdat de aftakking van het oosten niet meer nodig was, is de oosttak inmiddels afgesloten en stroomt (indien aanwezig) het water dus in in westelijke richting af, naar het benedenstroomse deel van de Mookse Molenbeek. Ook de Grote Siepleiding is vanwege de sterke verdroging van het gebied inmiddels overbodig en zal daarom door het waterschap van de legger worden gehaald.

Het wat dieper uitgegraven benedenstroomse (in westelijke richting lopende) deel van de Geuldertlossing bevatte op 22-4-2021 een klein laagje water: het betrof hierbij overtollig bronwater dat via de afvoerduiker van de vijver langs de Witteweg de loop was in gestroomd. Ten westen van de plek waar de afvoerduiker uitmondt is de watergang iets minder diep uitgegraven en dit gedeelte (dat te beschouwen is als het benedenstroomse deel van de Molenbeek) stond op 22-4-2021 geheel droog. Ook verder benedenstrooms valt de beek veelvuldig droog en kunnen bijvoorbeeld de hier aanwezige forellenvijvers niet meer van beekwater voorzien worden.

Mookerplas en Maas

De Geuldert ligt op een afstand van 500 meter tot de Mookerplas. De langgerekte Mookerplas staat via een kanaal met hierin een keersluis in verbinding met de Maas. De keersluis wordt alleen bij (zeer) hoge rivierstanden gesloten. Onder normale tot droge omstandigheden (dus veruit het grootste deel van het jaar) is de sluis open en staat de Mookerplas in open verbinding met de Maas.

In de Maas is bij Grave een stuw aanwezig. De stuw staat circa 10 km stroomafwaarts van de plek waar de Mookerplas in verbinding staat met de Maas. Het huidige streefpeil van het Maastraject bovenstrooms van de stuw bedraagt circa 8,0 mNAP. In de periode 2003 t/m 2013 is het stuwpeil van de stuw bij Grave gefaseerd verhoogd, in totaal met 30 cm, van 7,7 mNAP in de oude situatie naar 8,0 mNAP in de nieuwe situatie.

In figuur 2.8 wordt het waterstandsverloop van de Maas ter plaatse van de stuw bij Grave weergegeven. Het betreft een ononderbroken reeks vanaf eind 2009 en een korte reeks in de eerste helft van 2003. In dezelfde figuur wordt ook het waterstandsverloop van de Mookerplas weergegeven, zoals vanaf begin 2017 geregistreerd met behulp van een meetpunt van waterschap Limburg ter plaatse van de keersluis. De data en de grafiek zijn aangeleverd door waterschap Limburg.

In de grafiek is te zien dat in de huidige situatie het waterpeil van de Maas meestal inderdaad op circa 8 mNAP ligt en dat het waterpeil in de Mookerplas hieraan bij benadering gelijk is. Alleen bij hoge afvoeren loopt de waterstand tijdelijk hoger op, niet alleen in de Maas, maar (bij niet al te hoge afvoergolven) ook in de Mookerplas. Alleen begin 2021 blijft de peilstijging in de Mookerplas achter bij die van de Maas: terwijl het peil in de Maas dan bij een afvoergolf oploopt naar circa 9,2 mNAP blijft het peil van de Mookerplas steken op tot 8,7 mNAP. Dus blijkbaar wordt de keersluis bij het oplopen van de waterstand in de Maas niet gelijk afgesloten, maar pas bij een sterke peilstijging als gevolg van een hoge afvoergolf.



Figuur 2.8 Waterstandsverloop van de Mookerplas en de Maas bij stuw Grave
(bron gegevens: waterschap Limburg)

In de grafiek is ook te zien dat het waterpeil van de Maas begin 2017 extreem ver is weggezakt, naar een niveau van 5,25 mNAP, ofwel 2,75 meter beneden het normale niveau. Dit was het gevolg van het kapot varen van de stuw bij Grave op 29 december 2016, waardoor in het betreffende stuwpand het waterpeil in sterke mate daalde.

De meetreeks van de Mookerplas begint pas drie dagen nadat het laagste Maaspeil is gemeten: terwijl het laagste peil op 10-1-2017 is gemeten begint de meetreeks van de Mookerplas pas op 13-1-2017. Op 13-1-2017 bedraagt het waterpeil van de Mookerplas 6,8 mNAP en is het waterpeil in de Maas opgelopen naar 6,18 mNAP. En 6 dagen later, op 19-1-2021, zakt de waterstand van de Maas weer weg, naar 5,82 mNAP, terwijl op die dag voor de Mookerplas een waterstand van 6,95 mNAP wordt gemeten. Deze meetwaarden wijzen erop dat de keersluis van de Mookerplas op een gegeven moment is dichtgezet om ervoor te zorgen dat het waterpeil in de plas niet zo ver zou wegzakken als in de Maas en dat vervolgens (onder invloed van de sterke kwelwatervoeding) het waterpeil van de plas weer opliep.

In paragraaf 2.7 wordt ingegaan op het effect van de sterke peildaling (als gevolg van het kapot varen van de stuw) op het grondwatersysteem. Ook wordt in die paragraaf op grond van modelberekeningen (Van Roestel en Geertsema, 2011) aangegeven wat het effect van de stuwpeilverhoging van de stuw bij Grave is geweest op het grondwatersysteem.

2.7 Grondwatersysteem

2.7.1 Functioneren van het subregionale grondwatersysteem

Inleiding

Het functioneren van het subregionale systeem wordt toegelicht aan de hand van berekende isohypsenkaarten en kwelkaarten die met behulp van het grondwatermodel ten behoeve van de planuitwerking van het natuurontwikkelingsgebied de Diepen - het Koningsven zijn vervaardigd (Van Roestel & Geertsema, 2011). Het gaat daarbij om de situatie voordat herinrichting van de Diepen plaatsvond.

Het gaat hierbij om de volgende kaarten:

- Figuur 2.9a: berekende isohypsenkaart voor de GHG-situatie.
- Figuur 2.9b: berekende isohypsenkaart voor de GLG-situatie.
- Figuur 2.10a: berekende kwel in de GHG-situatie.
- Figuur 2.10b: berekende kwel in de GLG-situatie.

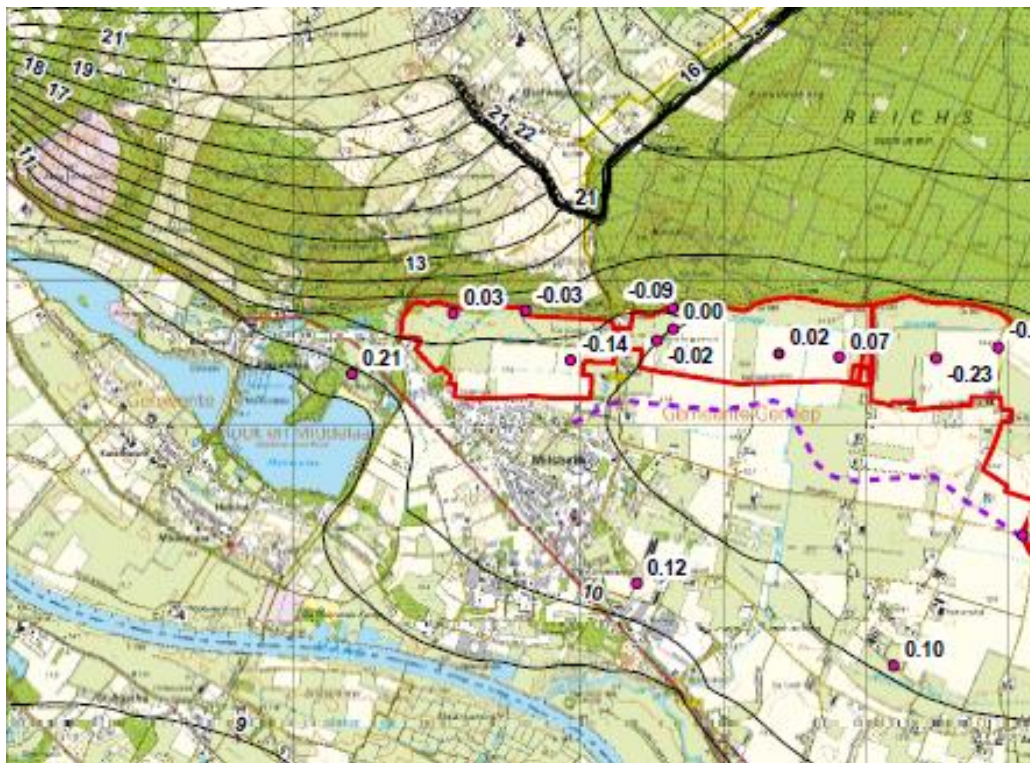
De isohypsenkaart heeft betrekking op het eerste watervoerende pakket. Ter plaatse van de stuwwallen gaat om het pakket van gestuwde rivierafzettingen, bestaande uit zandlagen met hierin ook kleilagen. In de zone aan de voet van de stuwwal gaat het om het pakket van veelal grofzandige Pleistocene rivierafzettingen, onder de leemlaag van het Laagpakket van Wijchen die ter plaatse van de Geuldert en de omgeving hiervan aanwezig is.

Bij de interpretatie van de kaarten moet er rekening mee worden gehouden dat de situatie ter plaatse van de stuwwallen vanwege de complexe geologische opbouw die hier aanwezig is heterogener is dan volgt op grond van de isohypsenkaart. Ook ligt de drinkwaterwinning Mookerheide helemaal aan de rand van dit grondwatermodel: de winning is zodoende alleen met vaste stijghoogten in het model ingebouwd. Desalniettemin zijn de kaarten wel geschikt voor het op oriënterende wijze inzichtelijk maken van het functioneren van grotere geheel. Later wordt op basis van de meetgegevens van het hydrologisch meetnet en de resultaten van het veldbezoek ingezoomd het functioneren van het lokale systeem van de Geuldert.

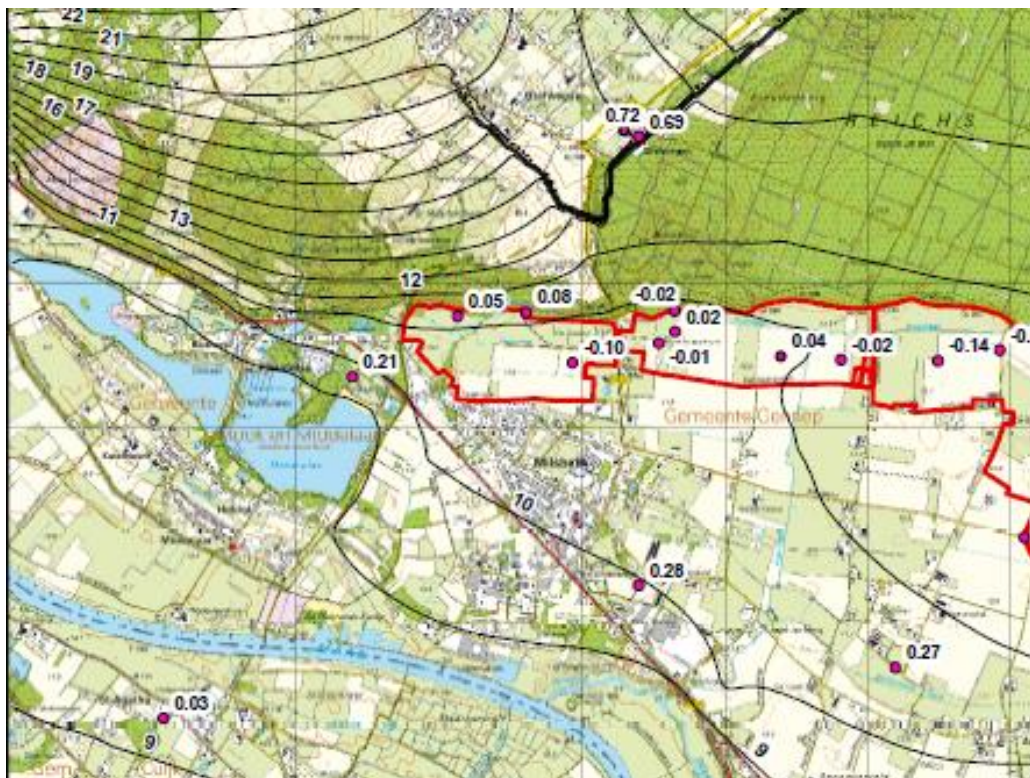
Toelichting van het functioneren van het grondwatersysteem

Uit de isohypsenkaarten (zie figuren 2.9a en 2.9b) volgt dat er ter plaatse van de stuwwal van de Sint Jansberg een sterk opbollende grondwaterspiegel aanwezig is, niet alleen in de GHG-situatie, maar ook in de GLG-situatie. Getuige de veel hogere gemiddelde gemeten grondwaterstand in het gestuwde pakket ter plaatse van peilbuis B46B0070 (13,7 mNAP, voor locatie van peilbuis: zie figuur 2.1, voor grafiek zie bijlage 3). dan de op deze plek berekende isohypsen voor zowel de GLG als de GHG-situaties (om en nabij de 11,5 mNAP) is de opbolling in werkelijkheid nog een stuk sterker dan zoals weergegeven in de berekende isohypsenkaart. Deze opgebolde grondwaterspiegel bevindt zich ver onder maaiveld. De dikke onverzadigde zone vertraagt de voeding met neerslagwater waardoor het lang duurt voordat de neerslag het grondwatersysteem bereikt.

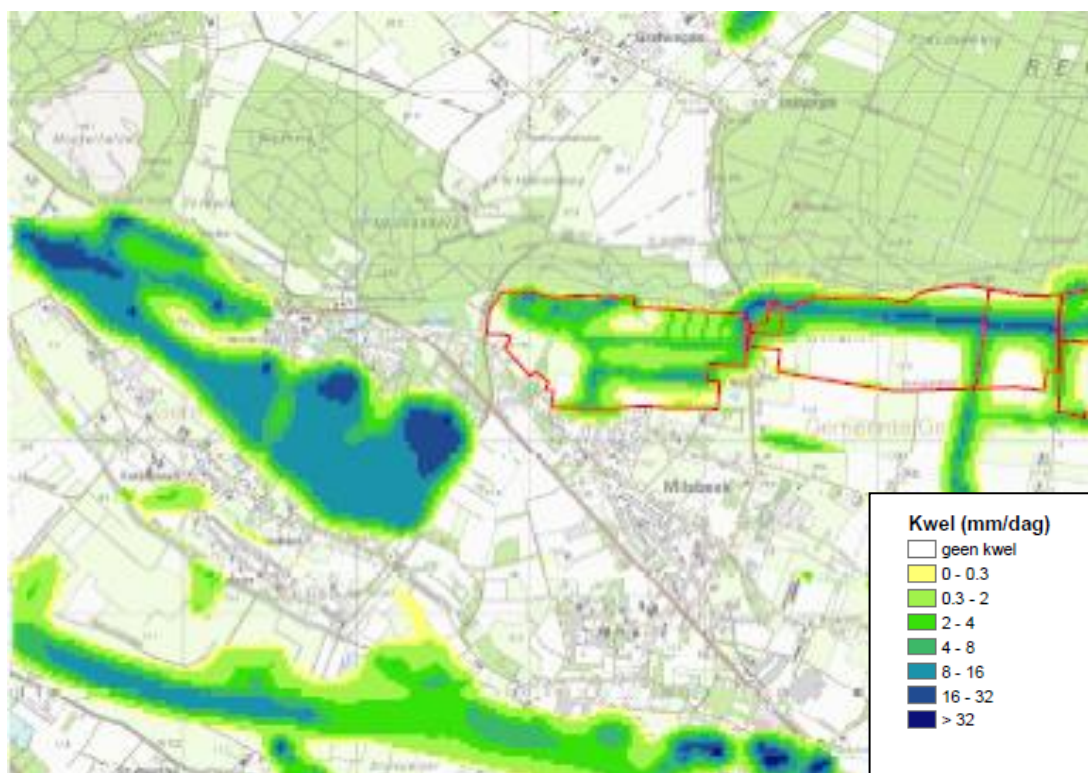
De Kooi, de Geuldert en de Diepen grenzen aan het gedeelte met een sterk opbollende grondwaterspiegel van de Sint Jansberg. Vanuit de Sint Jansberg wordt vooral het eerste watervoerende pakket aan de voet van de stuwwal gevoed. Via het watervoerende pakket stroomt het grondwater in zuidelijke tot zuidwestelijke richting af. Op de kaarten van de berekende kwel (zie figuren 2.10a en 2.10b) is goed te zien dat het grondwater van het watervoerende pakket daarbij wordt gedraineerd door watergangen, de Mookerplas en de Maas. In het gebied van de Diepen en het Koningsven is de zeer sterk drainerende werking



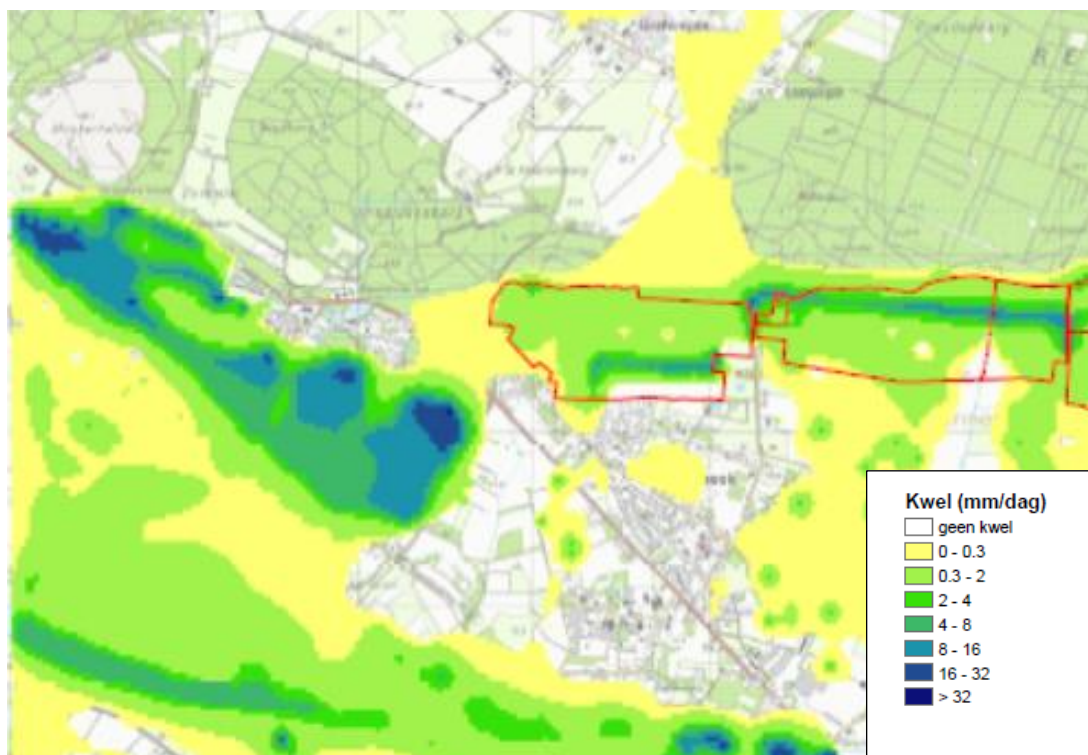
Figuur 2.9a Berekende isohypsenkaart GHG-situatie (Van Roestel & Geertsema, 2011)



Figuur 2.9b Berekende isohypsenkaart GLG-situatie (Van Roestel & Geertsema, 2011)



Figuur 2.10a Berekende kwel in de GHG-situatie (Van Roestel & Geertsema, 2011)



Figuur 2.10b Berekende kwel in de GLG-situatie (Van Roestel & Geertsema, 2011)

van de Teelebeek en (verder oostelijk) de Kroonbeek goed te zien. In de Diepen hebben in de doorgerkende situatie ook de interne sloten nog een drainerende werking, maar deze sloten zijn inmiddels gedempt.

Voor de Geuldert is vooral de zeer sterk drainerende werking van de Mookerplas op het grondwater in het eerste watervoerende pakket van belang. Als gevolg van de aanleg van deze plas is vanuit de Maas tot nabij de voet van de stuwwal een diepe insnijding gemaakt in de zone van de Pleistocene rivierafzettingen. Als gevolg daarvan heeft de Mookerplas een zeer sterke drainerende werking op het grondwater, niet alleen in de GHG-situatie maar ook in de GLG-situatie: in de hoek van de plas die het meest nabij de Geuldert ligt is de allersterkste kwel berekend: het gehele jaar door maar liefst tussen de 16 tot 32 mm/dag. Als gevolg hiervan is op de isohypsenkaarten ook een sterke afbuiging van de isohypsen om de plas heen te zien en hierdoor zijn de isohypsen ook opgeschoven in de richting van voet van de stuwwal en dus de Geuldert.

Voordat aanleg van de Mookerplas plaatsvond werd het drainageniveau van het gebied bepaald door het afvoerniveau van de hier aanwezige watergangen. In de zone die aan de Geuldert grenst was het afvoerniveau van de Grote Sieplossing bepalend. Aangezien het maaiveld in de slenk waarin deze lossing ligt op 10,9 mNAP is, zal het afvoerniveau van deze lossing circa 10 mNAP geweest zijn, terwijl het huidige afvoerniveau van de Mookerplas 8,0 mNAP bedraagt. Dus het drainageniveau van het gebied is door de aanleg van de Mookerplas met maar liefst circa 2 meter gedaald. Dit is dan ook de belangrijkste oorzaak van de extreme verdroging van het gebied rond de plas.

In de periode 2001 t/m 2011 is het stuwpeil van de Maas met 30 cm verhoogd en hierdoor is ook het waterpeil in de Mookerplas mee gestegen. Met het door Oranjewoud vervaardigde grondwatermodel is berekend dat deze peilstijging heeft geresulteerd in een grondwaterstandsverhoging van 10 à 20 cm in het watervoerende pakket van de zone waarin de Geuldert ligt (het gaat hierbij dus om de stijghoogte in de zandondergrond onder de kleilaag).

Begin 2017 is door het kapot varen van de stuw bij Grave het waterpeil in de Maas gedurende enkele weken diep weggezakt; maximaal tot 2,75 meter onder het normale stuwpeil van 8,0 mNAP, dus tot 5,25 mNAP. Het waterpeil in de Mookerplas is (door het sluiten van de keersluis) waarschijnlijk echter veel minder ver weggezakt, namelijk tot een minimum van 6,85 mNAP (zie voor toelichting: paragraaf 2.6).

Het effect hiervan op het grondwatersysteem is middels modelberekeningen onderzocht (Zaadnoordijk, Borren & Mutsaers, 2017). Daarbij is met tijdreeksmodellen voor een groot aantal peilbuislocaties de respons van de verlaging van het Maaspeil na 14 dagen bepaald. Vervolgens is ook afgeleid wat per peilbuislocatie het stationaire effect zou zijn (ofwel het uiteindelijke effect als de peilverlaging permanent zou zijn) en deze resultaten zijn ruimtelijk geïnterpoleerd. Daarbij mag worden aangenomen dat de respons van de peilbuizen rond de Mookerplas, en dus ook ter plaatse van de Geuldert, vooral bepaald wordt door het wegzakken van het waterpeil in de plas met maximaal 1,15 meter. Ter plaatse van de peilbuizen in / nabij de Geuldert bedraagt de berekende respons van het wegzakken van het waterpeil in de Mookerplas met 1,15 m (als gevolg van het stuwincident) op een termijn van 14 dagen tussen de 22 en 25 cm en het projectgebied ligt in de zone met een berekende stationaire verlaging ligt van tussen de 25 en 50 cm.

Hoewel het in beide onderzoeken dus gaat om berekende waarden, volgt (behalve uit de berekende isohypsenkaarten en de kaarten van de berekende kwelsterkte) ook op grond hiervan dat het peil in de Mookerplas sterk bepalend is voor de stijghoogte in de zandondergrond van de Geuldert. Hoewel duidelijk is dat het effect groot is, is het lastig om op grond van deze berekeningsresultaten aan te geven wat het exacte effect van de aanleg van de Mookerplas is geweest, temeer aangezien de berekeningsresultaten niet automatisch kunnen worden doorvertaald naar een situatie van een daling van het afvoerniveau van circa 10 naar 8 mNAP.

Drinkwaterwinningen

Er wordt in de omgeving van de Geuldert in totaal op vijf locaties drinkwater gewonnen uit de stuwwallen en de fluvioglaciale afzettingen van Nijmegen en het Reichswald.

De dichtstbijzijnde winning is Mookerheide die op een afstand van circa 2 kilometer ten noordwesten van de Geuldert ligt (voor locatie op topografische kaart: zie figuur 2.1, voor locatie op hoogtekkaart: zie figuur 2.4a). De vergunde onttrekkingshoeveelheid bedraagt 1,0 miljoen m³/jaar. Het grondwater wordt gewonnen op een diepte van tussen de -12 en -39 mNAP, vanuit het bovenste deel van het tweede watervoerend pakket dat hier vooral uit grove, niet gestuwde rivierzanden van de Formatie van Waalre bestaat (Witteveen en Bos, 2012).

De grootste onttrekking, met een vergunning van 10 miljoen m³/jaar, betreft de drinkwaterwinning Heumensoord, ten zuiden van Nijmegen. De huidige winning is verdeeld over 2 wingebieden: Heumensoord I en II. Heumensoord I ligt op een afstand van circa 9,5 km en Heumensoord II ligt op een afstand van circa 7 km ten noorden van de Geuldert. Circa 73% van de onttrekking vindt momenteel plaats ter plaatse van Heumensoord I (Kiwa, 2007). Het is de bedoeling om het noordelijke wingebied in zuidelijke richting te verplaatsen waardoor het zwaartepunt van deze onttrekking naar het zuiden zal verschuiven en dus dichterbij de Geuldert komt te liggen. Het grondwater wordt onttrokken op een diepte van 3 tot -50 mNAP (Kiwa, 2007) uit zanden van fluvioglaciale afzettingen van de Formatie van Drente en rivierzanden van de Formaties van Sterksel, Peize en Waalre. Er is hier geen slecht doorlatende laag aanwezig.

Circa 1,5 km ten oosten van Heumensoord en circa 6 km ten noorden van de Geuldert ligt ook de winning Muntberg nog. De vergunde winhoeveelheid hier bedraagt 1 miljoen m³/jaar.

Verder zijn er twee drinkwaterwinningen in het Reichswald. De pompputten zijn lintvormig verspreid langs de zuidelijke grens van het hoger gelegen gebied met fluvioglaciale afzettingen. De oudste drinkwaterwinning is Kleve-Reichswald. Deze winning ligt op een afstand van 8,5 à 11 kilometer van de Geuldert. De vergunde winhoeveelheid is 7 miljoen m³/jaar. Vanaf 2000 is de drinkwaterwinning Scheidal in werking genomen. Deze winning ligt op een afstand van 5 à 7 km van de Geuldert en heeft een vergunde winhoeveelheid van 2,1 miljoen m³/jaar.

De totale vergunde hoeveelheid van de vijf winningen waarmee in de omgeving van het Natura2000-gebied Sint Jansberg en dus ook de Geuldert vanuit de stuwwallen en de fluvioglaciale afzettingen grondwater wordt onttrokken bedraagt dus ruim 21 miljoen m³/jaar.

In verband met de verplaatsing van de winning Heumensoord heeft Arcadis grondwater-modelberekeningen uitgevoerd en gekeken naar de invloed hiervan op de N2000-gebieden, zo ook op het Natura2000-gebied Sint Jansberg. Er is in het kader van dit onderzoek ook gekeken naar het effect het uitzetten van individuele winningen, niet alleen van de winning Heumensoord, maar (onder meer) ook van de winning Mookerheide, dus ook ten aanzien hiervan biedt het onderzoek waardevolle resultaten. Bij de interpretatie hiervan moet er echter rekening mee gehouden worden dat de berekeningen niet specifiek gericht zijn geweest op de winning Mookerheide en de hier aanwezige complexe geohydrologische situatie (dat was immers niet het primaire doel van de berekeningen). Desalniettemin kan op basis van de berekeningsresultaten en aan de hand van de inzichten die volgen uit deze ecohydrologische systeemanalyse toch op indicatieve wijze wel een beeld van de effecten worden gegeven.

In het kader van het opstellen van de beheerplannen voor de N2000-gebieden is het de bedoeling de effecten van de drinkwaterwinningen op het Natura2000-gebied verder te onderzoeken. Het is daarbij van belang om ook het effect van alle drinkwaterwinningen

tezamen te bepalen en daarbij niet alleen te kijken naar grondwaterstands- dan wel stijghoogteverlagingen, maar ook naar een eventuele afname van de voeding van de brongebieden in de erosiedalen en aan de voet van de stuwwal. Arcadis heeft tot nu toe alleen gekeken naar de effecten van de individuele drinkwaterwinningen op de grondwaterstanden / stijghoogten in het eerste en tweede watervoerende pakket. De berekende verlagingen worden weergegeven in bijlage 1.

Bij de interpretatie van deze figuren moet er rekening mee worden gehouden dat in de modellering een kleischot is opgenomen. Dit kleischot is ook aangegeven op de effectenkaartjes in bijlage 1. Het kleischot betreft een schematische weergave van een zone waar in het grondwatersysteem van de stuwwal als gevolg van de aanwezigheid van één of meerdere kleischotten barrièrewerking is waargenomen. In het model is dit kleischot opgenomen als enkelvoudige horizontale barrière in het gestuwde pakket, ofwel het eerste watervoerende pakket. Zodoende wordt onderscheid gemaakt in twee afzonderlijke eerste watervoerende pakketten aan weerszijden van het kleischot.

Een kleischot moet echter niet worden gezien als één ondoorlatende laag, maar als meerdere lagen die 'geschubd' zijn scheefgesteld (Arcadis, 2020). Dit betekent dat de werkelijkheid veel complexer is dan deze eenvoudige modelschematisatie. Op basis van de inzichten die volgen uit deze bureaustudie volgt dat er bijvoorbeeld een scheefgesteld kleischot aanwezig moet zijn ter hoogte van de grens van deelgebieden de Kooi en de Geuldert, wat het uitreden van bronwater uit de stuwwal ter hoogte van de Geuldert en het ontbreken hiervan ter hoogte van de Kooi verklaart (voor verdere toelichting: zie paragraaf 2.7.2). Terwijl er in samenhang met de aanwezigheid van dit kleischot ter hoogte van de Geuldert een lokaal stuwwalsysteem werkzaam is, lijkt dit ter hoogte van de Kooi in relatie tot het hier ontbreken van voeding vanuit de stuwwal en ook in relatie tot de waargenomen grondwaterstanden ter plaatse van de verder westelijk aanwezige peilbuizen B46B0069 en B46B0070 in de stuwwal (voor locatie: zie figuur 2.1 en voor grafiek: zie bijlage 3) niet het geval: hier lijkt het grote stuwwalsysteem (boven het glijvlak) werkzaam. En omdat de kleischotten in werkelijkheid niet verticaal, maar scheef liggen, loopt dit grote stuwwalsysteem waarschijnlijk ook tot onder het lokale systeem door. Zodoende kunnen de sterke effecten die nu aan de westzijde van het (in het model) veronderstelde schot zijn berekend in werkelijkheid (veel) sterker doorwerken naar de oostzijde dan zoals nu berekend, voor zover het hier het grote stuwwalsysteem betreft. Voor de hoger gelegen bronsystemen van de Molenbeek en de Helbeek, en ook het brongebied ter hoogte van de Geuldert, stemmen de berekeningsresultaten naar verwachting wel beter overeen met de werkelijkheid, aangezien hier de aanname van de barrièrewerking door een kleischot wel klopt.

Voor de winning Mookerheide is in het tweede watervoerende pakket een verlaging van 50 tot ruim 100 cm berekend ter plaatse van de Mookerheide zelf en van 10 tot 50 cm onder de stuwwal het de Sint Jansberg. Voor het eerste watervoerend pakket wordt ter plaatse van de Mookerheide (dat ten westen van het kleischot ligt) ook een sterke verlaging berekend: eveneens van 50 tot 100 cm. Ten oosten hiervan is het berekende effect vanwege de (in het model) veronderstelde barrièrewerking van het kleischot veel geringer: ter plaatse van de Sint Jansberg worden verlagingen van slechts 5 à 10 cm worden berekend, waaruit volgt dat de winning dus een negatief effect kan hebben op de hier aanwezige bronsystemen en met name het bronsysteem van de Molenbeek. Op grond van het bovenstaande is daar waar het grote stuwwalsysteem waarschijnlijk nog werkzaam is (dus ter hoogte van de Kooi en mogelijk ook onder het lokale systeem ter hoogte van de Geuldert) het effect naar verwachting sterker dan zoals nu berekend. Omdat de stuwwal een voedende werking heeft voor het eerste watervoerende pakket onder de Kooi en de Geuldert, zou zodoende ook in de zandondergrond van de Kooi en de Geuldert het effect groter kunnen zijn dan de nu berekende verlaging van 5 à 10 cm.

De berekende effecten van de winning Heumensoord op de Sint Jansberg en De Geuldert zijn (ondanks de veel ruimere afstand van het natuurgebied tot deze winning) nog iets groter dan die van de winning Mookerheide, maar wel van vergelijkbare orde van grootte. Voor beide winningen tezamen kan dus uitgegaan worden van een verlaging van 10 à 20

cm, waarbij het effect op de Kooi en de Geuldert dus ook nog sterker zou kunnen zijn bij een andere schematisatie van de kleischotten.

Van de onttrekkingen in het Reichswald is door Arcadis alleen een verlagingsplaatje van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket vervaardigd. Op grond hiervan valt de Geuldert net buiten de invloed van de Duitse onttrekkingen. Ze hebben wel invloed op de stijghoogten van de verder oostelijke gelegen gebieden de Diepen en het Koningsven.

In hoeverre een stijghoogteverlaging in het watervoerende pakket onder de Geuldert negatieve consequenties kan hebben voor het hydrologische systeem van de Geuldert zal blijken uit de analyse van het lokale grondwatersysteem (zie paragraaf 2.7.2).

2.7.2 Functioneren van het lokale grondwatersysteem

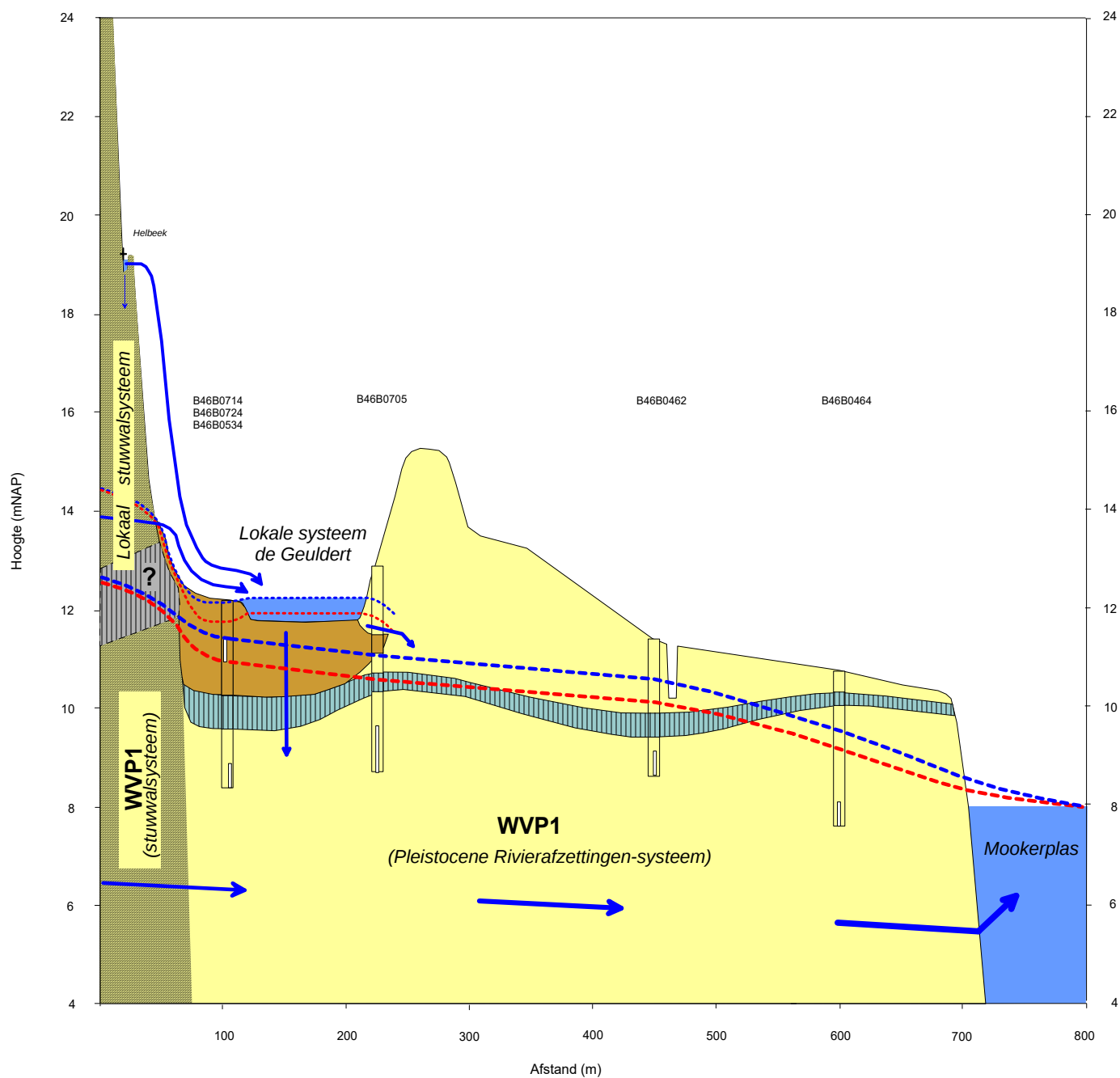
Geohydrologisch dwarsprofiel vanaf de voet van de stuwwal naar de Mookerplas

Het functioneren van het grondwatersysteem van de Geuldert wordt toegelicht aan de hand van het schematische geohydrologisch dwarsprofiel van figuur 2.11. Het dwarsprofiel loopt vanaf de voet van de stuwwal tot aan de Mookerplas. De ligging van de raai van het dwarsprofiel is aangegeven op de topografische kaart (figuur 2.1) en de hoogtekarten (figuren 2.4a, 2.4 b en 2.4c). Het dwarsprofiel is hoofdzakelijk vervaardigd op basis van de boor- en meetgegevens van de peilbuizen en de meetgegevens van het oppervlaktewaterstandsmmeetpunt van de Mookerplas (ter plaatse van de keersluis). Op basis van de waarnemingen tijdens het veldbezoek op 22-4-2021 is op schematische wijze het functioneren van het bronsysteem aan de voet van de stuwwal en de waterinlaat vanuit de Helbeek in het dwarsprofiel aangegeven.

Vanuit het watervoerende pakket van de stuwwal wordt het watervoerende pakket onder de Geuldert (ofwel de zandlaag onder de hier aanwezige leemlaag van de Formatie van Kreftenheye) gevoed met grondwater. Dit grondwater stroomt onder de Geuldert door naar de Mookerplas. Vanwege het zeer lage peil (van rond de 8,0 mNAP) heeft deze plas zoals al eerder gezegd een zeer sterk drainerende werking op het grondwater van het watervoerende pakket. Als gevolg hiervan is er een sterk verhang in de stijghoogte vanaf de plas naar de zone aan de voet van de stuwwal met de Geuldert en is in deze zone de stijghoogte in de zandondergrond sterk verlaagd.

Ter plaatse van de Geuldert zijn aan de voet van de stuwwal een aantal bronnen aanwezig. Deze bronnen ontspringen op een hoogte van tussen de 13,3 en 14,0 mNAP. Dit is een stuk hoger dan de stijghoogte van het watervoerende pakket van de stuwwal: op grond van de berekende isohypsenkaarten en rekening houdend met een onderschatting van de opbolling van de grondwaterspiegel in de stuwwal op basis van de meetreeksen van de filters in het gestuwde pakket ter plaatse van B46B0070 (zie paragraaf 2.7.1), wordt geschat dat de stijghoogte in het watervoerende pakket ter hoogte van de bronnen op circa 12,5 mNAP ligt, ofwel circa een meter onder de hoogte van de bronnen. Dit wijst erop dat er in de bodem een grondwaterbarrière, waarschijnlijk een scheef gestelde kleilaag (ofwel kleischot) aanwezig moet zijn, waarboven een lokaal stuwwalsysteem werkzaam is. Verder naar het westen, ter plaatse van deelgebied de Kooi, zijn geen bronnen aanwezig. Dus hier ontbreekt blijkbaar een dergelijk kleischot, waardoor hier geen lokaal stuwwalsysteem werkzaam is.

Het bronwater stroomt via een aantal loopjes naar de Geudertplas. In combinatie hiermee wordt de Geudertplas ook gevoed met water dat vanuit de Helbeek wordt ingelaten. Daarnaast wordt de Geuldert uiteraard ook gevoed met neerslagwater.



Figuur 2.11 Geohydrologisch dwarsprofiel vanaf de voet van de stuwwal via de Geuldert naar de Mookerplas

In de zone tussen de stuwwal en de Mookerplas is in de bodem een weerstandsbiedende leemlaag aanwezig (= Laagpakket van Wijchen). Ter plaatse van de Geuldert heeft deze leemlaag bovendien een enigszins geulvormige ligging (zie figuur 2.6). Boven de leemlaag is in de Geuldert een veenpakket van circa 2 meter dik aanwezig. Als gevolg van de weerstandsbiedende werking van de geulvormig gelegen leemlaag en onder invloed van de voeding met bronwater, inlaatwater uit de Helbeek en neerslagwater, is de (grond)waterstand in het veenpakket boven de leemlaag (ofwel de freatische grondwaterstand) een stuk hoger dan de grondwaterstand in de zandondergrond onder de leemlaag (ofwel de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket). Op deze wijze blijft de hier aanwezige veenbodem normaal gesproken het gehele jaar door dus behoorlijk nat. Bij behandeling van het grondwaterstandsverloop (in paragraaf 2.7.3) wordt hier dieper op ingegaan.

De freatische grondwaterstand in de veenbodem van het moerasbos rond de plas is (niet alleen ter plaatse van peilbuis B46B0714 maar ook ter plaatse van de andere peilbuizen in het moerasbos) het gehele jaar door lager dan in de plas. Daarbij is vooral het verschil in de zomer relatief groot (zie verloop van freatische grondwaterspiegel in het dwarsprofiel). Hieruit volgt dat de plas een voedende werking heeft op de veenbodem van het omringende moerasbos. Ook volgt hieruit dat de doorlatendheid van de veenbodem niet heel groot is: anders zou immers de grondwaterstand ter plaatse van B46B0714, die op slechts 10 à 15 meter van de plas staat, in de zomer niet zo ver beneden het plaspeil wegzakken.

Vanwege het stijghoogteverschil met de zandondergrond en omdat de leemlaag niet ondoorlatend is, verliest het ondiepe systeem door middel van wegzijging water naar de zandondergrond. Omdat het wegzigingsverlies is gerelateerd aan het stijghoogteverschil, en de stijghoogte in de ondergrond is gedaald door de aanleg van de Mookerplas, is vanwege deze aanleg de wegzijging dus toegenomen. In combinatie hiermee bestaat de mogelijkheid dat de stijghoogte ook is gedaald door andere oorzaken. Hierbij kan gedacht worden aan het doorwerken van de effecten van de drinkwaterwinningen in de wijde omgeving (zie paragraaf 2.7.1) en aan de effecten van onttrekkingen van grondwater uit het watervoerende pakket voor beregening in de directe omgeving. Er zijn in dit gebied echter geen officiële (agrarische) putten bekend. Wel bestaat de mogelijkheid dat er in de zone die direct aan de Geuldert grenst particuliere putten zijn geslagen voor beregening van de ruime tuinen van de hier aanwezige vrijstaande bebouwing. Hoewel het daarbij niet zal gaan om enorme hoeveelheden, kan het effect hiervan toch aanzienlijk zijn vanwege de zeer korte afstand tot de Geuldert: de tuinen grenzen hier immers direct aan.

In combinatie hiermee stroomt er vanuit het ondiepe systeem van de Geuldert ook lateraal (dus via de afzettingen boven de leemlaag) grondwater af naar het zuiden. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk van de dikte en de doorlatendheid van de oppervlakkige laag boven de leemlaag. Vanwege de geulvormige ligging loopt de leemlaag naar de zuidrand van het gebied toe enigszins omhoog, waardoor de dikte van de watervoerende laag in deze richting dus afneemt. Ook neemt bij een dalende freatische grondwaterstand de dikte van de watervoerende laag af. Verder lijkt (gezien het wegzakken van de grondwaterstand van peilbuis B46B0714 ten opzichte van het peil in de plas) de doorlatendheid van het veen niet heel groot. Ook de beperkte doorlatendheid van het veen zorgt ervoor dat het laterale waterverlies beperkt blijft. Ter plaatse van peilbuis B46B0705, die aan de zuidrand van het gebied, is echter slechts een dunne veenlaag aanwezig met zowel hierboven als hieronder een grofzandige zandlaag. Deze grofzandige lagen zijn wel goed doorlatend. De zandlaag boven de veenlaag lijkt ook (vrijwel) direct aan de Geuldertplas te grenzen. Indien langs de zuidrand (en met name langs de plas) een dergelijke bodemopbouw meer in zijn algemeenheid aanwezig is, dan kan er hier toch wel een aanzienlijke hoeveelheid grondwater lateraal afstromen.

De mate waarin er water via laterale afstroming verloren gaat naar de omgeving is ook afhankelijk van de hoogte van de freatische grondwaterstand in het gebied ten zuiden van de Geuldert. Omdat de peilbuizen aan de zuidzijde geen ondiepe filters hebben is de

freatische grondwaterstand daar niet exact bekend, maar het op grote schaal gedurende een groot deel van het jaar droogvallen van de hier aanwezige watergangen vormt een belangrijke aanwijzing dat de freatische grondwaterstand hier laag is en er hier dus nauwelijks een ondiep systeem boven de leemlaag (meer) werkzaam is. Dit is waarschijnlijk ook de reden waarom de hier geplaatste peilbuizen geen ondiep filter hebben.

De lage freatische grondwaterstand in het gebied aan de zuidzijde kan deels een natuurlijke oorzaak hebben: wellicht is de leemlaag hier zandiger ontwikkeld en zodoende minder weerstandsbiedend. Los daarvan wordt het diep wegzakken van de freatische grondwaterstand gestimuleerd door de versterkte wegzijging naar de zandondergrond als gevolg van de aanleg van de Mookerplas. Ook kan de lage freatische grondwaterstand het gevolg zijn van verstoring van de leemlaag, als gevolg van het uitvoeren van graafwerkzaamheden waardoor de leemlaag is doorbroken en het freatische grondwater weglekt naar de ondergrond. Verstoring van de leemlaag door graafwerkzaamheden kan hebben plaatsgevonden als gevolg van de aanleg van riolering langs de Schildersweg en verder zuidelijk de aanleg van de overkluizing van de Geuldertlossing langs de Rijksweg, graafwerkzaamheden bij het tankstation langs de Rijksweg en graafwerkzaamheden bij aanpassingen aan de Rijksweg zelf. Aldus kunnen deze aantastingen hebben geleid tot een versterking van het laterale waterverlies vanuit de Geuldert.

Aanleg kleischerm in westelijke deel van de Kooi

Om het laterale waterverlies vanuit de laagte tegen te gaan is langs het westelijke deel van deelgebied de Kooi in 2015 een kleischerm in de bodem aangebracht. De aanleg van het scherm is gebaseerd op hydrologisch vooronderzoek met behulp van een door waterschap Limburg ingericht en beheerd hydrologisch meetnet. Het meetnet wordt ook gebruikt om de effecten van de aanleg van het kleischerm te meten. Bij de behandeling van het grondwaterstandsverloop in paragraaf 2.7.3 wordt hierop ingegaan.

Het kleischerm is ongeveer 120 meter lang en een meter dik en sluit in principe aan op de leemlaag in de bodem. Het kleischerm is aangebracht in de zone waar deelgebied de Kooi direct grenst aan de Rijksweg. Het kleischerm is zodoende slechts aanwezig in een klein deel van de totale zone waar laterale afstroming naar het zuiden op kan treden: de totale zone bedraagt ruim 600 meter, dus langs 500 meter van de zuidrand is nog geen scherm aanwezig. Bovendien staat het scherm ook niet langs het natste deel van het moeras(bos)gebied, maar langs het hoger gelegen westelijke deel van de Kooi.

De keuze voor het plaatsen van het kleischerm langs het westelijke deel van de Kooi hangt vooral samen met de vermoeden dat bij werkzaamheden aan de Rijksweg de leemlaag hier is doorbroken, waardoor met name hier sprake zou kunnen zijn van een versterkt lateraal waterverlies. Bovendien is plaatsing van een kleischerm hier veel minder ingewikkeld dan verder oostelijk, aangezien daar tot aan de rand van de laagte de tuinen van de bebouwing langs de Schilderweg aanwezig zijn.

2.7.3 Grondwaterstandsverloop

Inleiding

In de Geuldert staat een hydrologisch meetnet van Natuurmonumenten en er is een peilbuis van de provincie Limburg aanwezig (deze maakt deel uit van het OGOR-meetnet). Ook in het brongebied van de Helkuil en in het moerasbos aan de voet van de stuwwal in de Diepen staan peilbuizen van het OGOR-meetnet van de provincie. In het westelijke deel van de Kooi is een meetnet van waterschap Limburg aanwezig. Dit meetnet is geplaatst voor het inzichtelijk maken van de hydrologische situatie in relatie tot het aanbrengen van het kleischerm op de grens van dit deelgebied.

De meetreeksen zijn eerst gecontroleerd en gecorrigeerd op fouten (voor overzicht hiervan: zie bijlage 2). De grafieken van de gecorrigeerde meetreeksen zijn opgenomen in bijlage 3. Voor de meetreeksen van voldoende kwaliteit zijn met behulp van het programma Menyanthes de GXG-waarden bepaald en zijn met behulp van tijdreeksmodelleringen tijdreeksanalyses uitgevoerd, waarbij is gekeken in hoeverre de reeksen verklaarbaar zijn op grond van het verloop van de neerslag en de verdamping. Om inzichtelijk te maken wat het effect is van de extreem droge zomers op het grondwaterstandsverloop zijn eerst de GXG's afgeleid voor de periode vanaf 2008 t/m 2017 (dus voorafgaand aan de extreem droge zomers van 2018, 2019 en 2020) en zijn vervolgens ook de GXG's voor de jaren 2018, 2019 en 2020 bepaald. Tenslotte zijn ook de GXG's bepaald voor de gehele periode vanaf 2008 t/m 2020.

Er is gekozen voor het startjaar van 2008 omdat vanaf dat jaar van alle peilbuizen in het projectgebied meetreeksen beschikbaar zijn. Hoewel er van veel peilbuizen dus oudere reeksen beschikbaar zijn, zijn deze oudere delen buiten beschouwing gelaten, om zo ook een eerlijke onderlinge vergelijking tussen de meetpunten te kunnen maken.

De met Menyanthes afgeleide GXG-waarden zijn weergegeven in tabel 2.1. De resultaten van de tijdreeksmodelleringen zijn weergegeven in de tabel in bijlage 4 en voor een selectie van meetpunten zijn in bijlage 4 de resultaten ook grafisch gepresenteerd.

Verder zijn er in het stuwwalgedeelte ten westen van de bovenloop van de Molenbeek, in en langs het Zevendal, twee meetpunten aanwezig met behalve filters in het gestuwde pakket ook filters in het diepe pakket onder de stuwwal. Het gaat hierbij om peilbuizen B46B0069 en B460070 (voor locaties: zie figuur 2.1 of 2.4a). Vermoedelijk zijn de peilbuizen van Waterleiding Maatschappij Limburg (WML). In DINO zijn van deze peilbuizen reeksen beschikbaar vanaf 1981 t/m 2017. Ook van de zeer lange reeksen van deze peilbuizen zijn grafieken gemaakt en ook deze grafieken worden in de tekst behandeld.

Ook is een vergelijking gemaakt van de actuele omstandigheden met de standplaatseisen van de grondwaterafhankelijke habitattypen, waarvoor het programma Waternood is gebruikt. Op basis hiervan is inzichtelijk gemaakt wat het GXG-doelgat is (zie tabel 2.2).

Tabel 2.1 GXG's voor meetpunten in de Geulderd, de Kooi en omgeving

De in rood weergegeven waarden gecorrigeerde waarden voor het maaiveld (voor broekbos representatief m.v.i.p.v. mv van wal waar de peilbuis staat)								
GXG vanaf 2008 tot en met 2017								
NITG Code	Filter	maaiveld	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG
		(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	(m -mv)	(m -mv)	(m -mv)
B46B0462	1	11,40	10,11	10,53	10,60	1,29	0,87	0,80
B46B0538	2	14,39	10,86	11,38	11,46	3,53	3,01	2,93
B46B0541	1	12,26	11,63	12,22	12,25	0,63	0,04	0,01
B46B0541	2	12,26	10,72	11,13	11,24	1,54	1,13	1,02
B46B0705	1	12,90	10,56	10,96	11,06	2,34	1,94	1,84
B46B0714	1	12,18	11,75	12,10	12,15	0,43	0,08	0,03
B46B0715	1	24,18	24,32	24,38	24,42	-0,14	-0,20	-0,24
B46B0720	1	12,33	11,51	11,96	12,04	0,82	0,37	0,29
B46B0721	1	12,77	11,45	11,78	11,90	1,32	0,99	0,87
B46B0722	1	13,53	10,74	12,01	12,19	2,79	1,52	1,34
B46B0723	1	13,12	10,87	10,89	10,94	2,25	2,23	2,18
B46B0723	2							
B46B0724	1	12,10	11,89	12,19	12,27	0,21	-0,09	-0,17
B46B0724	2	12,10	10,92	11,32	11,39	1,18	0,78	0,71
B46B0742	1	13,53	12,52	12,97	13,08	1,01	0,56	0,45
B46B0744	1	12,62	11,70	11,98	12,09	0,92	0,64	0,53
B46B0745	1	12,61	11,13	11,96	12,07	1,48	0,65	0,54
B46B1316	1	12,61	11,22	11,86	11,94	1,39	0,75	0,67
B46B1317	1	12,96	10,27	10,82	10,87	2,69	2,14	2,10
P46B0044		12,00	11,93	12,19	12,23	0,07	-0,19	-0,23
GXG vanaf 2018 tot en met 2020								
NITG Code	Filter	maaiveld	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG
		(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	(m -mv)	(m -mv)	(m -mv)
B46B0462	1	11,40	9,71	10,54	10,65	1,69	0,86	0,75
B46B0541	1	12,26	10,70	12,04	12,05	1,56	0,22	0,21
B46B0541	2	12,26	10,42	11,14	11,20	1,84	1,12	1,06
B46B0714	1	12,18	11,09	11,85	11,87	1,09	0,33	0,31
B46B0715	1	24,18	24,25	24,27	24,29	-0,07	-0,09	-0,11
B46B0720	1	12,33	11,41	11,80	11,85	0,92	0,53	0,48
B46B0721	1	12,77	11,49	11,69	11,75	1,28	1,08	1,02
B46B0722	1	13,53	10,51	12,03	12,10	3,02	1,50	1,43
B46B0723	1	13,12	10,90	10,94	10,95	2,22	2,18	2,17
B46B0723	2	13,12	10,00	10,79	10,77	3,12	2,33	2,35
B46B0724	1	12,10						
B46B0724	2	12,10	10,58	11,29	11,34	1,52	0,81	0,76
B46B0742	1	13,53	12,54	12,98	13,04	0,99	0,55	0,49
B46B0744	1	12,62	11,71	11,86	11,92	0,91	0,76	0,70
B46B0745	1	12,61	10,17	11,58	11,62	2,44	1,03	0,99
B46B1316	1	12,61	11,24	11,76	11,81	1,37	0,85	0,80
B46B1317	1	12,96	9,98	10,79	10,82	2,98	2,17	2,14
P46B0044		12,00	11,50	11,80	-	0,50	0,20	
GXG vanaf 2008 tot en met 2020								
NITG Code	Filter	maaiveld	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG
		(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	(m -mv)	(m -mv)	(m -mv)
B46B0462	1	11,40	10,01	10,53	10,61	1,39	0,87	0,79
B46B0538	2	14,39	10,86	11,38	11,46	3,53	3,01	2,93
B46B0541	1	12,26	11,39	12,18	12,20	0,87	0,08	0,06
B46B0541	2	12,26	10,64	11,13	11,23	1,62	1,13	1,03
B46B0705	1	12,90	10,56	10,96	11,06	2,34	1,94	1,84
B46B0714	1	12,18	11,56	12,03	12,07	0,62	0,15	0,11
B46B0715	1	24,18	24,30	24,35	24,39	-0,12	-0,17	-0,21
B46B0720	1	12,33	11,48	11,90	11,97	0,85	0,43	0,36
B46B0721	1	12,77	11,46	11,75	11,84	1,31	1,02	0,93
B46B0722	1	13,53	10,67	12,02	12,16	2,86	1,51	1,37
B46B0723	1	13,12	10,89	10,92	10,94	2,23	2,20	2,18
B46B0723	2	13,12	10,00	10,79	10,77	3,12	2,33	2,35
B46B0724	1	12,10	11,89	12,19	12,27	0,21	-0,09	-0,17
B46B0724	2	12,10	10,84	11,31	11,38	1,26	0,79	0,72
B46B0742	1	13,53	12,53	12,98	13,06	1,00	0,55	0,47
B46B0744	1	12,62	11,70	11,94	12,03	0,92	0,68	0,59
B46B0745	1	12,61	10,77	11,81	11,90	1,84	0,80	0,71
B46B1316	1	12,61	11,23	11,81	11,87	1,38	0,80	0,74
B46B1317	1	12,96	10,12	10,80	10,84	2,84	2,16	2,12
P46B0044		12,00	11,76	12,18	12,22	0,24	-0,18	-0,22

Tabel 2.1 GVG- en GLG doelgaten in relatie tot de habitat- en vegetatietypen waarin de peilbuizen staan

peilbuis	habitat-type	vegetatietype	meetperiode	hydrologische randvoorw. (cm -mv)				gemeten (cm -mv)		doelgat (cm)	
				GVGmax	GVGmin	GLGmax	GLGmin	GVG	GLG	GVG	GLG
B46B0714	H91D0	Zompz. berkenbr.	2008-2017	-7	15		40	8	43	0	-3
B46B0714	H91D0	Zompz. berkenbr.	2018-2020	-7	15		40	33	109	-18	-69
B46B0714	H91D0	Zompz. berkenbr.	2008-2020	-7	15		40	15	62	0	-22
B46B0541	-	Elzenz. elzenbr.	2008-2017	-12	15		50	4	63	0	-13
B46B0541	-	Elzenz. elzenbr.	2018-2020	-12	15		50	22	156	-7	-106
B46B0541	-	Elzenz. elzenbr.	2008-2020	-12	15		50	8	87	0	-37
P46B0044	H7210	Galigaanassociatie	2008-2017	-70	-20		20	-19	7	-1	0
P46B0044	H7210	Galigaanassociatie	2018-2020	-70	-20		20	20	50	-40	-30
P46B0044	H7210	Galigaanassociatie	2008-2020	-70	-20		20	-10	17	-10	0

De Geuldert

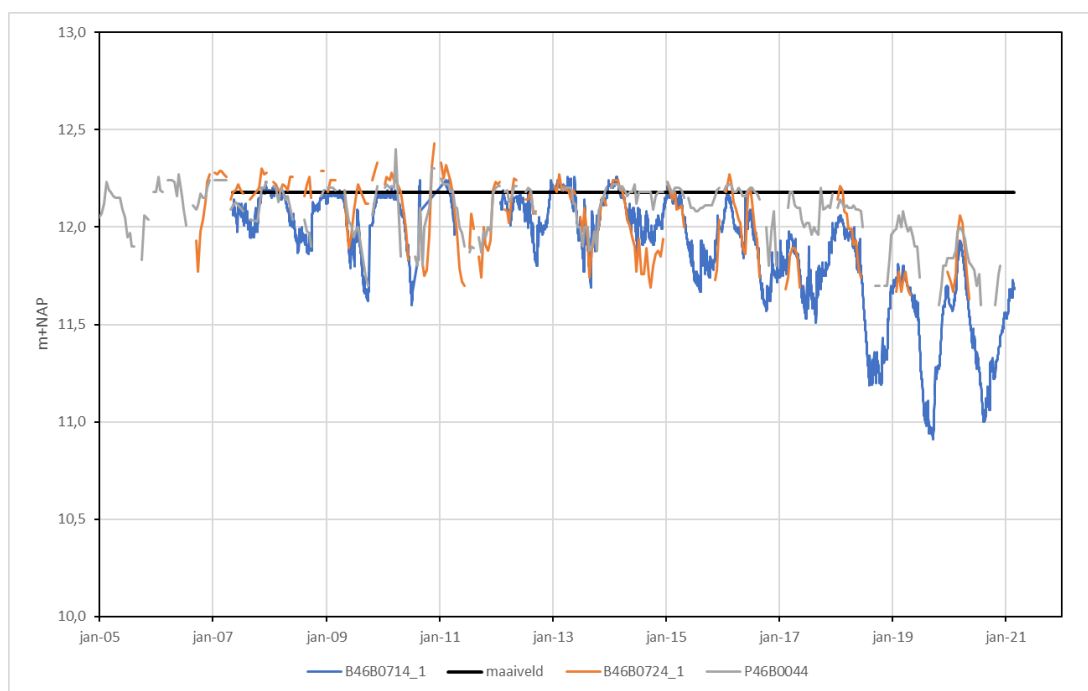
Met peilbuis B46B0714 (JAB1) van de provincie wordt het verloop van de freatische grondwaterstand in het veenpakket boven de kleilaag in het moerasbos van de Geuldert gemeten. Dit gebeurt ook met peilbuis B46B0724 (B1), die in de wal tussen de Geuldert en de Kooi staat en de opvolger is van peilbuis B46B0534 (oude B1). Deze peilbuis heeft / had ook een diep filter onder de leemlaag. In het oostelijke deel van het moerasbos staat peilbuis B46B0541 (B8), ook met filters boven en onder de leemlaag. Verder is er ook nog een peilbuis met dubbel filter aanwezig in de daluitspoelingswaaier van het erosiedal van de Helbeek, ten noordoosten van de Geuldert (B46B0538). Het peilverloop in de Geuldertplas wordt geregistreerd met NAP-peilschaal P46B0044 (S3).

Peilbuis B46B0714 (JAB1) staat 10 à 15 meter van de plas waar in de oeverzone Galigaan groeit. Ter plaatse van de peilbuis zelf is Berkenbroekbos aanwezig, met Pijpenstrootje in de ondergroei. De peilbuis staat aan de rand van een zone met habitattypen H91D0 - Hoogveenbossen. Voor deze peilbuis gelden de volgende GXG's:

- Voor de periode vanaf 2008 t/m 2017 gelden de volgende GXG's: GHG = 3 cm -mv, GVG = 8 cm -mv en GLG = 43 cm -mv.
- De GXG's voor de perioden vanaf 2018 t/m 2020 zijn: GHG = 31 cm -mv, GVG = 33 cm -mv en GLG = 109 cm -mv.
- Dit betekent dus dat tijdens de afgelopen drie jaren met extreem droge zomers de GHG 28 cm verder beneden maaiveld lag, de GVG 25 cm verder beneden maaiveld lag en de GLG zelfs 66 cm verder beneden maaiveld lag dan in de periode van 10 jaren daarvoor.
- In de periode vanaf 2008 t/m 2017 werd voldaan aan de GVG-standplaatsen van het habitattypen H91D0C Hoogveenbossen en was er alleen een klein GLG-doelgat van 3 cm. In de periode 2018 t/m 2020 bedroeg het GVG-doelgat 18 cm en het GLG doelgat 69 cm.
- Voor de totale periode vanaf 2008 t/m 2020 gelden de volgende GXG's: GHG = 11 cm -mv, GVG = 15 cm -mv en GLG = 62 cm -mv. Dus over de totale reeks bezien is er alleen een GLG-doelgat (van 22 cm) aanwezig.

Met behulp van een tijdreeksmodellering is getracht af te leiden in hoeverre de reeks verklaarbaar is op grond van het verloop van de neerslag en de verdamping. Dit is echter niet goed mogelijk: het tijdreeksmodel voor deze reeks heeft op basis van neerslag en verdamping weliswaar een hoge verklarende variantie (83%) maar alle berekende parameters (M0, drainage basis, verdampingsfactor) zijn onzinnig hoog. Het is ook niet mogelijk om een kloppend niet-lineair model te maken voor deze reeks. Dit komt doordat er hier ook andere belangrijke factoren van belang zijn voor het verloop van de grondwaterstand dan alleen de neerslag en de verdamping, namelijk de voeding met bronwater en inlaatwater. Van de reeksen van alle ondiepe filters in de Geuldert en de Kooi is het alleen met die van peilbuis B46B0538 in de daluitspoelingswaaier enigszins mogelijk om een goede tijdreeksmodel te maken op basis van de neerslag en de verdamping, maar ook hier is de berekende verdampingsfactor van 2,67 erg hoog.

Met NAP-peilschaal P46B0044 (S3) wordt het peilverloop van de Geuldertplas gemeten. Uit de gecombineerde grafiek van P46BB044 en B46B0714 (zie figuur 2.12) volgt dat het verloop van de oppervlaktewaterstand vooral vaak lijkt op het verloop van de grondwaterstand van de peilbuis van de provincie. Vanaf de zomer 2014 is er echter een duidelijk verschil: de oppervlaktewaterstand in de plas is vanaf dan een stuk hoger. Dit is vooral in het gedeelte van de grafiek vanaf 2014 t/m 2017 goed zichtbaar. In de extreem zomers van 2018 t/m 2020 valt de peilschaal in de loop van de zomer droog, maar is aan het verloop voorafgaand en na afloop van de droogval te zien dat er ook dan sprake is van een peilverschil. Dus de peilfluctuatie en ook de mate waarin de waterstand in de zomer wegzakt is in de plas veel geringer dan ter plaatse van peilbuis B46B0714 (en ook de andere peilbuizen in het moerasbos, waar de grondwaterstandsdynamiek minimaal even groot is als bij B46B0714). Het minder ver wegzakken van de waterstand in de plas komt behalve door de inlaat van water vanuit de Helbeek en de voeding van de plas vanuit de bronloopjes ook door de hogere bergingscoëfficiënt van open water ten opzichte van de veenbodem. Het ver wegzakken van de grondwaterstand ter plaatse van B46B0714, die zich op slechts 10 à 15 meter van de plas bevindt, geeft ook aan dat de laterale stroming die via de veenlaag optreedt beperkt is: anders zou immers de grondwaterstand meer in de buurt moeten liggen van de oppervlaktewaterstand. Het is overigens onduidelijk waarom er vanaf 2014 sprake is van een verschil.



Figuur 2.12a Grondwaterstandsverloop B46B0714 (JAB1) en B46B0724 (B1) in combinatie met oppervlaktewaterstand en P46B0044 (S3)

De Galigaan groeit verspreid in pollen in de oeverzone van de plas. Bij het veldbezoek is geconstateerd dat het maaiveld ter plaatse van de zone met Galigaan hooguit 10 cm hoger lag dan het toen waargenomen waterpeil in de plas (11,92 mNAP). Dus het maaiveld ligt hier op circa 12,0 mNAP. Voor de oeverzone met Galigaan, ofwel het habitatype H7210 Galigaanmoerassen, gelden (uitgaande van het maaiveldsniveau van 12,0 mNAP) de volgende GXG's:

- Voor de periode 2008 t/m 2017 lag de GVG hier 19 cm boven maaiveld en lag de GLG 7 cm onder maaiveld. Daarmee voldeed het (grond)waterstandsverloop hier toen bijna aan de optimale standplaatseisen: alleen de GVG was 1 cm te laag (optimale GVG van 20 tot 70 cm boven maaiveld en optimale GLG van 0 tot 20 cm beneden maaiveld).
- Vanwege het droogvallen van de peilschaal is niet precies bekend hoe ver de waterstand in de plas van de extreem droge zomers van 2018, 2019 en 2020 is weggezakt, maar er rekening mee houdend dat dit in mindere mate gebeurde dan het wegzakken van de (wel geregistreerde) grondwaterstand van B46B0714 wordt geschat dat dit ongeveer tot op een niveau van 11,5 mNAP is geweest. Dit is dus 50 cm beneden het maaiveld van de Galigaanzone. In de grafiek is te zien dat ook de GVG in deze zone in deze jaren enkele dm onder maaiveld lag. Dus in de afgelopen drie jaren met extreem droge zomers werd niet voldaan aan de standplaatseisen: de grondwaterstand was zelfs in deze laag gelegen oeverzone van de (met bronwater en Helbeekwater gevoede) plas continu minimaal 3 à 4 dm te laag.
- Voor de totale periode vanaf 2008 t/m 2020 ligt de GVG bij benadering op 10 cm boven maaiveld en ligt de GLG op circa 17 cm -mv. Dus over de totale periode bezien er een doelgat van 10 cm voor de GVG en geen doelgat voor de GLG.

Het grondwaterstandsverloop van het ondiepe filter van peilbuis B46B0724 (B1) in de wal tussen de Geuldert en de Kooi lijkt op dat van B46B0714 (JAB1) (zie gezamenlijke grafiek). In de zomer zakt de grondwaterstand bij B46B0724 soms wel wat verder weg. Dit is ook logisch omdat de peilbuis wat verder weg staat van de plas die wordt gevoed met bronwater en water uit de Helbeek. Desondanks is de (ten opzichte van NAP) door Menyanthes afgeleide GLG-waarde voor peilbuis B46B0724 hoger (namelijk 11,89 mNAP) dan de GLG-waarde van peilbuis B46B0714 (namelijk 11,75 mNAP). Dit is het gevolg van het droogvallen van het ondiepe filter van B46B0724. Zodoende kan peilbuis B46B0724 beter niet gebruikt worden voor het bepalen van de verdrogingsstoestand van het hier aanwezige moerasbos en dient dit uitsluitend te geschieden op basis van de reeks van B46B0714.

Het grondwaterstandsverloop van het ondiepe filter van de peilbuis in het oostelijke deel van het broekbos van de Geuldert B46B0541 (B8) heeft in vergelijking met B46B0714 en B46B0724 een sterkere fluctuaties en in samenhang hiermee zakt ook de grondwaterstand in de zomer dus verder beneden maaiveld weg. Voor de periode 2008 t/m 2017 lag de GLG hier op 0,63 cm -mv en in de periode 2018 t/m 2020 lag de GLG hier zelfs op 156 cm -mv. Dus in relatie tot de relatief grote afstand van de plas zijn hier de omstandigheden nog droger dan ter plaatse van de eerder behandelde peilbuizen. In relatie tot het hier aanwezige Elzenbroekbos geldt voor de periode 2008 t/m 2017 een doelgat van 13 cm voor de GLG en is voor de GVG geen doelgat aanwezig. In de periode met de extreem droge zomers van 2018 t/m 2020 bedraagt het GVG-doelgat 7 cm en het GLG-doelgat maar liefst 106 cm.

Ook ter plaatse van peilbuis B46B0538 (B3), die in de daluitspoelingswaaier staat, is het ondiep systeem werkzaam. De freatische grondwaterstand loopt hier ten opzichte van NAP nog een stuk verder op, tot ruim 14 mNAP en zakt in de zomer (en dus ook in de openvolging van droge zomers in de periode 2018 t/m 2020) snel en ver weg.

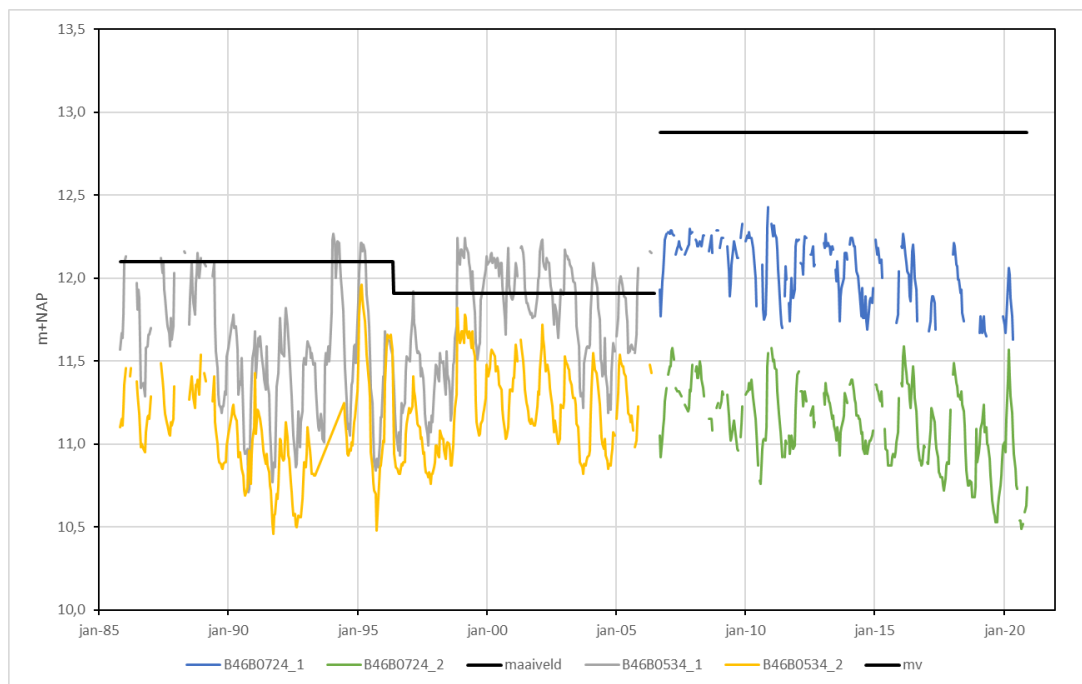
Uit de grafieken van B46B0724 (B1) en B46B0541 (B8) kan het verschil tussen de freatische grondwaterstand in het veenpakket en de stijghoogte in de zandondergrond in de Geuldert worden afgeleid. Bij peilbuis B46B0724 (B1) loopt het verschil uiteen van 0,49 tot 1,20 meter en bedraagt het verschil gemiddeld 0,83 meter. Bij peilbuis B26B0541 (B8)

loopt het verschil uiteen van 0,14 tot 1,5 meter en bedraagt het verschil gemiddeld 0,99 meter. Deze gemeten verschillen zijn gebruikt voor indicatieve berekening van het wegzijgingsverlies naar de ondergrond (zie paragraaf 2.7.4).

Van peilbuis B46B0724 is samen met peilbuis B46B0534 (de voorganger van B46B0724) een reeks vanaf eind 1985 beschikbaar. Dit is dus een reeks van inmiddels 35 jaar. Omdat de locatie van de herplaatste peilbuis iets (20 meter) afwijkt van de locatie van de oude peilbuis, sluit vooral het verloop van de ondiepe grondwaterstand van de oude en de nieuwe reeks niet optimaal op elkaar aan. Bovendien is het nieuwe ondiepe filter veel minder diep geplaatst dan het oude ondiepe filter, waardoor de nieuwe peilbuis in de zomer veel eerder droogvalt en dus de nieuwe reeks onvolledig is. Het stijghoogteverloop in de zandlaag onder de klei van de oude en nieuwe reeks sluit wel goed op elkaar aan.

In de grafiek van het verloop van de stijghoogte in de zandondergrond is te zien dat er ook in de jaren 1990 een langdurige periode is geweest met zeer lage stijghoogtes: net als in de zomers van 2019 en 2020 zakte ook in de zomers van 1991, 1992 en 1995 de stijghoogte in de zandondergrond weg tot 10,5 mNAP. Als de grafiek alleen vanaf 2000 wordt bekeken lijkt het erop dat er sprake is van een structurele verlaging als gevolg van een verandering in de werking van het systeem. Maar het lijkt er op grond van de volledige grafiek dus op dat in de stijghoogte in de ondergrond gedurende de laatste 35 jaar qua systeem niet veel veranderd is. Dit beeld wordt bevestigd op grond van het tijdreeksmodellen van de diepe filters van B46B0724 en B46B0541: er is (met EVP's van 80% en 86%) een goed fit met de neerslag en de verdamping en er zijn geen trends in de residuals. Dit geldt ook voor de gecombineerde reeks van B46B0534_2 en B46B0724_2, maar dan met een wat minder goede fit (EVP 73%).

Een goede analyse van de meetreeksen van de ondiepe filters is om de genoemde redenen niet mogelijk. Wel is op grond hiervan duidelijk dat ook in de extreem droge zomers van de jaren negentig de freatische grondwaterstand zeer ver wegzakte en ongeveer net zo ver als ter plaatse van B46B0714 in 2019 en 2020.



Figuur 2.12b Stijghoogte- en grondwaterstandsverloop peilbuis B46B0534 (B1-oud) in combinatie met peilbuis B46B0724 (B1-nieuw)

Van peilbuis B46B0462 is een reeks vanaf eind 1965 beschikbaar. De peilbuis staat op een afstand van 300 meter tot het gedeelte van de Mookerplas dat in de loop van de jaren zestig al is aangelegd. Gezien de hier geregistreerde verloop van de grondwaterstand zijn de metingen pas gestart nadat het betreffende deel van de plas tot stand is gekomen, want anders zou het sterke effect van de aanleg zichtbaar geweest moeten zijn in de grafiek. Dus blijkt dat dit deel van de plas al in de eerste helft van de jaren zestig aangelegd.

De Kooi

Met peilschaal P46B0043 (S4) wordt het oppervlaktewaterstandsverloop in deelgebied de Kooi waargenomen. Uit de grafiek volgt dat het waterpeil in natte (winter)perioden hier bijna net zo hoog is als in de Geulderplas: het waterpeil loopt dan op tot 12 à 12,2 mNAP. In droge perioden valt de peilschaal droog. Het niveau waarop de peilschaal droogvalt bedraagt 11,8 mNAP. Tot en met 2013 viel de peilschaal alleen in de zomer droog. Vanaf 2014 gebeurt dit meestal al in de loop van het voorjaar. Vanaf eind 2016 staat de peilschaal bijna het gehele jaar droog.

De peilbuizen in dit deelgebied staan allen in het hoger gelegen westelijke deel. Op elke locatie wordt de ondiepe freatische grondwaterstand boven de leemlaag gemeten en op sommige locaties ook de stijghoogte in de zandondergrond.

Van deze peilbuizen staat B46B0720 (met alleen ondiep filter) het laagst. Vanaf 2015 valt de (datalogger in de) peilbuis vaak droog. In de periode die hieraan voorafgaat fluctueert de grondwaterstand tussen de 12,1 en 11,4 mNAP (ofwel 0,2 tot 0,9 m -mv). Aan deze grafiek is goed te zien hoe het ondiepe systeem van het westelijke deel van de Kooi vanaf 2015 elke zomer droogvalt en vanaf 2018 zelfs praktisch het gehele jaar droogvalt.

Peilbuis B46B0721 (eveneens met alleen een ondiep filter), die verder naar het westen staat, heeft in vergelijking hiermee ten opzichte van NAP een min of meer overeenkomstig verloop, maar omdat het maaiveld een stuk (0,44 meter) hoger ligt, is het hier (nog) veel droger.

Peilbuizen B46B0744 (ondiep) en B46B0745 (diep) betreffen een combinatie van een ondiep en diep filter op dezelfde locatie. Deze locatie ligt nabij de Rijksweg en aan de noordzijde (ofwel binnenzijde) van het kleischerm. De stijghoogte van het diepe filter is de eerste jaren van de metingen verdacht hoog maar zakt hierna wel ver weg. Dit heeft vermoedelijk te maken met een niet goede afdichting van de leemlaag, waardoor aanvankelijk water via het boorgat weglekte naar het diepe filter. Naar verloop van tijd is deze lekkage zichtbaar minder geworden. Ondanks dit probleem lijkt met het ondiepe filter het verloop van de freatische grondwaterstand boven de leemlaag toch wel goed geregistreerd te worden. Probleem hierbij is echter wel dat de datalogger snel en dus vaak droogvalt. Desalniettemin volgt over het wel beschikbare deel van de reeks dat het verloop van de freatische grondwaterstand van peilbuis B46B0744 min of meer overeenkomstig met dat van peilbuis B46B0720 (en dus ook B46B0721).

Omdat B46B0744 vaak droogvalt kan op basis van de reeks met behulp van Menyanthes geen goed tijdreeksmodel worden vervaardigd. Zodoende kan op deze wijze ook het effect van het aanbrengen van het scherm dus niet worden afgeleid. Dit is (ondanks de droogval van beide dataloggers) op indicatieve wijze wel mogelijk door vergelijking van de reeks van B46B0744 met de reeks van B46B1316: ook deze ondiepe peilbuis staat dicht nabij de Rijksweg, maar dan in een zone waar geen kleischerm aanwezig is.

Uit de vergelijking blijkt het volgende:

- In de winter voorafgaand aan de plaatsing van het scherm (ofwel de winter van 2014 / 2015) loopt de freatische grondstand ter plaatse van B46B0744 een fractie (5 à 10 cm) hoger op dan ter plaatse van B46B1316.

- In de periode na de plaatsing van het scherm is het beeld voor de winters waarvan voor beide peilbuizen meetreeksen beschikbaar zijn (met uitzondering van de natte winter van 2015 / 2016) niet heel anders: ook in de winters van 2017/2018, 2019/2020 loopt de freatische grondwaterstand op de peilbuislocatie binnen het kleischerm nauwelijks hoger op dan op de peilbuislocatie buiten het scherm. Dit gebeurt wel in de natte winter van 2015 / 2016, maar waarschijnlijk staat dit los van het kleischerm en heeft dit vooral te maken met een felle reactie op een hoog neerslagoverschot van peilbuis B46B0744 ten opzichte van peilbuis B46B1316.

Op grond hiervan volgt dat het huidige kleischerm niet leidt tot een betere conservering van het water in het westelijke deel van de Kooi en dus ook niet in de rest van de laagte (overige deel van de Kooi en de Geuldert).

Dit kan samenhangen met het feit dat het kleischerm nu slechts over een beperkte afstand aan de zuidzijde van de laagte aanwezig is. Desalniettemin zou, indien het laterale waterverlies een aanzienlijke verliespost is, ook met de huidige lengte van het scherm tenminste een klein effect verwacht mogen worden. Het feit dat ook dit kleine effect er niet is kan worden veroorzaakt door een niet optimale constructie van het kleischerm (geen goede aansluiting op de leemlaag in de ondergrond), maar zelfs met een niet optimale constructie zou een klein effect verwacht mogen worden. Dus de afwezigheid van een (wezenlijk) effect vormt vooral een indicatie dat het laterale waterverlies hier geen aanzienlijke verliespost vormt.

Peilbuizen in de stuwwal

In het stuwwalgedeelte ten westen van de bovenloop van de Molenbeek, in en langs het Zevendal, zijn twee meetpunten aanwezig met behalve filters in het gestuwde pakket (filters 1, 2 en 3) ook filters in het diepe pakket onder de stuwwal (filter 4). Het gaat hierbij om peilbuizen B46B0069 en B46B0070 (voor locaties: zie figuur 2.1 of 2.4a). In DINO zijn van deze peilbuizen reeksen beschikbaar vanaf 1981 t/m 2017. Ook van de zeer lange reeksen van deze peilbuizen zijn grafieken gemaakt (zie bijlage 3). Ook van deze reeksen zijn met behulp van Menyanthes tijdreeksmodellen gemaakt.

In de grafieken is te zien dat in het gestuwde pakket behalve het (afgevlakte) jaarlijkse verloop (met hoge grondwaterstanden als gevolg van het neerslagoverschot in de winter en lage grondwaterstanden als gevolg van het neerslagtekort in de zomer) er sprake is van een meerjarig verloop. Dit meerjarige verloop hangt samen met de reservoirwerking van de stuwwal: in samenhang met reeksen van natte jaren wordt het reservoir tot op hoog niveau gevuld en in samenhang met reeksen van droge jaren zakt het niveau van het reservoir juist ver weg. Dit meerjarige verloop verklaart ook de sterk variabele debieten van de bronbeken (Molenbeek en Helbeek) in de loop der jaren. Helaas lopen de (in DINO) beschikbare reeksen (nog) niet verder door dan tot en met 2017. Verwacht mag worden dat dat gevolg van de reeks van extreem droge zomers de grondwaterstand van het stuwwalsysteem in de periode 2018-2020 diep wegzakt, en dat dus als gevolg hiervan ook de debieten die voor de bronbeken in april 2021 zijn gemeten veel lager zijn dan enkele jaren daarvoor.

In relatie tot de reservoirwerking en vanwege de dikke onverzadigde zone, waardoor neerslag op sterk vertraagde wijze in de verzadigde zone belandt, is het niet mogelijk om met behulp van Menyanthes goede tijdreeksmodellen voor deze reeksen te maken, zoals ook blijkt uit de resultaten die in de tabel van bijlage 4 voor deze meetpunten zijn opgenomen. Zodoende kan op grond hiervan dus ook niet worden afgeleid of (en zo ja, in hoeverre) er sprake is van verdroging van het stuwwalsysteem / een verminderde voeding van de bronbeken als gevolg van antropogene beïnvloeding.

2.7.4 Indicatieve waterbalans

Om de werking van het hydrologische systeem nader te duiden is ondanks de onzekerheden ten aanzien van de grootte van de meeste posten en de onbekendheid van sommige posten toch een indicatieve waterbalans opgesteld (zie tabel 2.3). Hierbij is onderscheid gemaakt in de periode vanaf 2008 t/m 2017 en de periode vanaf 2018 t/m 2020. Er is gerekend met een weerstand van 100 dagen voor de leemlaag (leemlaag van circa 0,5 m en doorlatendheid van 0,005 m/d voor de leem / klei. De in rood aangegeven waarden betreffen zeer ruwe / ongefundeerde schattingen van posten die onbekend zijn maar voor de gedachtenvorming als geheel toch in de balans zijn opgenomen.

Tabel 2.3 Indicatieve waterbalans voor de Geuldert voor de periode 2008 t/m 2017 en de periode 2018 t/m 2020

post	2008-2017	2018-2020	bron gegevens / berekening
	mm/d	mm/d	
IN:			
Neerslag:	2,3	2,0	neerslagstation Heumen
Helbeek:	6,3	4,3	50% van 4,4 l/s in 2017 op 3 ha; 1,5 l/s in 2018 op 3 ha
Bronnen:	6,0	4,0	ruwe schatting
TOTAAL IN:	14,6	10,3	
UIT:			
Verdamping:	1,6	1,8	verdampingsstation Deelen
Wegzijgingsverlies:	9,0	7,0	$i = dh/c = 0,9/100$ (2008-2017); $i = 0,7/100$ (2018-2020)
Laterale verlies:	3,0	2,0	ongefundeerde schatting
TOTAAL UIT:	13,6	10,8	
IN-OUT	1,1	-0,4	
Oppervlakkige afvoer	1,1	0	restpost
Bergingsverschil	0	-0,4	restpost, komt aardig overeen met peildaling 2018-2020 = 38 cm

Uit de indicatieve waterbalansberekeningen volgt in de eerste plaats het grote aandeel van de voeding met bronwater vanuit de Helbeek in de totale voeding. Waarschijnlijk is in combinatie hiermee ook de voeding vanuit de bronnen aan de voet van de stuwwal groot. Het aandeel van de voeding vanuit de neerslag is in verhouding hiermee beperkt. In normale jaren is de sterke voeding met bronwater vanuit de Helbeek en de bronnen aan de voet van de stuwwal gemiddeld over het gehele jaar bezien voldoende om het moerasgebied ondanks het zeer sterke wegzijgingsverlies (berekende waarde van maar liefst 7 mm/d) en het (onbekende) laterale verlies op peil te houden en ook nog een afvoer vanuit het gebied te genereren. In de reeks van droge jaren vanaf 2018 t/m 2020 is dit niet het geval en is er gemiddeld over het gehele jaar bezien een watertekort. Zodoende komen ook in de winter de waterstanden niet meer op het afvoerniveau van het gebied en neemt het tekort dus ook elk jaar verder toe, wat resulteert in een steeds verdere peildaling in de Geuldertplas.

2.8 Hydrochemische situatie

Inleiding

Van de peilbuizen van het meetnet van de provincie zijn ook waterkwaliteitsgegevens beschikbaar. Voor het projectgebied zijn de meetgegevens van peilbuizen B46B0714 (JAB1: peilbuis in Geuldert) en B46B0715 (JAB2: peilbuis in brongebied Helkuil) relevant. In de grafieken die in figuren 2.12 a t/m f zijn opgenomen wordt het verloop van de gemeten concentraties van een aantal stoffen weergegeven voor de periode 2007 t/m maart 2021.

Peilbuis B46B0715 (JAB2) staat in de Helkuil: het brongebied van de Helbeek. De peilbuis staat aan de onderzijde van het brongebied, in de oostflank van het erosiedal. Hoewel het hierbij gaat om bronwater waarmee de Helbeek wordt gevoed gaat het niet om het bronbeekwater zelf, want de bronbeek wordt gevoed door diverse bronnen en de kwaliteit van de andere bronnen kan dus anders zijn dan die van de bron waarin de peilbuis staat. Peilbuis B46B0714 staat in het moerasbos van de Geuldert, op 10 à 15 meter ten noordwesten van de Geuldertplas.

Verder zijn door J. Bode van waterschap Limburg in augustus 2018 op 10 plekken indicatieve waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd voor het oppervlaktewatersysteem van het projectgebied. Hierbij zijn in alle eerder behandelde deelsystemen (Helbeek, Molenbeek en Geudertsysteem) op 10 locaties de EGV, zuurgraad (ofwel pH) en nitraatconcentraties gemeten. De EGV betreft het Elektrisch Geleidings Vermogen en is een maat voor de totale ionenconcentratie. De meetlocaties en meetresultaten zijn weergegeven in figuur 2.13. De nitraatconcentratie is gemeten met nitraatstrookjes en moet daarom als indicatief worden beschouwd. Vanwege een haperende pH-meter zijn de gemeten pH-waarden niet betrouwbaar (mededeling J. Bode, waterschap Limburg): deze waarden worden daarom buiten beschouwing gelaten.

Peilbuis B46B0715 in het brongebied van de Helbeek

Uit de grafieken volgt voor peilbuis B46B0715 (JAB2) in het brongebied van de Helbeek het volgende beeld:

- Het bemonsterde grondwater bevat vooral vanaf 2012 veel nitraat: terwijl in de periode 2007 t/m 2011 de concentratie nog uiteenloopt van 0,7 tot 2,5 mgN/l worden in de periode 2012 t/m 2020 concentraties gemeten die uiteenlopen van 4,3 tot 8,2 mgN/l. Op 1-3-2021 is de concentratie weer wat lager (3,2 mgN/l), maar nog steeds hoog.
- Het grondwater bevat tevens veel sulfaat: de waarden lopen uiteen van 53 tot 84 mg/l. Er lijkt daarbij ook sprake van een licht stijgende trend.
- De chlorideconcentratie schommelt de gehele meetperiode tussen de 27 en 32 mg/l, en ligt veelal tegen de 30 mg/l aan.
- De waterstofcarbonaatconcentratie varieert tussen de 25 en 47 mg/l en de calciumconcentratie varieert tussen 27 en 37 mg/l.
- De EGV schommelt veelal tussen de 300 en 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vanaf 2018 worden soms echter veel hogere waarden gemeten.

Deze meetresultaten wijzen op de aanwezigheid van gebufferd, maar ook vermest grond- en dus bronwater, waarbij niet alleen de nitraat- maar ook de chloride- en sulfaatconcentraties sterk zijn verhoogd ten opzichte van schoon bronwater (met zowel sulfaat als chloride < 10 mg/l). De sterk verhoogde sulfaatconcentratie hangt waarschijnlijk samen met het optreden van denitrificatieprocessen onder invloed van pyriet, waarbij nitraat wordt afgebroken en sulfaat wordt gevormd. Gelet op het intrekgebied en de grondwaterstromingsrichting is het vermeste grondwater afkomstig van nabij gelegen intensief beheerde landbouwpercelen op de stuwwal (Antea, 2017). Waarschijnlijk gaat het

hierbij niet alleen om het perceel binnen het N2000-gebied bij de Sint Maartenshoeve, maar ook (en in relatie tot peilbuis B46B0715 vooral) om de landbouwgrond buiten het N2000-gebied ten noordoosten van de Helkuil.

(Inlaatwater) Helbeek

Op de plek waar de Helbeek het brongebied verlaat (meetlocatie 6) is in augustus 2018 een EGV van 420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en een nitraatconcentratie van 4 mg/l gemeten. Ter plaatse van de inlaat van water vanuit Helbeek naar de Geuldert (meetlocatie 2) bedroeg de EGV 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en de nitraatconcentratie 4 mg/l. Dus het water dat in augustus 2018 werd ingelaten naar de Geuldert was nitraatrijk. Omdat uit de meetresultaten van peilbuis B46B0715 volgt dat het brongebied van de Helbeek permanent gevoed wordt met nitraatrijk water, mag worden verwacht dat ook het water dat vanuit de Helbeek naar de Geuldert wordt ingelaten permanent nitraatrijk is. Op basis van de overige meetresultaten van peilbuis B46B0715 mag worden verwacht dat het inlaatwater ook aardig gebufferd is (wat positief is), maar helaas ook sulfaatrijk is (wat negatief is).

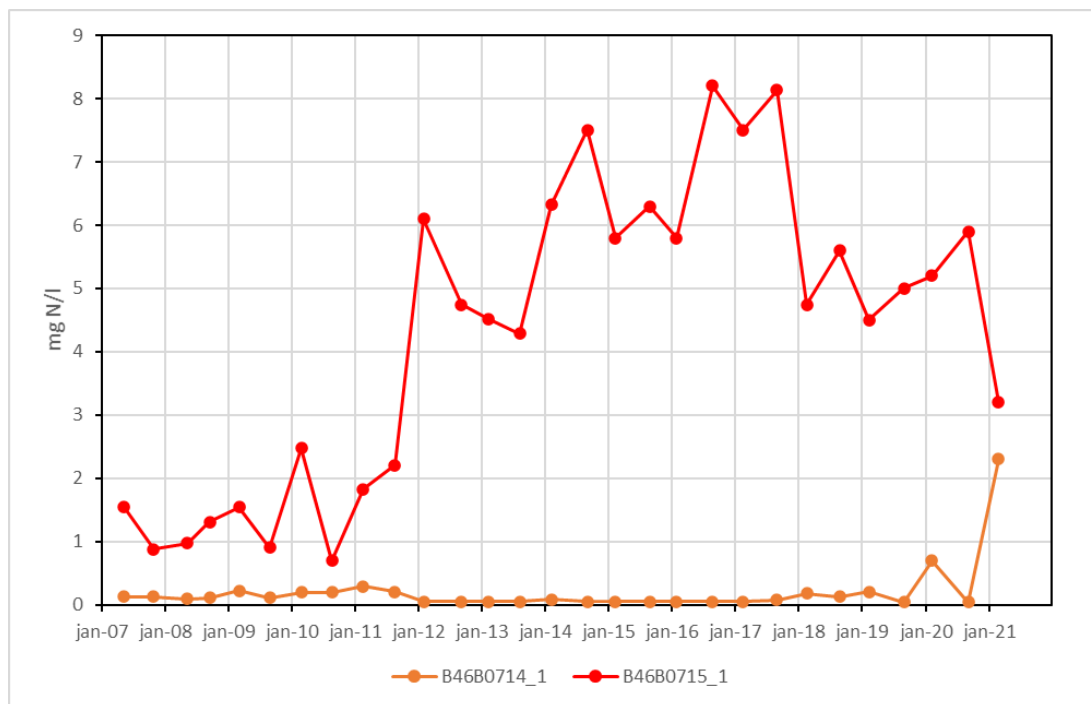
Peilbuis B46B0714 in de Geuldert

Uit de grafieken volgt voor peilbuis B46B0714 (JAB1) het volgende beeld:

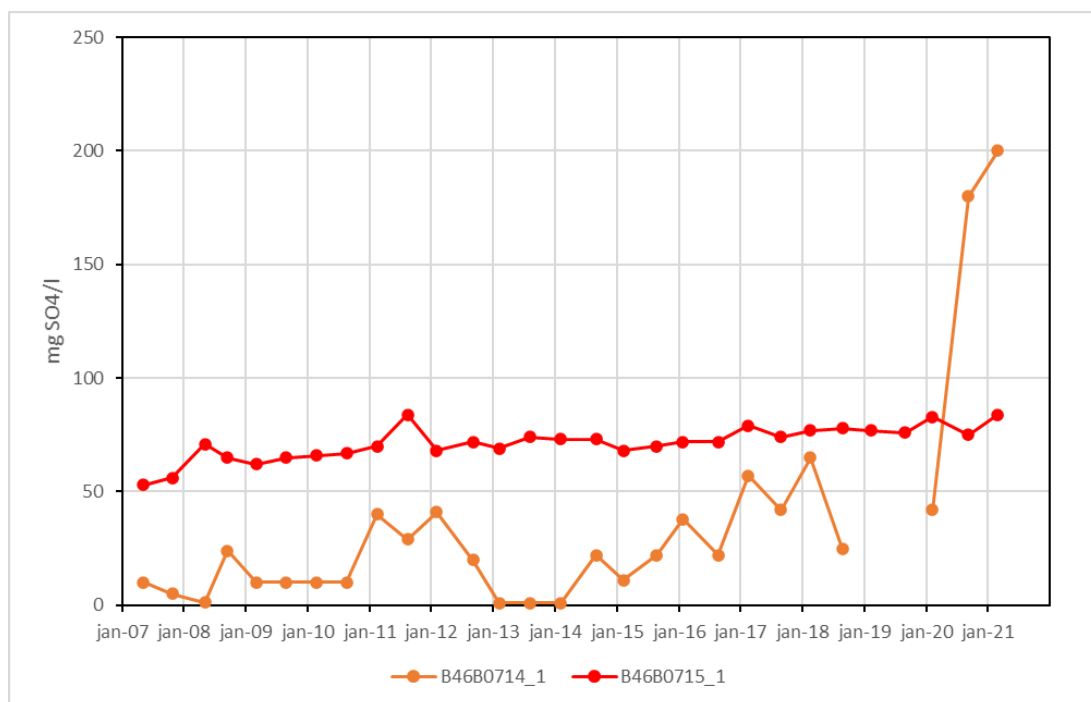
- De nitraatconcentratie van het bemonsterde grondwater was in de periode 2007 t/m 2019 zeer laag, namelijk uiteenlopend van 0,05 tot 0,3 mg/l. Ook bij de twee metingen hierna zijn nitraatconcentraties nog altijd niet al te hoog (want maximaal 0,7 mg/l). Bij de meest recente meting (op 1-3-2021) is echter wel een hoge waarde gemeten: namelijk 2,3 mgN/l. Ook de ammoniumconcentratie (waarvan geen grafiek is weergegeven) is bij de meest recente meting zeer hoog (2,5 mgN/l) terwijl dat eerder niet het geval was.
- De sulfaatconcentratie is sterk variabel. In de periode 2007 t/m begin 2020 liggen de waarden tussen de 1 en 65 mg/l. Bij de twee meest recente metingen zijn extreem hoge waarden gemeten: 180 mg/l op 9-9-2020 en 200 mg/l op 1-3-2021.
- De chlorideconcentratie varieert tussen de 21 en 29 mg/l en mogelijk is er sprake van een licht stijgende trend.
- De waterstofcarbonaatconcentratie ligt in 2007 t/m 2018 tussen de 46 en 77 l. De laatste jaren zijn enkele keren echter zeer lage waarden gemeten: 20 mg/l op 11-2-2019 en 8 mg/l op 1-3-2021.
- De calciumconcentratie varieert vanaf 2007 t/m 2018 tussen de 18 tot 34 mg/l. De laatste jaren worden echter veel hogere waarden gemeten, namelijk vanaf 47 mg/l tot maar liefst 120 mg/l op 11-2-2020.
- De EGV lag in de periode 2007 t/m begin 2018 tussen de 150 en 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$, maar is vanaf 2019 veel hoger, namelijk tussen de 513 en 768 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Deze meetresultaten wijzen erop dat het bemonsterde grondwater tot enkele jaren geleden een vrij constante en goede tot redelijk goede kwaliteit had, maar dat de waterkwaliteit recentelijk veel slechter is geworden: er is in de laatste meting zowel een hoge nitraat- als ammoniumconcentratie gemeten (tezamen 4,8 mgN/l) en er zijn in de laatste metingen ook extreem hoge sulfaatconcentraties gemeten, met daarbij in de laatste meting ook een zeer lage waterstofcarbonaat-concentratie.

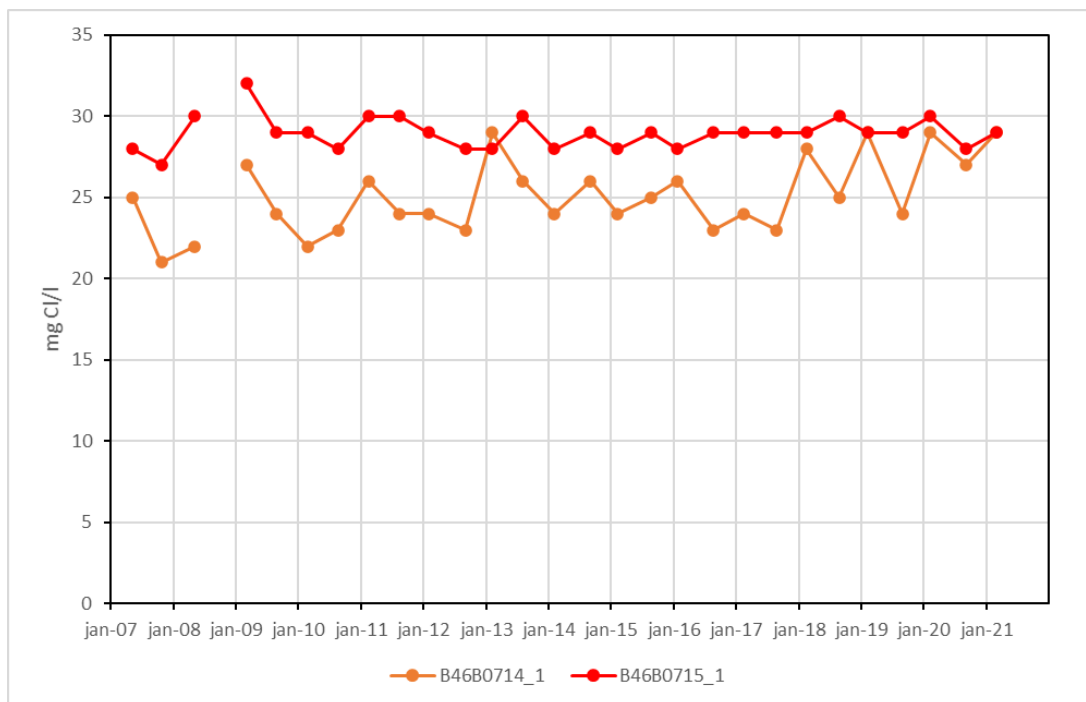
Behalve door inlaat van nitraat- en sulfaatrijk water vanuit de Helbeek wordt de verslechtering van de waterkwaliteit van het grondwater ook (en wellicht vooral) veroorzaakt door de sterke verdroging / uitdroging van de veenbodem in de Geuldert, als gevolg waarvan een versterkte mineralisatie van het veen optreedt, waardoor voedingsstoffen uit de bodem vrijkomen, die vervolgens (op vertraagde wijze) in het grondwater terecht komen. De extreem hoge sulfaatconcentratie geeft aan dat er ook denitrificatie onder invloed van pyriet lijkt op te treden (waardoor aanvankelijk de nitraatconcentratie nog niet stijgt). De verhoogde sulfaatconcentratie leidt op zijn beurt ook



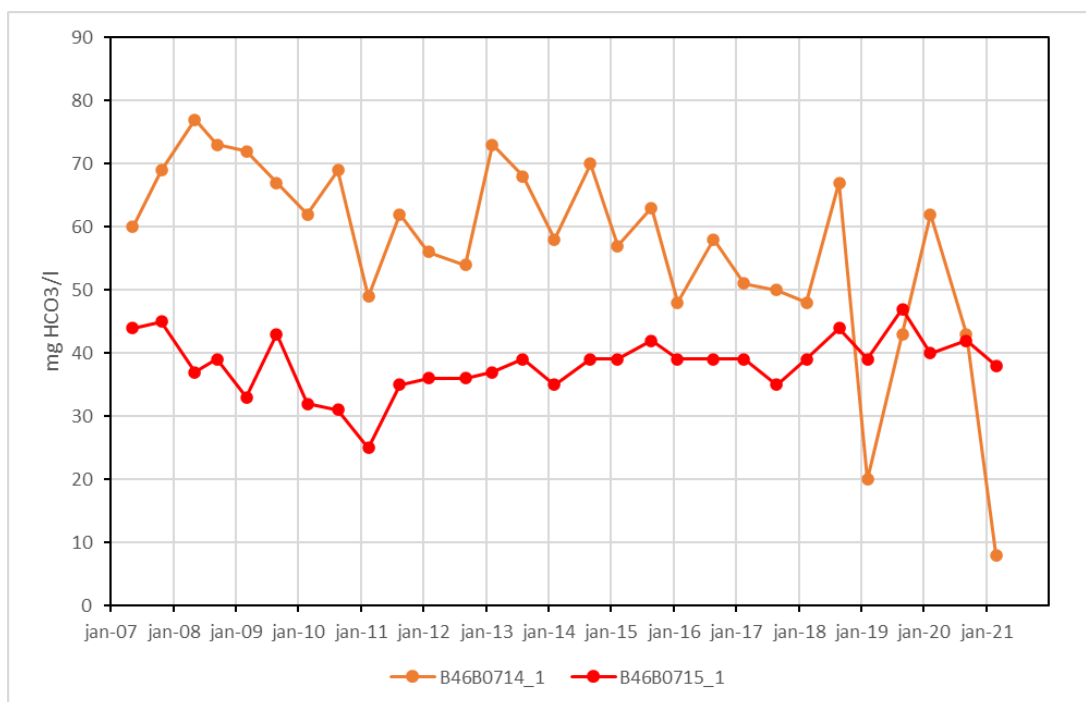
Figuur 2.13a Verloop van N-totaal voor peilbuizen B46B0714 (JAB1, Geuldert) en B46B0715 (JAB2, Helkuil) in de periode 2007 t/m maart 2021



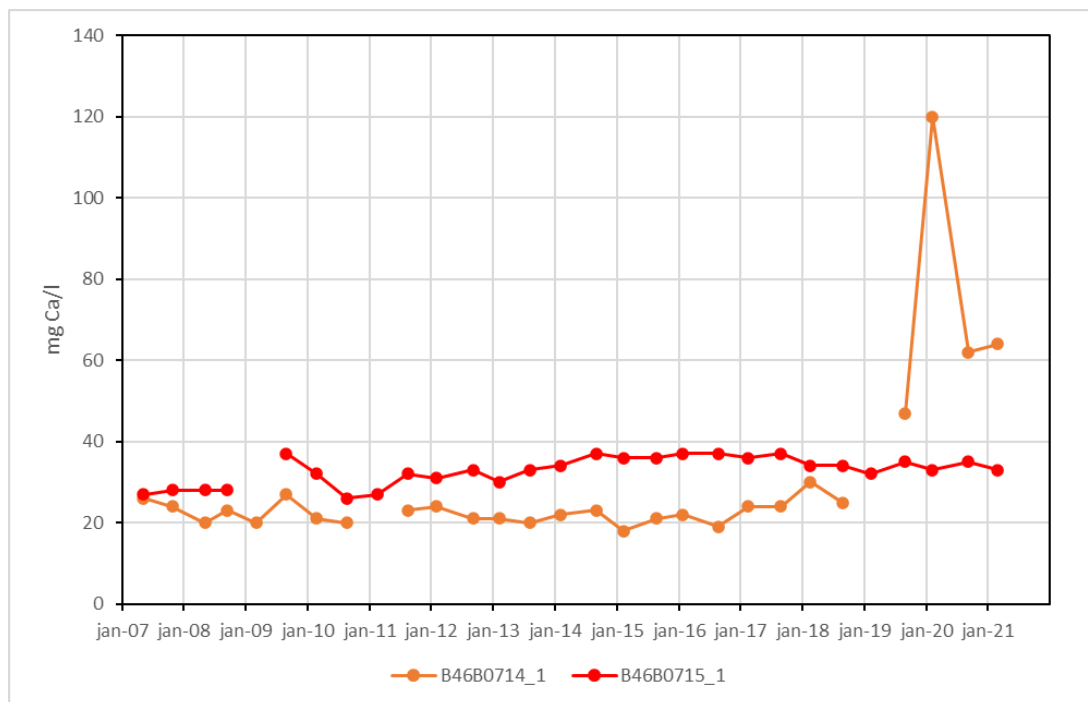
Figuur 2.13b Verloop van sulfaat voor peilbuizen B46B0714 (JAB1, Geuldert) en B46B0715 (JAB2, Helkuil) in de periode 2007 t/m maart 2021



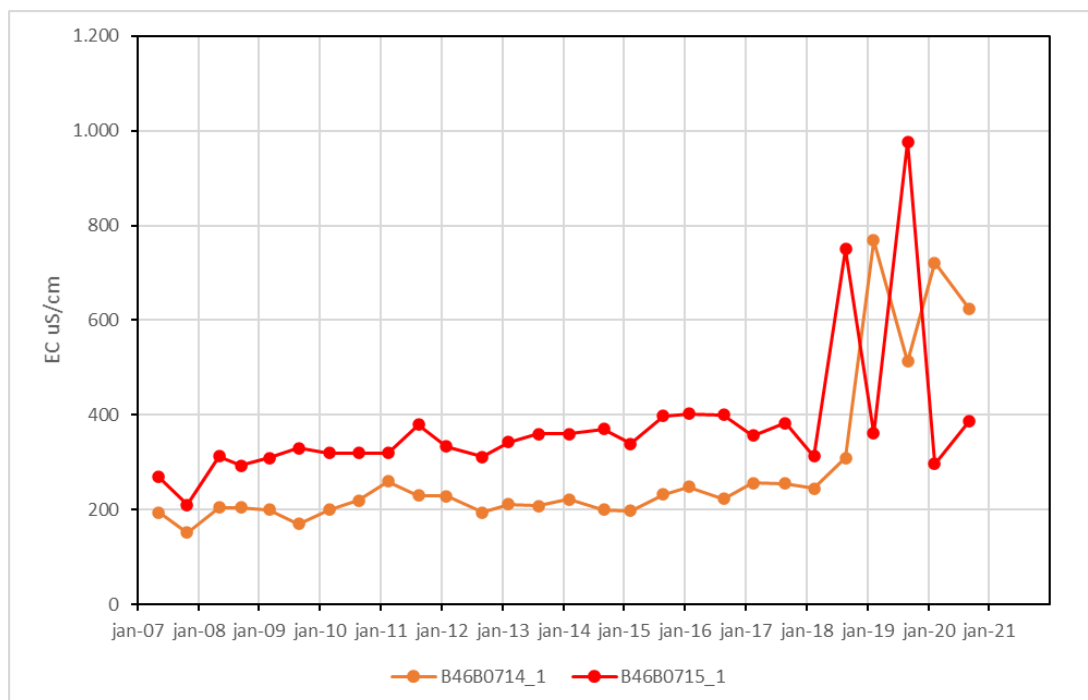
Figuur 2.13c Verloop van chloride voor peilbuizen B46B0714 (JAB1, Geuldert) en B46B0715 (JAB2, Helkuil) in de periode 2007 t/m maart 2021



Figuur 2.13d Verloop waterstofcarbonaat voor peilbuizen B46B0714 (JAB1, Geuldert) en B46B0715 (JAB2, Helkuil) in de periode 2007 t/m maart 2021.



Figuur 2.13e Verloop van calcium voor peilbuizen B46B0714 (JAB1, Geuldert) en B46B0715 (JAB2, Helkuil) in de periode 2007 t/m maart 2021.



Figuur 2.13f Verloop van EGV voor peilbuizen B46B0714 (JAB1, Geuldert) en B46B0715 (JAB2, Helkuil) in de periode 2007 t/m maart 2021

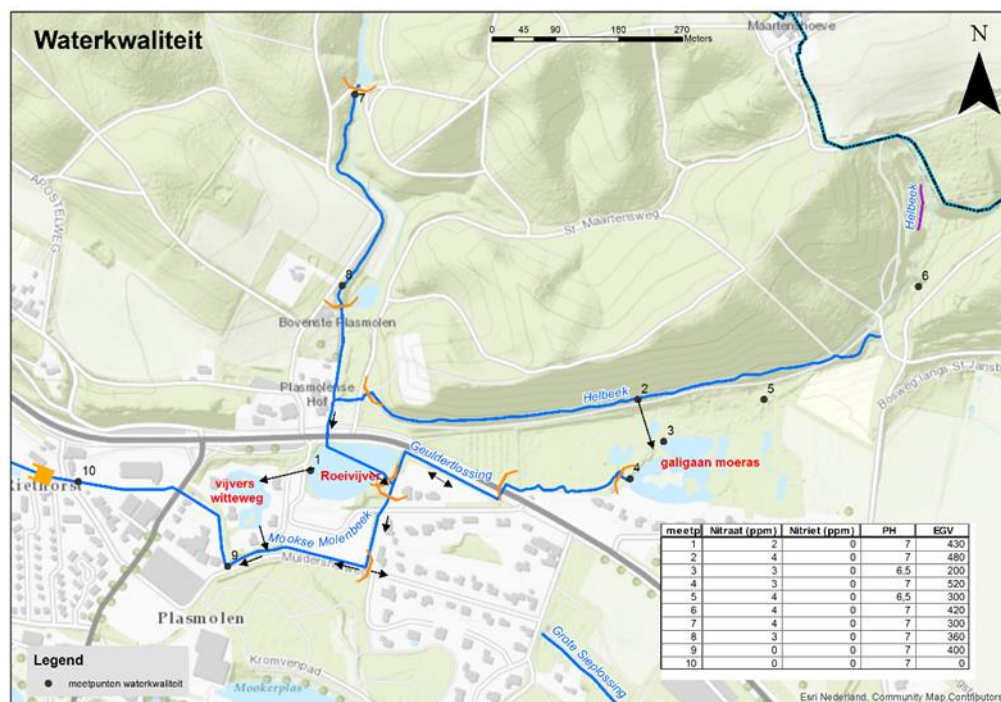
weer tot versnelde veenafbraak, met dus versterkte mineralisatie tot gevolg, etc. Door de sterke verzuring die gepaard gaat met de extreem hoge sulfaat- (en nitraat)concentratie neemt de waterstofcarbonaatconcentratie (sterk) af: zo bedraagt op 1-3-2021 de concentratie nog maar 8 mg/l en in samenhang hiermee wordt dan een pH van slechts 5,0 gemeten terwijl voorheen de pH hier tussen de 6,0 en 6,7 lag.

Oppervlaktewater Geuldert

In augustus 2018 zijn voor het oppervlaktewatersysteem de volgende waarnemingen gedaan (zie figuur 2.14):

- In een bron aan de voet van de stuwwal van waaruit de Geuldertplas wordt gevoed (meetlocatie 5) is een EGV van 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en een nitraatconcentratie van 4 mg/l gemeten. Dus ook dit bronwater bevat in augustus 2018 blijkbaar nitraat. Dit zou het gevolg kunnen zijn van een versterkte mineralisatie van de veenbodem in het brongebied vanwege het (deels) droogvallen hiervan in de extreem droge zomer van 2018.
- In de oeverzone van de Geuldertplas (waar Galigaan groeit) is een EGV van 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en een nitraatconcentratie van 3 mg/l gemeten. Ook het water in de oeverzone van de plas bevat dus nitraat en de relatief lage EGV-waarde ten opzichte van het bronwater (EGV = 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en het inlaatwater (EGV = 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$) duidt op een bijmenging van neerslagwater (in de winter). Dit betekent dat ook de mate van buffering van dit water in de oeverzone waarschijnlijk een stuk lager is dan die van het bron- en inlaatwater.
- Ter plaatse van de stuw waarmee overtollig water uit de plas wordt afgevoerd naar de Geuldertlossing (wat dus bij de metingen van augustus 2018 en ook een lange periode hiervoor niet het geval was) is juist een zeer hoge EGV-waarde gemeten: namelijk 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De nitraatconcentratie bedroeg 3 mg/l. De hoge EGV wijst op het optreden van chemische processen in de plas die ervoor zorgen dat de EGV stijgt. Hierbij kan met name gedacht worden aan een sterke afbraak van organisch materiaal onder invloed van voeding met sulfaatrijk water vanuit de Helbeek. Wellicht vindt in de plas ook denitrificatie onder invloed van pyriet op, waardoor sulfaat wordt gevormd, wat de veenafbraak nog verder zou kunnen stimuleren.

Dus de waterkwaliteit van de Geuldertplas lijkt in de eerste plaats negatief beïnvloed te worden door de inlaat van nitraat- en sulfaatrijk water vanuit de Helbeek. In combinatie kan (in extreem droge zomers) ook het bronwater van de bronnen aan de voet van de stuwwal van waaruit de plas wordt gevoed blijkbaar nitraat bevatten (als gevolg van mineralisatie van de drooggevallen veenbodem in het bronnengebied). Indien denitrificatieprocessen met pyriet optreden, dan kan de voeding met het nitraatrijke water leiden tot nog verdere verhoging van de sulfaatconcentratie en onder invloed hiervan kan dan versnelde afbraak plaatsvinden van organisch materiaal waardoor de kwaliteit nog verder verslechtert. Hoewel hiervan geen (directe) meetgegevens beschikbaar zijn, wordt verwacht dat zowel het inlaatwater als het bronwater dat aan de voet van de stuwwal uittreedt (net zoals het wel bemonsterde grondwater in het brongebied van de Helkuil) wel gebufferd is. In de oeverzone van de plas is dit (vermoedelijk) gebufferde, nitraat- en sulfaatrijke water in verdunde vorm aanwezig vanwege bijmenging met neerslagwater.



Figuur 2.14 Meetlocaties en meetresultaten waterkwaliteitsonderzoek J. Bode (waterschap Limburg) in augustus 2018

2.9 Vegetatie

Natte bossen

De vegetatie is grotendeels beschreven op basis van een vegetatiekartering die in 2015 voor de zone aan de voet van de Sint Jansberg is uitgevoerd (Eichhorn, 2015). Het gedeelte van de vegetatiekaart dat betrekking heeft op het projectgebied is in figuur 2.15 weergegeven. In combinatie hiermee zijn ook de flora-inventarisatiegegevens van de provincie geraadpleegd en zijn ook de bevindingen van het oriënterende veldbezoek op 22-4-2021 in de onderstaande beschrijving verwerkt.

In het bronnengebied van de Geuldert aan de voet van de stuwwal is een vegetatiecomplex met code B aanwezig. Het gaat hierbij om een combinatie van vegetatietype 39-2 Elzenbroekbos met Moeraszegge (60% van de oppervlakte), 43-1 Bronbos met Reuzenpaardenstaart (30% van de oppervlakte) en 7-1 Bronbos met Paarbladig goudveil (10% van de oppervlakte). In het Bronbostype 7-1 is Paarbladig goudveil vegetatievormend in de kruidlaag. In het Bronbostype 43-1 zijn de kensoorten Reuzenpaardenstaart en Boswederik aanwezig. Ook Gevlekte aronskelk en Bosanemoon zijn in dit type rond de bronnen aanwezig. In het Elzenbroekbos groeit Moeraszegge massaal in de kruidlaag en Pinksterbloem is vrij talrijk op de meest kwelrijke plekken. Ook Moeraswalstro, Grote wederik, Wolfspoot en Watermunt komen veel in dit type voor. Bij het veldbezoek op 22-4-2021 is binnen de zone van dit vegetatiecomplex ook Zwarte bes aangetroffen.

In de zone die aan het bronnengebied grenst is een vegetatiecomplex met code C aanwezig. Het gaat om een combinatie van 40-1 Berkenbroekbos met Zomereik (60%) en 39-2 Elzenbroekbos met Moeraszegge (40%). Type 40-1 heeft veel Zachte berk in de boomlaag. De aanwezigheid van Zomereik en Ruwe berk wijzen in dit type op verdroging. Op deze verdroogde plekken groeit ook veel Braam en Adelaarsvaren.

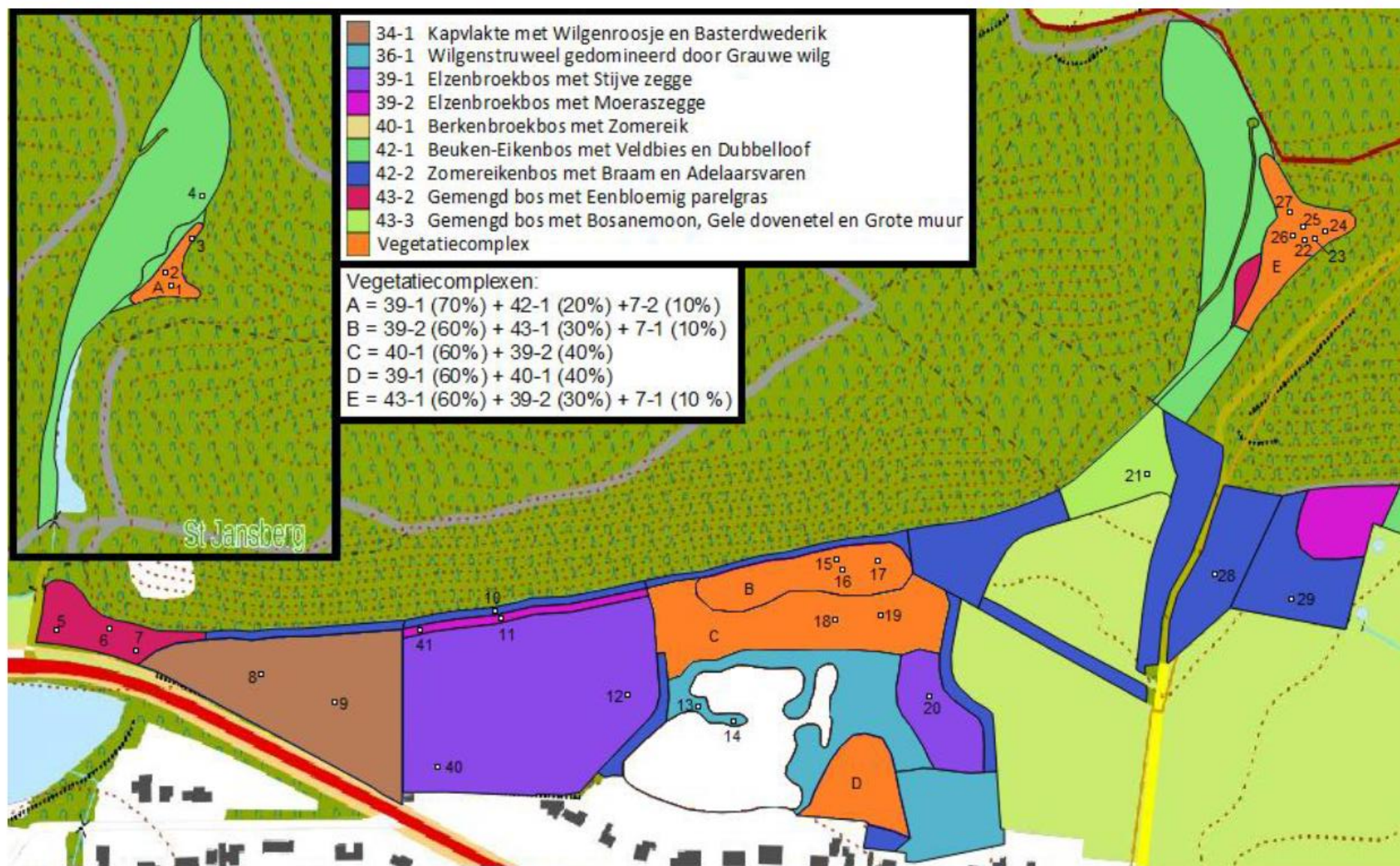
In een smalle zone ten noorden van de Geuldertplas en ten oosten van de plas is het vegetatietype 36-1 aanwezig: Wilgenstruweel gedomineerd door Grauwe wilg. In de kruidlaag groeien veelal dezelfde soorten als in het Elzenbroekbos.

In een kleine zone ten zuidoosten van de plas is nog een zone met vegetatiecomplex D aanwezig, met een combinatie van 39-1 Elzenbroekbos met Stijve zegge en 40-1 Berkenbroekbos met Zomereik.

In het laag gelegen deel van de Kooi en in het uiterste oosten van de Geuldert is vegetatietype 39-1 aanwezig: Elzenbroekbos met Stijve zegge. In dit bostype zijn Stijve zegge, IJle zegge, Elzenzegge, Gele lis, Pinksterbloem, Moeraswalstro, Grote wederik, Wolfspoot en Watermunt talrijk. Op de natste plekken is Waterviolier talrijk aanwezig. In de kruidlaag zijn plaatselijk ook Koningsvaren, Zwarte bes en Gewone dotterbloem aanwezig.

Bij het veldbezoek op 22-4-2021 is geconstateerd dat het centrale deel van de Kooi niet begroeid is met Elzenbroekbos (zoals de vegetatiekaart suggereert) maar dat in plaats hiervan Wilgenstruweel aanwezig is. In de ondergroei hiervan zijn Moeraszegge, Pluimzegge en een enkele Gele lis aanwezig (Keulen & Majoor, 2019). Op 22-4-2021 is ook waargenomen dat de stronken van de Elzen tot op grote diepte (1 meter) droog stonden, wat een indicatie vormt voor sterke verdroging van het gebied, aangezien in een vroege voorjaars situatie het waterpeil normaal gesproken gelijk is aan het niveau van de stronken.

Het minder laag gelegen westelijke deel van de Kooi is in 2015 gekarteerd als kapvlakte met Wilgenroosje en Bastaardwederik. Op 22-4-2021 is hier veel opslag van Berk en daarnaast ook Fijnspar gezien met in de ondergroei veel Braam.



Vegetatiekaart (west). De vegetatiecodes verwijzen naar de lokale vegetatietypen (zie tekst voor de beschrijvingen). Cijfers verwijzen naar de vegetatieopnames (zie bijlage 4). Letters verwijzen naar de vegetatiecomplexen.

Figuur 2.15 Vegetatiekaart de Geuldert (bron: K.A.O. Eichhorn, 2016)

Galigaanmoeras

Het betreft een gebiedje met open water, omzoomd door Wilgen- en Gagelstruweel, Riet en Galigaan (Eichhorn, 2015). Galigaan groeit verspreid in dit gebiedje, met name langs de randen van het water. In het water groeit Waterviolier en ook Witte waterlelie. Kenmerkende en begeleidende soorten van de Galigaanassociatie die in de oeverzone voorkomen zijn Bitterzoet, Galigaan, Gewone waternavel, Grote wederik, Hoge cyperzegge, Kruipwilg, Moerasvaren, Moeraswalstro, Moeraszegge, Riet, Wateraardbei, Watermunt, Wilde gagel en Wolfspoot (Van Mierlo, 2018). Het valt op dat Riet en Kruipwilg naast begeleiders ook concurrerende soorten voor het Galigaanmoeras zijn. Dit geldt ook voor Zwarte els en Zachte berk (Van Mierlo, 2018).

De omvang van dit gebiedje inclusief het open water bedraagt ongeveer 1 ha. In het begin van 2010 is door terreinbeheerder Natuurmonumenten tijdens een inventarisatie van Galigaan het aantal bloeiaren geteld. Totaal werden in de Geuldert 1094 bloeiaren genoteerd. In 2015 is bij een kartering van de vochtige vegetaties onder aan de helling, waaronder de Geuldert, ingeschat dat op een vijftal plekken gemiddeld 275 exemplaren Galigaan staat. In 2018 zijn verspreid pollen met Galigaan aangetroffen.

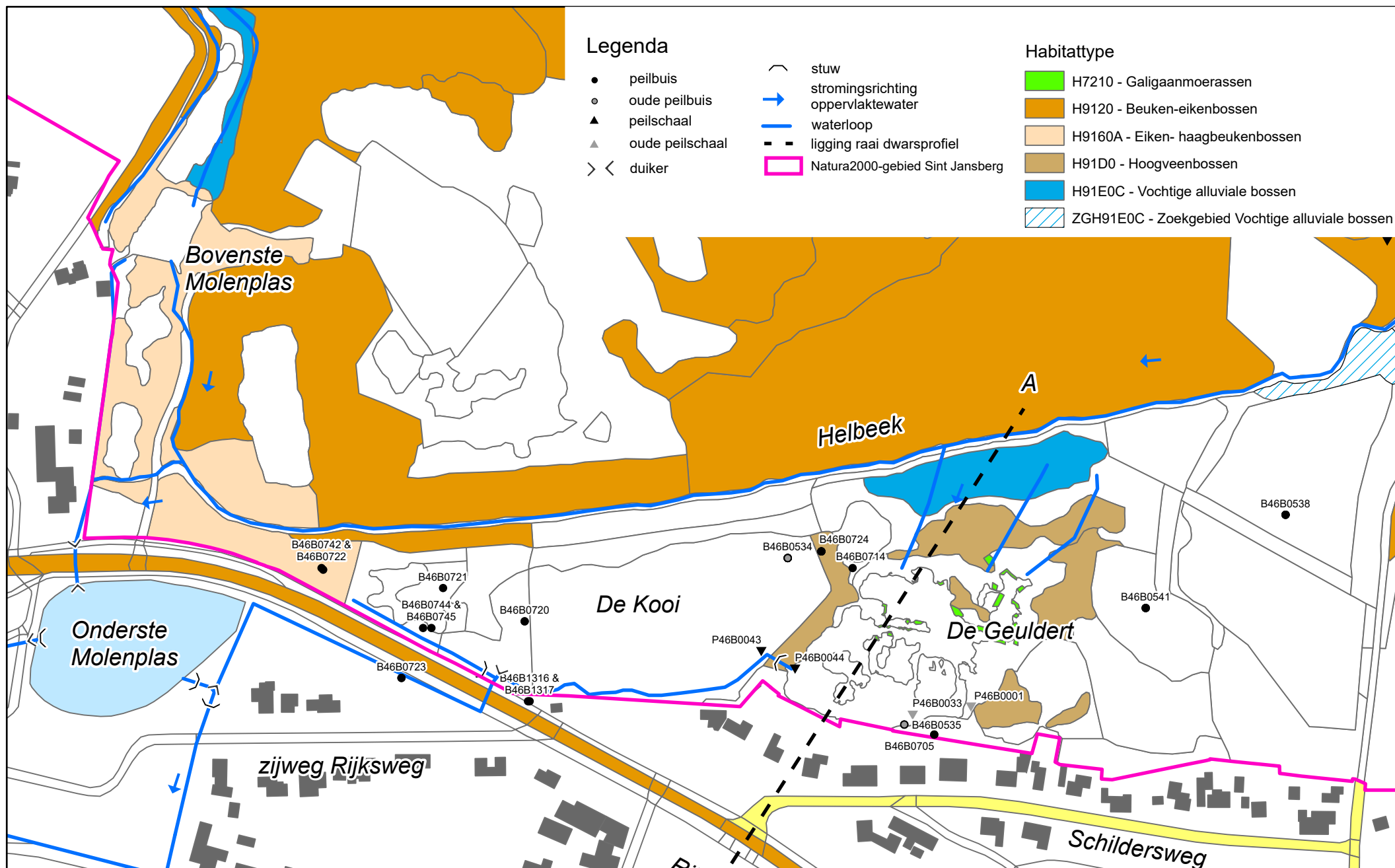
2.10 Habitattypen en habitatsoort

Grondwaterafhankelijke habitattypen

Figuur 2.16 betreft de habitattypenkaart van het projectgebied en de omgeving hiervan. In de hier weergegeven versie is het habitatype H7210 Galigaanmoerassen op gedetailleerde wijze, zoals gebaseerd op vegetatiekundige principes, weergegeven. Voor het N2000-beheerplan is gekozen voor een globalere weergave van dit habitatype: het op gedetailleerde wijze weergegeven van alle minieme zones met Galigaan is een te detaillistische weergave voor het beheerplan.

In de Geuldert zijn drie grondwaterafhankelijke habitattypen aanwezig:

- Het Elzenbroek- en Bronbos aan de voet van de stuwwal (grofweg vegetatiecomplex B op de vegetatiekaart) is gekwalificeerd als habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen.
- Ten zuiden van de zone met Vochtige alluviale bossen en verspreid rond de plas liggen zones die zijn gekwalificeerd als habitatype H91D0 Hoogveenbossen. Het gaat hierbij vooral om de zones die op de vegetatiekaart van Eichhorn zijn aangegeven als vegetatiecomplex C (combinatie van Berkenbroekbos met Zomereik en Elzenbroekbos met Moeraszegge) en vegetatiecomplex D (combinatie van Berkenbroekbos met Zomereik en Elzenbroekbos met Stijve zegge).
- Verspreid in de oeverzone van de Geuldertplas is het habitatype H7210 Galigaanmoerassen aanwezig. Ingeschat wordt dat het habitatype Galigaanmoerassen over een oppervlakte van ongeveer 0,03 ha voorkomt (Provincie Limburg, 2019). Voor beschrijving van de vegetatie: zie paragraaf 2.9.

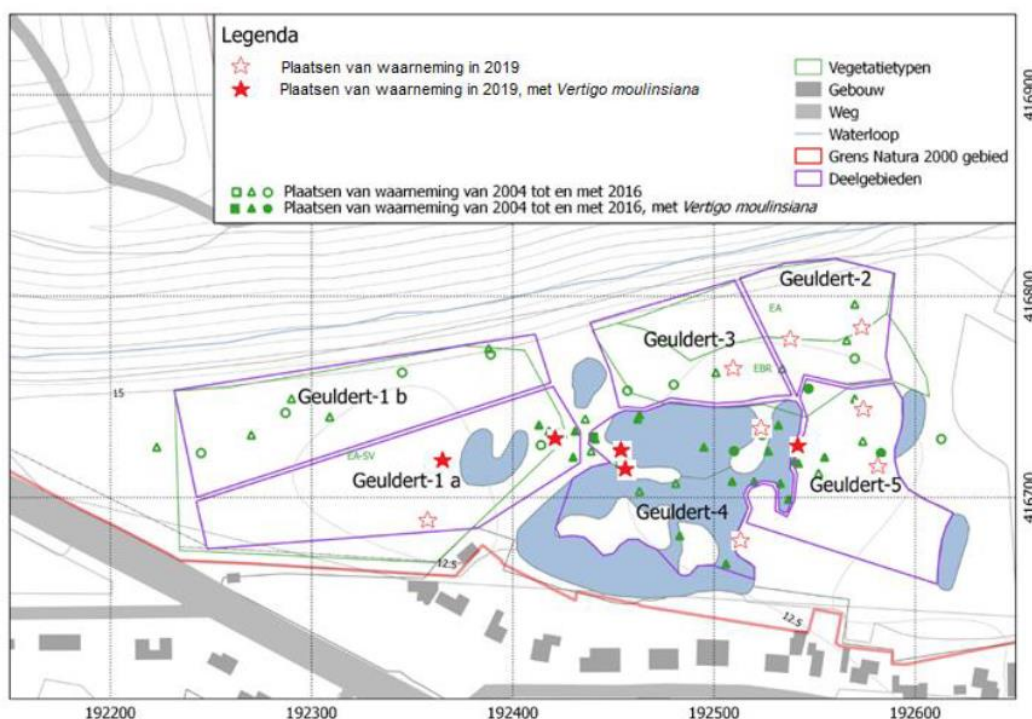


Habitatsoort H1016 Zeggekorfslak

In de Geuldert komt een populatie van de habitatsoort H1016 Zeggekorfslak voor. De Zeggekorfslak is een plantenbewonende soort, met een sterke voorkeur voor grote zeggensoorten. In Nederland leeft de soort veruit het meest op Moeraszegge, Oeverzegge en Pluimzegge. Uit onderzoek de afgelopen jaren is duidelijk geworden dat ook plantensoorten als Galigaan, Riet, Liesgras en Lisdodde geschikte waardplanten kunnen zijn (Boesveld & van Leeuwen, 2015).

De zeggekorfslak heeft een bijzondere voedselspecialisatie en stelt hoge eisen aan de leefomgeving. Hij leeft op moerassige plaatsen en in bron- en broekbossen, voornamelijk Elzenbroek. Het kronendak van deze bossen moet voor de Moeraszegge niet te zeer aaneengesloten zijn. De hydrologische omstandigheden spelen een belangrijke rol. Er moet voldoende (kwel-)water zijn om een grote zeggenvegetatie tot stand te laten komen. Daarnaast moet in de vegetatie voortdurend een hoge luchtvochtigheid heersen om de zeggekorfslak goede levensvoorwaarden te bieden. Als de dynamiek in de (grond)waterstand hoog is, zoals in vegetaties langs de oevers van beken en rivieren, ontbreekt de zeggekorfslak (Keulen & Majoor, 2016).

In 2016 is er vooral in de vegetatie op de westelijke landtong (van de Geuldertplas) veel Zeggekorfslak gevonden. Hij is waargenomen op Galigaan, laag in de vegetatie. In 2019 is de omvang van deze populatie Zeggekorfslak sterk afgenomen als gevolg van de lagere luchtvochtigheid in de omgeving en de uitdrogende Galigaan (Keulen & Majoor, 2019). Deze achteruitgang is dus dramatisch. Ook in de oostelijke oeverzone van de plas is in 2019 Zeggekorfslak aangetroffen. In 2016 kon deze zone vanwege een te hoge waterstand niet geïnventariseerd worden. Hij komt in geringe dichtheid laag in de vegetatie op Pluimzegge en Galigaan voor (Keulen & Majoor, 2019).



Figuur 2.17 Waarnemingen Zeggekorfslak in de Geuldert in 2019 in vergelijking met waarnemingen in periode 2004 t/m 2016 (Keulen & Majoor, 2019).

3 Synthese en conclusies

In de synthese en conclusies worden de onderzoeksvragen zoals geformuleerd in de inleiding van het rapport (hoofdstuk 1) beantwoord. Het gaat hierbij om de volgende vragen:

- Wat is de actuele grondwatersituatie in relatie tot de standplaatseisen? (zie paragraaf 3.1).
- Waarom is er in de huidige situatie sprake van een niet optimale hydrologie? Om deze vraag te kunnen beantwoorden is een goed systeeminzicht nodig, dus hieraan wordt in de synthese en conclusies dan ook veel aandacht aan besteed (zie paragraaf 3.2).
- Welke maatregelen kunnen worden uitgevoerd om de omstandigheden te verbeteren? (zie paragraaf 3.3)
- Is er aanvullend (veld)onderzoek nodig voor het goed inzichtelijk maken van de werking van het hydrologische systeem / het bepalen van de juiste (wijze van uitvoering van de) maatregelen? (zie paragraaf 3.4)

3.1 Actuele grondwatersituatie in relatie tot standplaatseisen

Galigaanmoeras

- De Galigaan groeit verspreid in pollen in de oeverzone van de Geuldertplas. In de periode 2008 t/m 2017 werd in de oeverzone van de plas (nagenoeg) voldaan aan de GXG-standplaatseisen voor H7210 Galigaanmoerassen (doelgat van 1 cm voor de GVG en geen doelgat voor de GLG). In de periode met de extreem droge zomers van 2018 t/m 2020 werd niet voldaan aan GXG-standplaatseisen: voor deze periode bedroeg het GVG-doelgat circa 40 cm en het GLG-doelgat circa 30 cm.
- Omdat de basenrijkdom van het water in de plas onbekend is, kan niet goed worden beoordeeld of de mate van buffering voldoende is. In relatie tot de voeding van de plas met bronwater dat in de Geuldert aan de voet van de stuwwal uittreedt en de voeding met licht gebufferd inlaatwater uit de Helbeek mag worden verwacht dat ook het water van de plas enigszins gebufferd is. Indicatieve EGV-metingen wijzen echter op de aanwezigheid van een met regenwater verdund watertype in de oeverzone van de plas.
- Op basis van een eenmalige indicatieve meting volgt dat het water in de plas in augustus 2018 een aanzienlijke hoeveelheid nitraat bevatte. In combinatie hiermee heeft het water mogelijk ook een hoge sulfaatconcentratie. Bij behandeling van het ecohydrologisch functioneren van het gebied en de knelpunten hierin wordt dieper op dit onderwerp ingegaan.

Moerasbossen

Voor het moerasbos rond de Geuldertplas geldt:

- Ter plaatse van peilbuis B46B0714, die aan de rand van een zone met habitatype H91D0 Hoogveenbossen staat, werd in de periode 2008 t/m 2017 voldaan aan de GVG-standplaatseisen van het habitatype H91D0C Hoogveenbossen en was er alleen een klein GLG-doelgat van 3 cm. In de periode 2018 t/m 2020 bedroeg het GVG-doelgat 18 cm en het GLG doelgat 69 cm.
- Voor de zone met habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen in het brongebied aan de voet van de stuwwal kan niet worden beoordeeld of voldaan wordt aan de standplaatseisen, aangezien hier geen peilbuis staat.

- Voor het Elzenbroekbos in het oostelijke deel van de Geuldert, waar peilbuis B46B0541 staat, geldt voor de periode 2008 t/m 2017 een doelgat van 13 cm voor de GLG en is voor de GVG geen doelgat aanwezig. In de periode met de extreem droge zomers van 2018 t/m 2020 werd niet voldaan aan GXG-standsplateisen: voor deze periode bedraagt (ter plaatse van peilbuis B46B0541) het GVG-doelgat 7 cm en het GLG-doelgat maar liefst 106 cm.

In het Elzenbroekbos van deelgebied de Kooi is geen peilbuis aanwezig. Op basis van de meetreeks van peilbuis B46B0720 (net ten westen van het Elzenbroekbos) en van peilschaal P46B0043 (in de zuidoosthoek van het deelgebied) volgt het beeld dat het broekbos in de periode vanaf 2008 t/m 2013 voldoende nat was, dat vanaf 2014 / 2015 de grondwaterstand in de zomer al snel en ver wegzakt en dat vanaf 2018 het gebied praktisch het gehele jaar droogvalt. Hiermee is het moerasbos van de Kooi in nog veel ernstiger mate verdroogd dan het meest verdroogde moerasbos van de Geuldert.

3.2 Ecohydrologisch functioneren en knelpunten

Het moerasgebied van de Geuldert en de Kooi ligt in een laagte met veenbodem aan de voet van de Sint Jansberg. In de Geuldert ligt een uitgeveende plas en de Galigaan groeit verspreid in pollen in de oeverzone van de plas. Het moerasbos ligt rond deze plas en in deelgebied de Kooi. Het betreft hierbij het laatste restant van het uitgestrekte moerasgebied van het Koningsven dat aan de voet van de stuwwallen van de Sint Jansberg en het Reichswald tot in het begin van de 20^e eeuw aanwezig was (zie figuur 2.2a).

Het moerasgebied ligt in een geul die door het vlechtende Pleistocene Rijnsysteem is achtergelaten. De geul en ook de omgeving hiervan is toen de rivier al wat rustiger was geworden afgedekt met een kleiig laagje, ofwel een leemlaag. Vervolgens is in deze geul (en ook de andere geulen aan de voet van de stuwwal) in het Holoceen veen tot ontwikkeling gekomen. Onder de leemlaag ligt een circa 25 meter dik pakket van vooral grove rivierzanden: deze zanden vormen het (eerste) watervoerende pakket. De leemlaag heeft een weerstandsbiedende werking. In samenhang hiermee is boven de leemlaag een ondiep, freatisch systeem werkzaam: het lokale systeem van de Geuldert (zie geohydrologisch dwarsprofiel: figuur 2.11). Dit lokale systeem wordt behalve door neerslagwater ook gevoed door bronwater dat aan de voet van de stuwwal uitreedt en afkomstig is vanuit een lokaal stuwwalsysteem dat bovenop het grote stuwwalsysteem ligt. Sinds rond 2000 wordt het lokale systeem van de Geuldert ook gevoed met water dat vanuit de Helbeek wordt ingelaten en afkomstig is uit het brongebied van de Helbeek: de Helkuil. Het lokale systeem verliest water door verdamping, wegzijging via de leemlaag naar de zandondergrond en laterale afstroming via de afzettingen boven de leemlaag naar het gebied aan de zuidzijde. Alleen in zeer natte winterperioden wordt overtollig water oppervlakkig via de Geuldertlossing afgevoerd.

Het grote stuwwalsysteem voedt in de huidige situatie alleen het watervoerende pakket onder de Geuldert. Via het watervoerende pakket stroomt het grondwater naar de Mookerplas (zie figuur 2.11), die (met uitzondering van perioden met zeer hoge rivierafvoeren) in open verbinding staat met de Maas. Het plaspeil ligt rond de 8 mNAP, wat bij benadering circa 2 meter lager is dan het afvoerniveau dat hier voorafgaand aan de aanleg van de plas aanwezig was en circa 3 meter lager dan het afvoerniveau van rond 1900, toen ook hier nog drassige geulen aanwezig waren. Vanwege het zeer lage peil heeft deze plas (met een berekende extreme kwelsterkte van 16 tot 32 mm/d in de hoek van de plas die het dichtst nabij de Geuldert ligt: zie figuren 2.10a en b) een zeer sterke drainerende werking op het grondwater. Vooral als gevolg hiervan en mede geholpen door het gezamenlijke effect van de drinkwaterwinningen in de omgeving (en met name de nabij

gelegen winning Mookerheide en de omvangrijke winning Heumensoord), is de stijghoogte in de zandondergrond van de Geuldert sterk verlaagd. In combinatie hiermee bestaat de mogelijkheid dat er in het aangrenzende gebied aan de zuidzijde particuliere putten zijn geslagen voor beregening van de hier aanwezige tuinen. Hoewel het hierbij niet zal gaan om enorme hoeveelheden, kan het effect hiervan op de stijghoogte in de zandondergrond toch aanzienlijk zijn vanwege de zeer korte afstand tot de Geuldert. Terwijl in de historische situatie van rond 1900 de Geuldert vermoedelijk mede werd gevoed door het grondwater uit het watervoerende pakket, is in de huidige situatie de stijghoogte in de zandondergrond als gevolg van deze aantasting(en) gemiddeld 0,8 à 1,0 meter lager dan de freatische grondwaterstand in de veenbodem. Omdat de leemlaag niet ondoorlatend is, heeft de daling van de stijghoogte in de zandondergrond geleid tot een sterk wegzijgingverlies en dus sterke verdroging van het ondiepe, lokale, freatische systeem van de Geuldert en de Kooi. Met het huidige stijghoogteverschil en uitgaande van een weerstand van 100 dagen voor de leemlaag bedraagt het wegzijgingsverlies tussen de 7 en 9 mm/dag: dit is dus heel veel (want bijvoorbeeld 4 à 5 keer zo hoog als het verdampingsverlies: zie tabel 2.3).

Behalve door wegzijging naar de ondergrond verliest de laagte ook water middels laterale afstroming van grondwater via de oppervlakkige bodemlaag over de leemlaag heen naar het zuiden, waar de freatische grondwaterstand veel lager is of een freatisch systeem zelfs ontbreekt (zie figuur 2.11). Dit verlies kan deels een natuurlijke oorzaak hebben: wellicht is de leemlaag in het gebied aan de zuidzijde slechter ontwikkeld en zodoende minder weerstandsbiedend waardoor hier meer water weglekt naar de ondergrond. Los daarvan wordt (ook hier) het diep wegzakken van de freatische grondwaterstand gestimuleerd door de versterkte wegzijging naar de zandondergrond als gevolg van de aanleg van de Mookerplas. Het verlies zou (in combinatie hiermee) ook versterkt kunnen zijn als gevolg van doorsnijding van de leemlaag in het gebied aan de zuidzijde door uitvoering van graafwerkzaamheden waardoor er hier freatisch grondwater weglekt naar de ondergrond. Verstoring van de leemlaag door graafwerkzaamheden kan hebben plaatsgevonden als gevolg van de aanleg van riolering langs de Schildersweg en verder zuidelijk de aanleg van de overkluizing van de Geuldertlossing langs de Rijksweg, graafwerkzaamheden bij het tankstation langs de Rijksweg en graafwerkzaamheden bij aanpassingen aan de Rijksweg zelf. Hoewel er zo vooral een aanzienlijke hoeveelheid water verloren kan gaan in de zone waar de Geuldertplas direct aan het verder zuidelijk gelegen gebied grenst, is het laterale verlies in verhouding tot het wegzijgingsverlies waarschijnlijk beperkt.

Al in de reeks van opeenvolgende extreem droge zomers in de jaren negentig, toen de (grond)waterstanden in de laagte ver en langdurig wegzakten (zoals blijkt uit de 35 jaar lange meetreeks van B46B0534 / B46B0724: zie figuur 2.12b), bleek de kwetsbaarheid van het systeem in relatie tot met name het onderliggende wegzijgingsprobleem. Deze verdroging vormde de aanleiding om vanaf rond het jaar 2000 water vanuit de Helbeek in te laten. De Helbeek betreft een opgeleide beekloop die is aangelegd voor de watervoorziening van de inmiddels verdwenen watermolen bij de Onderste Molenplas. In de natuurlijke situatie liep de Helbeek door de Geuldert heen en voedde dus de laagte van de Geuldert en de Kooi met het volledige beekdebiet. Dus de inlaat van water vanuit deze beek kan worden gezien als een gedeeltelijk herstel van het natuurlijke systeem. Pluspunt is dat dit bronwater ook gebufferd is. Probleem is echter wel dat het bronwater nitraat- en ook sulfaatrijk is, vanwege de voeding van het brongebied met vermest grondwater dat afkomstig is van intensief beheerde landbouwpercelen op de stuwwal. De laatste jaren lijkt (op basis van waterkwaliteitsgegevens van peilbuis B46B0714 in de periode 2007 t/m begin 2021) ook de kwaliteit van het grondwater in de Geuldert slechter te worden. Behalve door de inlaat van water vanuit de Helbeek kan dit ook het gevolg zijn van de sterke verdroging, waardoor mineralisatie van de veenbodem optreedt, waardoor met name veel stikstof vrijkomt, wat middels denitrificatie met pyriet kan leiden tot de hier gedurende de laatste jaren gemeten zeer hoge sulfaatconcentraties.

Om het laterale waterverlies vanuit de laagte tegen te gaan is langs het westelijke deel van de Kooi in 2015 een kleischerm in de bodem aangebracht. Op basis van de meetresultaten van hier geplaatste peilbuizen volgt dat dit kleischerm niet leidt tot een betere

waterconservering. Hoewel dit deels kan samenhangen met het feit dat het huidige scherm slechts over een beperkte afstand aan de zuidzijde van de laagte aanwezig is, vormt dit ook een indicatie dat, althans in het westelijke deel van de Kooi, het laterale waterverlies geen aanzienlijke verliespost vormt. Met name aan de zuidzijde van de Geuldertplas zou echter wel een relatief grote hoeveelheid water lateraal verloren kunnen gaan, in relatie tot de (vrijwel) direct aan de plas grenzende goed doorlatende grofzandige lagen die hier ter plaatse van B46B0705 zijn aangetroffen, indien een dergelijke bodemopbouw hier meer in zijn algemeenheid aanwezig is.

Ook is in de periode 2015-2018 geprobeerd om water vanuit de Onderste Molenplas via de overkluizing van de Molenbeek naar de Kooi te leiden, maar ook deze maatregel had geen positief effect, omdat vanwege het weglekken van water vanuit de overkluizing (naar de zandondergrond) het water de laagte niet kon bereiken.

Onder invloed van de voeding met bronwater is in de zone die direct aan de voet van de stuwwal grenst een waardevol bronbos met onder andere Paarbladig Goudveil en Reuzenpaardenstaart aanwezig. Dit waarschijnlijk enigszins gebufferde bronwater stroomt via enkele bronloopjes door naar de Geuldertplas. Geholpen door de inlaat van water vanuit de Helbeek was tot aan de reeks van extreem droge zomers vanaf 2018 t/m 2020 de bronwatervoeding voldoende om de plas ondanks het wegzijgingsverlies en het laterale verlies op peil te houden en zo de juiste GVG- en GLG standplaatscondities voor Galigaanmoeras in de oeverzone te handhaven. Dankzij de voedende werking van de (met bronwater gevoede) plas en de weerstandsbiedende werking van de leemlaag bleef voor 2018 ook de veenbodem van het omringende moerasbos behoorlijk nat. Gezien de aanzienlijke wegzijging naar de ondergrond kan het enigszins gebufferde plaswater de bovengrond van de veenbodem van het moerasbos over het algemeen echter niet bereiken, waardoor hier in de bovengrond de neerslaginvloed overheerst, wat de aanwezigheid van Berkenbroekbos (ofwel habitattype H91D0) verklaart. In de allerlaagste delen gebeurt dit vermoedelijk wel, waardoor hier Elzenbroekbos aanwezig is. De delen van het moerasbos die verder van het brongebied en de plas af liggen (ofwel het grootste deel van het moerasbos in deelgebied de Kooi en ook het moerasbos aan de oostzijde van de Geuldert) profiteren minder van de bronwatervoeding, waardoor hier, vooral onder invloed van de sterke wegzijging, de (grond)waterstand in perioden met onvoldoende neerslagoverschot snel en ver beneden maaiveld wegzakt.

In de opeenvolging van (extreem) droge zomers van 2018 t/m 2020 was de aanvoer vanuit het brongebied en de waterinlaat vanuit de Helbeek echter onvoldoende om het (vooral vanwege de sterke wegzijging als gevolg van de aanleg van de Mookerplas) aangetaste systeem voldoende nat te houden: de laatste jaren is het peil al in het voorjaar te laag en zakt het peil in de zomer bovendien veel te ver weg, gezien het GVG-doelgat van 40 cm en het GLG-doelgat van 30 cm voor het Galigaanmoeras, het GVG-doelgat van 18 cm en het GLG-doelgat van 69 cm voor het omringende Hoogveenbos en het GVG-doelgat van 7 cm en het GLG-doelgat van 106 cm voor Elzenbroekbos in het oosten van de Geuldert in de jaren 2018 t/m 2020. Omdat deelgebied de Kooi niet over een eigen bronsysteem beschikt en daarom afhankelijk is van de voeding met neerslagwater en de doorvoer van overtollig water vanuit de Geuldert waren hier al eerder problemen en zijn de omstandigheden de laatste jaren nog veel dramatischer dan in de Geuldert: het moerasbos ligt al een aantal jaren praktisch permanent droog.

Het systeem van de Geuldert (en dus ook de Kooi) is ook extra gevoelig voor opeenvolgingen van (extreem) droge zomers, omdat dan niet alleen het verdampingsoverschot groot is, maar (naar verloop van jaren) ook de bronwatervoeding sterk afneemt, niet alleen de voeding vanuit de bronnen in het gebied zelf, maar ook de bronwatervoeding van de Helbeek, omdat de lokale grondwaterreservoirs van waaruit de voeding plaatsvindt dan nog maar tot op laag niveau gevuld zijn. Zo is in 2021 een afvoer van slechts 3 l/s gemeten voor de bronbeeksystemen van de Molenbeek en de Helbeek tezamen, terwijl dit in 2017 voor beide systemen tezamen nog bijna 10 l/s was. Met name het bronbeekstelsel van de Molenbeek lijkt in de huidige situatie erg weinig water te leveren.

De geringe voeding van de Molenbeek kan (behalve met de reeks van droge jaren) samenhangen met de effecten van de nabij gelegen drinkwaterwinning Mookerheide. Omdat vanwege waterrechten slechts de helft van het bronwater van de Helbeek en de Molenbeek tezamen mag worden ingelaten naar de Geuldert, heeft een eventueel lager debiet van de Molenbeek ook consequenties voor de Geuldert, omdat zo ook minder water mag worden ingelaten vanuit de Helbeek. Verder bevindt zich in het intrekgebied van het brongebied van de Helbeek een geregistreerde particuliere onttrekkingsput die waarschijnlijk is bedoeld voor beregening van landbouwgrond. Indien deze put daadwerkelijk wordt gebruikt, dan zal dit een negatief effect hebben op de voeding van het brongebied van de Helbeek en dus de hoeveelheid water die naar de Geuldert kan worden ingelaten. In combinatie hiermee bestaat de mogelijkheid dat er in het intrekgebied van beide bronbeken (en vooral de Helbeek) ook niet geregistreerde particuliere onttrekkingsputten aanwezig zijn waarmee grondwater wordt onttrokken.

3.3 Potentiële maatregelen

(zie figuur 3.1)

Inleiding

Op basis van de resultaten van de systeemanalyse, bespreking van deze resultaten met de projectgroep (op 7 juni 2021 en 1 juli 2021) en een veldbezoek met de projectgroep (op 1 juli 2021) zijn in deze paragraaf de potentiële maatregelen beschreven voor bestrijding van de verdroging van de Geuldert en het aangrenzende gebied de Kooi. De maatregelen zijn ook op kaart weergegeven (zie figuur 3.1). In de beschrijving wordt ook een inschatting gegeven van de te verwachten effectiviteit en tevens wordt ingegaan op de praktische uitvoerbaarheid van de maatregelen. Eerst komen de meer systeemgerichte herstelmaatregelen aan bod die zijn gericht op aanpak van de problemen bij de bron. Deze maatregelen zijn weliswaar complex, maar leveren behalve winst in het projectgebied ook op grotere schaal winst op voor het Natura2000-gebied en de omgeving hiervan. Hierna wordt ook ingegaan op lokale, minder complexe, meer effectgerichte maatregelen. In paragraaf 3.4 is beschreven ten aanzien van welke zaken nog nader onderzoek nodig is.

De urgentie om maatregelen te treffen is groot. Er moeten dus al op korte termijn maatregelen worden getroffen om de verdroging tegen te gaan, anders is de kans groot dat het te laat is: de grondwaterafhankelijke natuur is dan al onherstelbaar aangetast. Daarbij zal op grond van een nadere verkenning moeten blijken wat de haalbaarheid van de hieronder uitgewerkte maatregelen, ook vanuit financieel oogpunt, is.

De potentiële maatregelen voor bestrijding van de verdroging betreffen:

- Doorvoeren van een peilverhoging in de Mookerplas.
- Benutting van het kwelwater van de Mookerplas voor drinkwaterwinning in combinatie met beëindiging van de winning Mookerheide.
- Herstel van het intrekgebied van de Helbeek.
- Aanpak van particuliere grondwateronttrekkingen aan de zuidzijde.
- Tegengaan van het laterale waterverlies vanuit de Geuldert door middel van het doortrekken van het kleischerm.
- In sterkere mate gebruik maken van het bronbeekwater van de Helbeek.

Doorvoeren van een peilverhoging in de Mookerplas

Aangezien de aanleg van de Mookerplas en het in open verbinding hiervan stellen met de Maas de belangrijkste oorzaak is van de verdroging van de Geuldert en de Kooi, en omdat door de aanleg van de plas ook elders het gebied rond de plas sterk verdroogd is, is het verhogen van het peil in de plas een effectieve en brongerichte maatregel om de verdroging te bestrijden. Op basis van modelberekeningen kan daarbij worden vastgesteld in welke mate het peil verhoogd zou moeten worden. Als ruwe indicatie wordt op basis van de resultaten van de systeemanalyse verwacht dat een peilverhoging van 1 meter een afname van de wegzijging zou kunnen opleveren van 30 à 40%, wat voldoende is om de verdroging te bestrijden.

Aangezien niet wordt verwacht dat een dergelijke peilverhoging voor het betreffende stuwpand van de Maas als geheel kan worden doorgevoerd, betekent dit dat het peil in de Mookerplas moet worden losgekoppeld van het Maaspeil. Nu gebeurt dat met behulp van de keersluis alleen maar in perioden met zeer hoge rivierstand (> 1 m boven het normale peil van 8 mNAP), om zo te voorkomen dat bij hoge rivierstand het peil in de Mookerplas te hoog oploopt. Ten behoeve van de pleziervaart is het daarbij nodig om de vaarverbinding tussen de plas en de Maas te behouden. Hiertoe zal de huidige keersluis aangevuld moeten worden met een schutssluis. Behalve dat dit hoge kosten met zich meebrengt, is dit vanuit praktisch oogpunt onaantrekkelijk voor de pleziervaart die gebruik maakt van de jachthavens in de Mookerplas. Daarentegen kan een vast plaspeil voor de recreatie juist

ook gunstig zijn omdat dan (op fluctuerend peil) aangepaste aanlegvoorzieningen niet meer nodig zijn. Verder is het de vraag of de infrastructuur rond de plas een dergelijke forse peilstijging aankan. Vermoedelijk wel, omdat bij hoge Maasafvoeren ook nu de waterstand in de plas al tot een meter boven het normale peil oploopt. Ander aandachtspunt is het verlies aan bergingscapaciteit voor het Maassysteem als geheel als gevolg van de peilverhoging: het gaat daarbij om een verlies van 880.000 m³. Wellicht kan dit probleem ondervangen worden door vooruitlopend op een afvoergolf de stuw tussen de plas en de Maas tijdelijk te strijken, waardoor in kritieke perioden wel de volledige huidige bergingscapaciteit beschikbaar is.

Gezien het grote te verwachten positieve effect is het zinvol de maatregel in ieder geval verder te verkennen.

Benutting van het kwelwater van de Mookerplas voor drinkwaterwinning in combinatie met beëindiging winning Mookerheide

In de huidige situatie wordt het kwelwater dat door de Mookerplas wordt gedraineerd ongebruikt uit het gebied afgevoerd. Uitgaande van een gemiddelde kwel van 8 mm/dag (wat een veilige inschatting is: zie figuren 2.10a en b) gaat het voor de plas als geheel om circa 80 l/s, ofwel circa 7.000 m³/dag, ofwel 2.500.000 m³/jaar. Het is een interessante optie om (een deel van) dit kwelwater te benutten voor drinkwaterwinning en hiermee opheffing van de winning Mookerheide (waar nu 1.000.000 m³/jaar wordt onttrokken) mogelijk te maken. Daarbij zal nog verder moeten worden uitgezocht hoe een dergelijke winning precies vormgegeven moet worden: waar moeten de winningsputten dan bijvoorbeeld worden gesitueerd en lukt het daarbij dan om enerzijds geen Maaswater aan te trekken en anderzijds te voorkomen dat deze nieuwe winning voor verdroging van de Geuldert gaat zorgen.

Het opheffen van de winning Mookerheide levert ter plaatse van de Geuldert een verhoging van de stijghoogte in de zandondergrond op, waarbij het effect (bij aanpassing van de schematisatie van het kleischot) nog eens stuk sterker zou kunnen zijn dan de nu berekende waarden van 5 à 10 cm. Op basis van de uitgevoerde modelberekeningen lijkt het opheffen van de winning ook een positief effect te hebben op de voeding van het bronsysteem van de Molenbeek. Indien dit effect daadwerkelijk aanwezig is, dan is de stopzetting van de winning niet alleen goed voor de ecologische waarden van het bronsysteem zelf, maar ook voor de ecologische waarden van de Geuldert, aangezien er dan meer bronwater beschikbaar zal zijn voor inlaat naar de Geuldert. Bovendien is een verbetering van de watervoerendheid van de Molenbeek ook vanuit cultuurhistorisch oogpunt belangrijk. Zodoende bestaat de mogelijkheid dat de opheffing van de winning op meerdere fronten winst oplevert.

De effectiviteit van het opheffen van de winning Mookerheide voor het reduceren van de wegzijging vanuit de Geuldert wordt naar verwachting veel groter indien uitvoering hiervan plaatsvindt in combinatie met het doorvoeren van een peilverhoging in de Mookerplas. De peilverhoging in de Mookerplas zal op zijn beurt weer leiden tot een afname van de kwel, maar de kwel zal naar verwachting ook bij een peilstijging van een meter nog sterk genoeg zijn om als alternatief te kunnen dienen voor de winning Mookerheide.

Het opheffen van de winning Mookerheide kan ook worden gezien als een mitigerende maatregel voor het lichte effect op de Geuldert / het N2000-gebied Sint Jansberg van de verplaatsing van de pompputten van de winning Heumensoord in zuidelijke richting.

Aanpak van de winning Mookerheide en overschakeling naar het benutten van kwelwater dat nu ongebruikt wegstroomt sluit ook goed aan op het streven van veel drinkwater-bedrijven naar het verduurzamen van de winningen. Omdat het wel een complexe maatregel is, kan een dergelijke aanpassing niet op korte termijn worden gerealiseerd. Voor de lange termijn lijkt deze maatregel wel kansrijk.

Herstel intrekgebied Helbeek

Herstel van het intrekgebied van de Helbeek betreft niet alleen het beëindigen van particuliere grondwateronttrekkingen ten behoeve van beregening maar ook de beëindiging van de bemesting van de landbouwgronden in het intrekgebied, voor het tegengaan van de hoge nitraat- en sulfaatbelasting van het bronwater: ook de huidige slechte kwaliteit van het inlaatwater vormt immers een bedreiging voor het Galigaanmoeras in de Geuldert. Door het treffen van deze maatregelen komt voor de Geuldert niet alleen meer inlaatwater, maar ook inlaatwater van goede kwaliteit beschikbaar. In combinatie hiermee zijn de maatregelen uiteraard ook gunstig voor het functioneren van het brongebied zelf.

Voor het Natura2000-gebied als geheel is ook herstel van de intrekgebieden van de brongebieden van de Molenbeek en Drie Vijvers belangrijk. Dit heeft echter geen directe betrekking op de Geuldert. Bovendien is de begrenzing van de intrekgebieden van deze bronsystemen onbekend. Om deze redenen is deze maatregel voor de bronsystemen van de Molenbeek en de Drie Vijvers weggelaten op de kaart met potentiële maatregelen voor bestrijding van de verdroging van de Geuldert (figuur 3.1).

Voor effectieve bestrijding van de verdroging dienen niet alleen de geregistreerde, maar ook de (eventuele) niet geregistreerde grondwateronttrekkingen in het intrekgebied beëindigd te worden. Om inzichtelijk te maken waar er nu onttrekking plaatsvindt is het zinvol een keer in een (zeer) droge zomerperiode een veldinventarisatie uit te voeren, waarbij wordt vastgesteld waar overal beregening plaatsvindt en welke putten daarvoor gebruikt worden.

In een klein deel van het intrekgebied wordt al gewerkt aan de stopzetting van de bemesting: in de zone binnen het N2000-gebied die direct tegen het brongebied aan ligt is dit het geval. Gezien de positie van deze zone tegen het brongebied aan is deze zone ook uitermate belangrijk voor de reductie van de nitraatbelasting.

Voor verbetering van de waterkwaliteit van het bronwater kan niet worden volstaan met het beëindigen van de bemesting van de landbouwgronden in het gedeelte van het intrekgebied binnen de begrenzing van het N2000-gebied: uit het door Antea uitgevoerde onderzoek (Van Roestel et al., 2017) volgt immers dat ook buiten de N2000-begrenzing intensief beheerde landbouwgronden liggen die deel uitmaken van het intrekgebied. Veel van deze landbouwgronden buiten de N2000-begrenzing zijn wel eigendom van Natuurmonumenten. Enkele delen van de landbouwgronden die binnen het intrekgebied liggen zijn echter eigendom van derden.

Punt van aandacht is dat de begrenzing van het intrekgebied in het Antea-onderzoek plaats heeft gevonden op basis van aannames ten aanzien van de geohydrologische opbouw van het intrekgebied. Om beter te kunnen bepalen tot hoe ver in de omgeving deze maatregelen getroffen dienen te worden is het dus raadzaam om op basis van veldonderzoek de intrekgebieden nauwkeuriger te begrenzen (zie paragraaf 3.4).

Het treffen van kunstmatige maatregelen in de intrekgebieden, zoals aanleg van infiltratiebekkens, is onwenselijk, want dit doet afbraak aan het natuurlijke systeem, en is in feite ook niet nodig, omdat de stuwwal al een goed functionerend reservoir is, als er tenminste geen grondwater aan onttrokken wordt.

In principe kan zowel in de intrekgebieden van de Helbeek als de Molenbeek ook door het omvormen van bos naar heide de grondwateraanvulling worden verbeterd, vanwege het geringere verdampingsverlies van heide ten opzichte van bos. In de intrekgebieden is echter al eeuwenlang bos aanwezig. Dus verbossing is hier dan ook geen oorzaak van de verdroging van het systeem. Bovendien is het bos ecologisch waardevol en is het ook vanwege eigentijdse maatschappelijke doelstellingen (klimaatbeleid) niet wenselijk het bos om te vormen in heide.

Aanpak van particuliere grondwateronttrekkingen aan de zuidzijde

De mogelijkheid bestaat dat er in het aangrenzende gebied aan de zuidzijde van de Geuldert en de Kooi particuliere putten zijn geslagen voor beregening van de hier aanwezige tuinen. Hoewel het hierbij niet zal gaan om enorme hoeveelheden, kan het effect hiervan op de stijghoogte in de zandondergrond toch aanzienlijk zijn vanwege de zeer korte afstand tot de Geuldert en de Kooi. Dus indien onttrekking van grondwater hier daadwerkelijk plaatsvindt, dan kan met de aanpak van deze onttrekking de wegzijging vanuit het lokale systeem van de Geuldert en de Kooi naar de zandondergrond naar verwachting gereduceerd worden, waarmee de verdroging van de Geuldert en de Kooi verminderd kan worden. Er zal daarbij ook een alternatief bedacht moeten worden voor de huidige onttrekkingen. Een alternatief zou de onttrekking van diep grondwater vanuit het tweede watervoerende pakket kunnen zijn (op een diepte van < -20 mNAP ofwel circa >30 meter beneden maaiveld).

Maar allereerst zal moeten worden vastgesteld of particuliere onttrekking in het aangrenzende gebied daadwerkelijk plaatsvindt en zo ja welke putten daarvoor gebruikt worden, hoe diep deze putten zijn en hoeveel grondwater hiermee wordt opgepompt. Om dit inzichtelijk te maken is het zinvol om in overleg te treden met de bewoners. Middels dit overleg kunnen de bewoners gelijk op de hoogte worden gesteld van de resultaten van het uitgevoerde ecohydrologisch onderzoek en kan ook worden bepaald in hoeverre er draagvlak is voor het uitvoeren van deze maatregel.

Lateraal waterverlies vanuit de Geuldert en de Kooi tegengaan

Door middel van het doortrekken van het kleischerm over de volledige rand van de laagte (of het in plaats hiervan aanbrengen van een damwand) kan het lateraal waterverlies (via de bodemlaag boven de leemlaag) naar het zuiden worden tegengaan. Omdat onduidelijk is hoeveel water er op deze manier vanuit het gebied verloren gaat is echter onbekend hoeveel winst deze maatregel kan opleveren en kan nu dus ook niet worden aangegeven in hoeverre hiermee de verdroging op effectieve wijze kan worden bestreden. Om dit te kunnen bepalen en aldus te kunnen beslissen of de maatregel zinvol is dient eerst veldonderzoek uitgevoerd te worden (zie paragraaf 3.4).

Omdat het eventueel doortrekken van het kleischerm / het aanbrengen van een damwand moet plaatsvinden langs de tuinen van de bebouwing langs de Schildersweg is uitvoering van deze maatregel vrij complex. Maar als uit het veldonderzoek volgt dat hiermee de verdroging wel op effectieve wijze kan worden bestreden, dan is deze maatregel wel kansrijk, omdat het een concrete, lokale, technische maatregel betreft die ook op grond van Natuurmonumenten kan worden uitgevoerd.

Er zijn werkzaamheden gepland voor de verwijdering van Bamboe ter plaatse van het reeds aangebrachte kleischerm in het westelijke deel van de Kooi en in de zone ten noorden hiervan. De Bamboe dreigt de natuurlijke vegetatie namelijk te overwoekeren en de scherpe wortels van de Bamboe kunnen het kleischerm penetreren waardoor er lekkage op kan gaan treden. Aangezien het reeds aanwezige kleischerm geen effect heeft zal eventuele beschadiging van het kleischerm bij het verwijderen van de Bamboe voornamelijk ook niet leiden tot een extra waterverlies. Toch is het beter om bij beschadiging het kleischerm wel gelijk te laten herstellen, omdat bij het eventueel doortrekken van het kleischerm over de gehele lengte van de overgangszone het reeds geplaatste deel wel een rol van betekenis zou kunnen vervullen en ook omdat het vreemd zou zijn de reeds gedane investering teniet te doen.

In sterkere mate gebruik maken van het bronbeekwater van de Helbeek

Een vanuit praktisch oogpunt eenvoudige en naar verwachting ook effectieve maatregel is het in sterkere mate gebruik maken van het water van de Helbeek voor het bestrijden van de verdroging van het projectgebied. Meest effectieve optie is om de complete Helbeek weer op natuurlijke wijze via de laagte van de Geuldert en de Kooi te laten stromen, zodat het complete debiet van de Helbeek benut kan worden voor de voeding van de laagte. Deze situatie is zowel vanuit cultuurhistorisch als recreatief oogpunt lastig te realiseren, want dit zou ten koste gaan van de opgeleide beekloop en deze opgeleide beekloop ligt er al eeuwen en is van groot recreatief belang. Bovendien zouden daarmee de huidige waterrechten niet gerespecteerd worden, in lijn waarmee 50% van het totale debiet van bronbeekwater (dus van de Helbeek en de Molenbeek tezamen) via de Onderste Molenplas (ofwel de roeivijver) naar de vijver Witteweg moet worden geleid.

Indien het beekwater pas benedenstrooms van de waterval naar het projectgebied wordt geleid, dan gaat het extra gebruik van het bronbeekwater van de Helbeek niet ten koste van de opgeleide beekloop. Op deze wijze kan er in principe zelfs ook water vanuit het brongebied van de Molenbeek naar het projectgebied worden geleid. Om het water ten goede te laten komen van de Geuldert zal het via een nieuw loopje aan de voet van de helling, via een hier reeds aanwezig 'banket' (ofwel een voormalig pad) hiernaartoe geleid moeten worden. Belangrijk punt is dat ook bij deze optie de huidige waterrechten niet gerespecteerd worden: er zal dan minder dan 50% van het totale debiet via de Onderste Molenplas naar de vijver Witteweg stromen. Waarschijnlijk is voor het op peil houden van de vijver Witteweg ook niet 50% van het bronbeekwater nodig aangezien er in de huidige situatie ook vaak water in lichte mate uit de vijver wordt afgevoerd naar het benedenstroomse deel van de Molenbeek. Via een praktijkproef kan worden nagaan hoeveel water er daadwerkelijk nodig is voor het op peil houden van de vijver Witteweg. Middels overleg met de belanghebbenden kan vervolgens worden gezien wat de mogelijkheden zijn voor het aanpassen van de waterverdeling.

Naar verwachting zal deze maatregel op weerstand stuiten van de bewoners rond de vijver Witteweg: waarschijnlijk willen zij dat de waterrechten gerespecteerd blijven worden en mogelijk vrezen zij ook voor negatieve gevolgen voor de ecologische ontwikkeling van de vijver indien de voeding met bronbeekwater geringer wordt. De komende jaren zullen er ook woningen gebouwd gaan worden aan de oever van de Onderste Molenplas: dus ook in relatie hiermee is een zorgvuldige afweging van belangen belangrijk. Waarschijnlijk zal het door de bewoners ook als onrechtvaardig worden ervaren dat het structurele verdrogingsprobleem van de Geuldert dan wordt aangepakt door de kleine hoeveelheid bronbeekwater die nu beschikbaar voor de vijvers gedeeltelijk van deze bewoners af te pakken, om zo op eenvoudige wijze het verdrogingsprobleem van de Geuldert te verhelpen. Mede daarom is het van extra groot belang om ook samen met deze bewoners na te denken over de eerder behandelde structurele herstelmaatregelen: hiervan zal immers niet alleen de Geuldert profijt hebben, maar ook de brongebieden en de beide vijvers. In dat licht bezien kan het gebruik van een extra groot aandeel van het bronbeekwater voor het bestrijden van de verdroging van de Geuldert ook als een tijdelijke noodmaatregel worden gezien, om de grondwaterafhankelijke natuur van de Geuldert te laten overleven totdat middels het treffen van (een selectie van) de eerder beschreven maatregelen de verdroging op structurele wijze is aangepakt. Het is daarom zaak om op basis van de resultaten van het nu uitgevoerde onderzoek snel in overleg te treden met de bewoners en ook snel de haalbaarheid van alle potentiële maatregelen nader te verkennen en daar waar nodig aanvullend onderzoek uit te voeren (zie paragraaf 3.4).

3.4 Aanbevelingen voor nader onderzoek

In relatie tot nog openstaande vragen die voortkomen uit de systeemanalyse en de afleiding van de potentiële maatregelen is het raadzaam bepaalde zaken nader te onderzoeken.

Voor het bepalen van het laterale waterverlies is het nodig om de bodemopbouw op de overgang van de laagte naar de tuinen van de bebouwing langs de Schildersweg te onderzoeken: aan de hand van boringen (met een onderlinge afstand van 50 meter) kan de dikte en de doorlatendheid van de bodemlaag / lagen boven de leemlaag worden bepaald, op grond waarvan (mede op basis van de waterstandsgegevens van de Geuldert) vervolgens het laterale waterverlies kan worden berekend.

In combinatie hiermee is het raadzaam om middels veldonderzoek ook de verbreiding, dikte en de doorlatendheid van de leemlaag onder de Geuldert en de Kooi te onderzoeken, om zo de weerstand van de leemlaag beter te kunnen bepalen, zodat het wegzijgingsverlies op nauwkeuriger wijze kan worden vastgesteld. Hiertoe dienen in een raster boringen te worden uitgevoerd tot aan de onderzijde van de leemlaag / de bovenzijde van de hieronder gelegen grove zandlaag. Het is daarbij wenselijk om de doorlatendheid niet alleen in te schatten op basis van de boringen zelf, maar ook middels uitvoeren van proeven met behulp van bodemonsters. Het bijplaatsen van peilbuizen voor het aanvullend meten van het stijghoogteverschil tussen het ondiepe systeem boven de leemlaag en het diepe systeem onder de leemlaag is niet nodig: aan de hand van de reeksen van de reeds aanwezige peilbuizen is hierin voldoende inzicht.

Ook is het zinvol om een beter inzicht te krijgen in het geohydrologisch functioneren van de bronbeeksystemen van de Molenbeek en de Helbeek, door middel van het bijplaatsen van een aantal peilbuizen (met filters op meerdere dieptes) in de stuwwal. In de eerste plaats is dit van belang om de intrekgebieden van de bronbeekstelsel beter te kunnen begrenzen en in de tweede plaats om af te kunnen leiden wat de relatie van het lokale systeem van de Molenbeek met het stuwalsysteem als geheel is (ofwel het eerste watervoerende pakket boven het glijvlak), vooral om zo te kunnen bepalen in hoeverre de winning Mookerheide de voeding van het brongebied van de Molenbeek kan beïnvloeden (ofwel: is er hier ook een lokaal stuwalsysteem werkzaam boven op het grote stuwalsysteem, en zo ja, in hoeverre staan deze systemen dan met elkaar in contact). Voor de beantwoording van de tweede vraag is ook het uitvoeren van een stopproef voor de winning zinvol, in het kader waarvan dan met behulp van het hydrologisch meetnet de effecten van het stopzetten van de winning kunnen worden geregistreerd. Daarbij zal uit een nadere verkenning (in overleg met de W.M.L.) moeten blijken hoe complex het uitvoeren van een dergelijke stopproef is (is er bijvoorbeeld wel een tijdelijk alternatief voor levering van drinkwater aan het voorzieningsgebied).

Om een scherper beeld te krijgen van de huidige debieten in de Molenbeek en de Helbeek en de verdeling hiervan is het raadzaam om (eenvoudige) debietmetingen op meerdere plekken en meerdere tijdstippen uit te voeren.

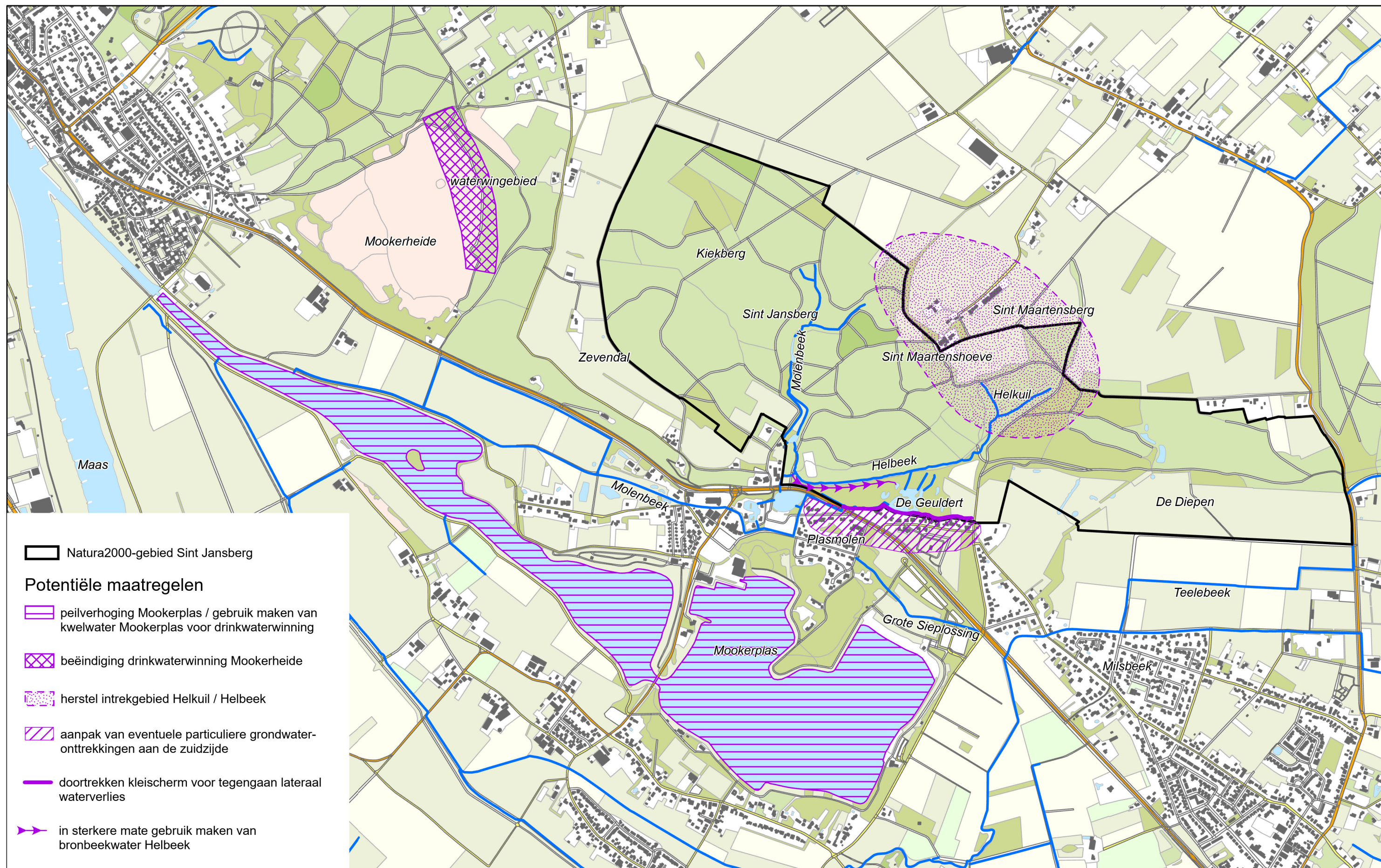
Tevens is het zinvol om een praktijkproef uit te voeren waarbij wordt nagegaan hoeveel water er daadwerkelijk nodig is voor het op peil houden van de vijver Witteweg. Dit is mogelijk door tijdens de proef vanuit de Onderste Molenplas slechts een klein deel van het water naar de vijver te leiden en het overige deel via de andere (nu afgesloten) stuw naar het benedenstroomse deel van de Molenbeek te leiden.

Met name om af te kunnen leiden of er (onder invloed van de inlaat van nitraat- en sulfaatrijk water vanuit de Helbeek) behalve een verdrogingsprobleem ook een eutrofiërings- en/of bufferingsprobleem is, is het raadzaam om ook hydrochemisch onderzoek uit te laten voeren en dit bij voorkeur te doen in combinatie met bodemchemisch onderzoek. In het kader van het hydrochemisch onderzoek dient voor het verkrijgen van een goed beeld

zowel het grond- als oppervlaktewater op diverse locaties te worden bemonsterd (inlaatwater Helbeek, water Geuldertplas, bronwater aan de voet van de stuwwal, grondwater in de peilbuizen, grondwater in de toplaag van de bodem ter plaatse van de grondwaterafhankelijke habitattypen, etc.).

Verder is het zinvol om (met behulp van een verbeterd model) modelberekeningen uit te laten voeren, omdat:

- Hiermee kan worden bepaald in welke mate door middel van het doorvoeren van een peilverhoging in de Mookerplas de stijghoogte in de zandondergrond van de Geuldert kan worden verhoogd en dus de wegzijging vanuit het lokale systeem van de Geuldert kan worden gereduceerd.
- Aan de hand van modelberekeningen kan worden bepaald wat het gezamenlijke effect van de drinkwaterwinningen (met een totale vergunde onttrekkingscapaciteit van 21 miljoen m³/jaar) op het projectgebied en de rest van het N2000-gebied is.
- Zo kan worden bepaald of en in welke mate de wegzijging in veel sterkere mate kan worden gereduceerd bij een combinatie van het doorvoeren van een peilverhoging in de Mookerplas en stopzetting van de winning Mookerheide.
- Zo kan ook een indruk worden verkregen van het effect van eventuele onttrekkingen vanuit kleine particuliere putten voor beregening van de aangrenzende tuinen op de stijghoogte in de zandondergrond van de Geuldert.
- Indien aan de hand van bijplaatsing van peilbuizen in de stuwwal het geohydrologisch functioneren van de stuwwal in voldoende mate inzichtelijk wordt gemaakt, dan kan (behalve door het uitvoeren van een stopproef) wellicht ook door het uitvoeren van modelberekeningen het effect van de (stopzetting van de) winning Mookerheide op de voeding van het bronsysteem van de Molenbeek worden afgeleid.



Literatuur

Arens, M., 2020. Watersysteembeschrijving omgeving stuwwal Nijmegen. Drinkwaterwinning Heumensoord. Arcadis.

Arens, M. en W. Klutman, 2021. Gevoeligheidsanalyse Heumensoord. Arcadis.

Bode, J., 2021. Analyse grondwatersysteem Kwelplas Geuldertlossing. Waterschap Limburg.

Cirkel, D.G., 2007. Pilot Study Pompstation Heumensoord, deel 1 Grondwatermodel. Kiwa.

Eichhorn, A.O., 2016. Vegetatiekartering Sint-Jansberg 2015. Eichhorn Ecologie.

Goch, 2019. Wasserverzorgingsconcept. Goch.

Keulen, S. & G. Majoor, 2019. De Nauwe korfslak en Zegge-korfslak in 2019 in vier Limburgse Natura 2000-gebieden. Mollusken Studiegroep Limburg (MSL) & Koninklijk Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, in opdracht van provincie Limburg.

Mierlo, J, 2018. Kwaliteitstoets 2012-2017 Sint Jansberg, Koningsven, Rivierduintjes en de Zevenbergen. Natuurmonumenten.

Pouwels P., 2009. Groesbeek Milieujournaal 137.

Provincie Gelderland, 2013. Waterwinningen Gelderland.

Provincie Limburg, 2017. Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatistische Aanpak Stikstof (PAS) Sint Jansberg (142).

Provincie Limburg, 2019. Hoofdrapport Natura2000-plan Sint Jansberg (142).

Roestel, van en Geertsema, 2011. Initiatiefplan Koningsven. Deelonderzoek hydrologie. Oranjewoud.

Roestel, van, Brandsma en Van der Meulen, 2017. Bepaling Intrekgebied Helkuil, St Jansberg, 2017. Anteagroep.

Stiboka, 1976. Toelichting bodemkaart blad 45 oost 's Hertogenbosch en 46 west en 46 oost Vierlingsbeek.

TNO-GDN, 2021. Stratigrafische Nomenclator van Nederland.

TNO-GDN, 2021. REGIS II, v2.2.

Witteveen & Bos, 2012. Gebiedsdossier winning Mookerheide. Provincie Limburg.

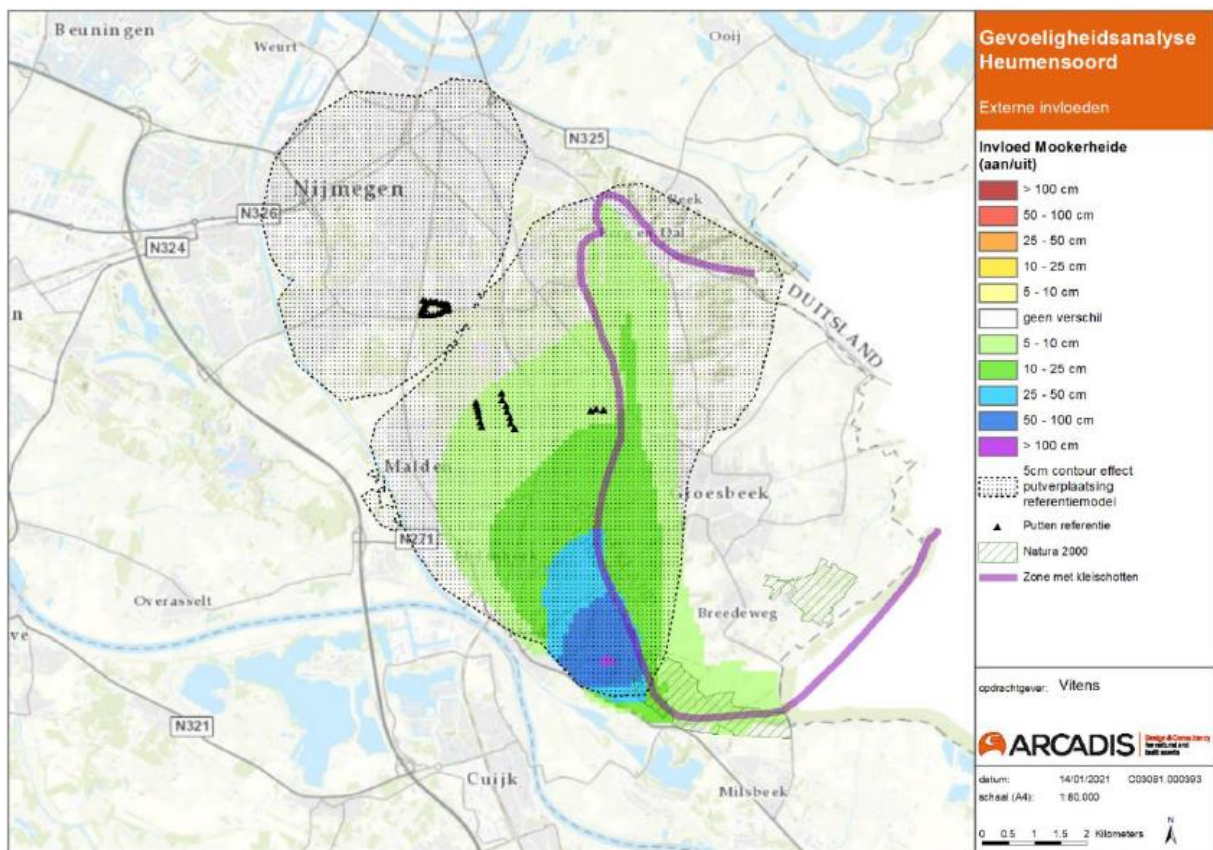
Zaadnoordijk, Borren en Mutsaers, 2017. Grondwaterstanden rond verlaagde Maasstanden aanvaring stuw Grave. TNO.

Bijlagen

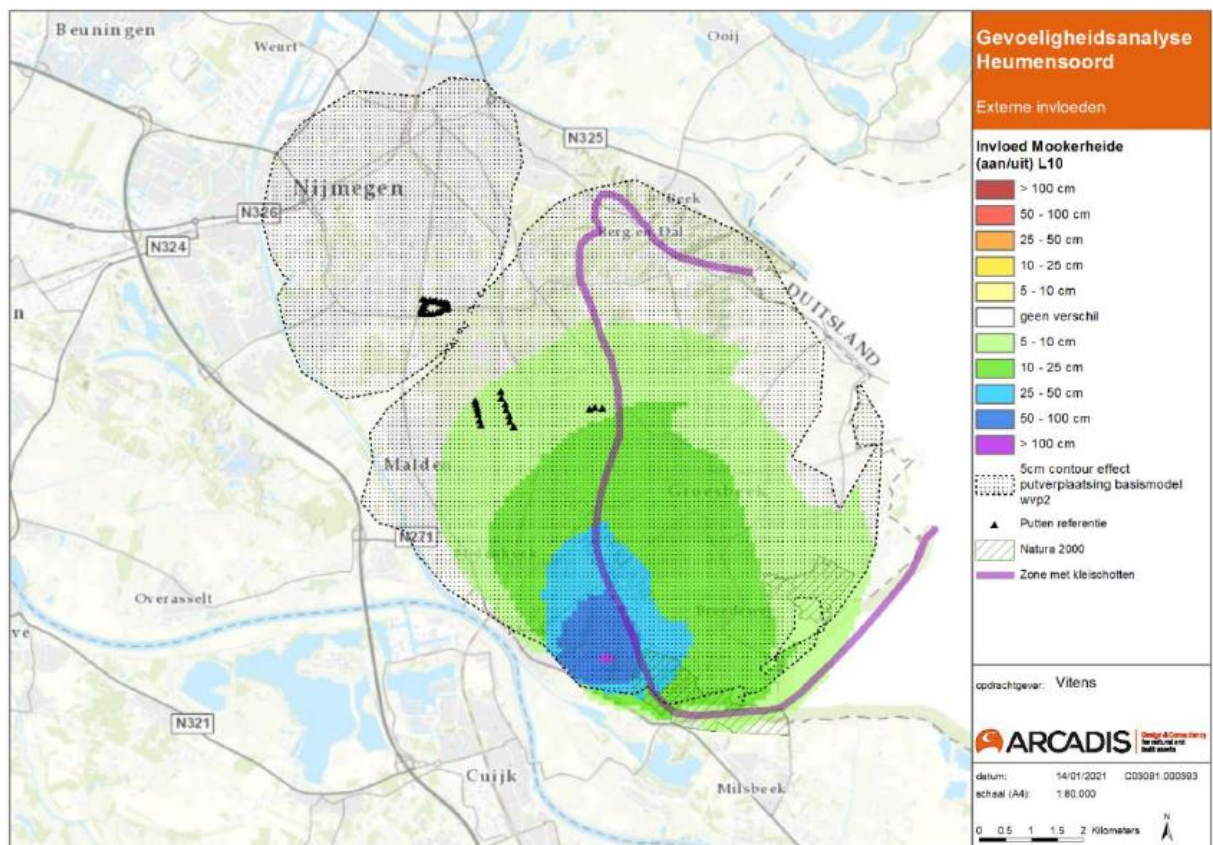
1. Berekende effecten van de drinkwaterwinningen Mookerheide, Heumensoord en de Duitse drinkwaterwinningen Scheidal en Kleve-Reichswald
2. Correcties meetreeksen peilbuizen en peilschalen
3. Grafieken (grond)waterstandsverloop
4. Resultaten tijdreeksmodellen m.b.v. Menyanthes

Bijlage 1

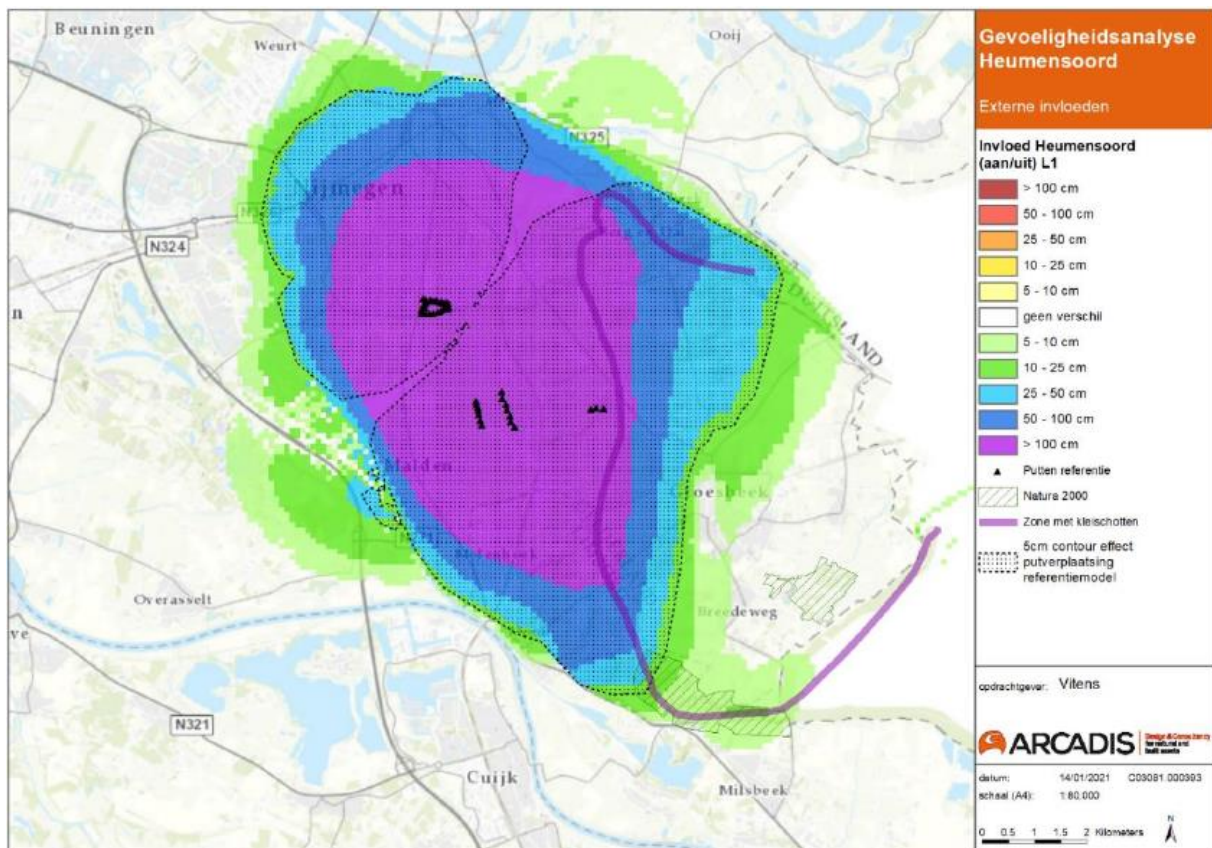
Berekende effecten van de drinkwaterwinningen Mookerheide, Heumensoord en de Duitse drinkwaterwinningen Scheidal en Kleve-Reichswald, (M. Bor, 2021, TAUW)



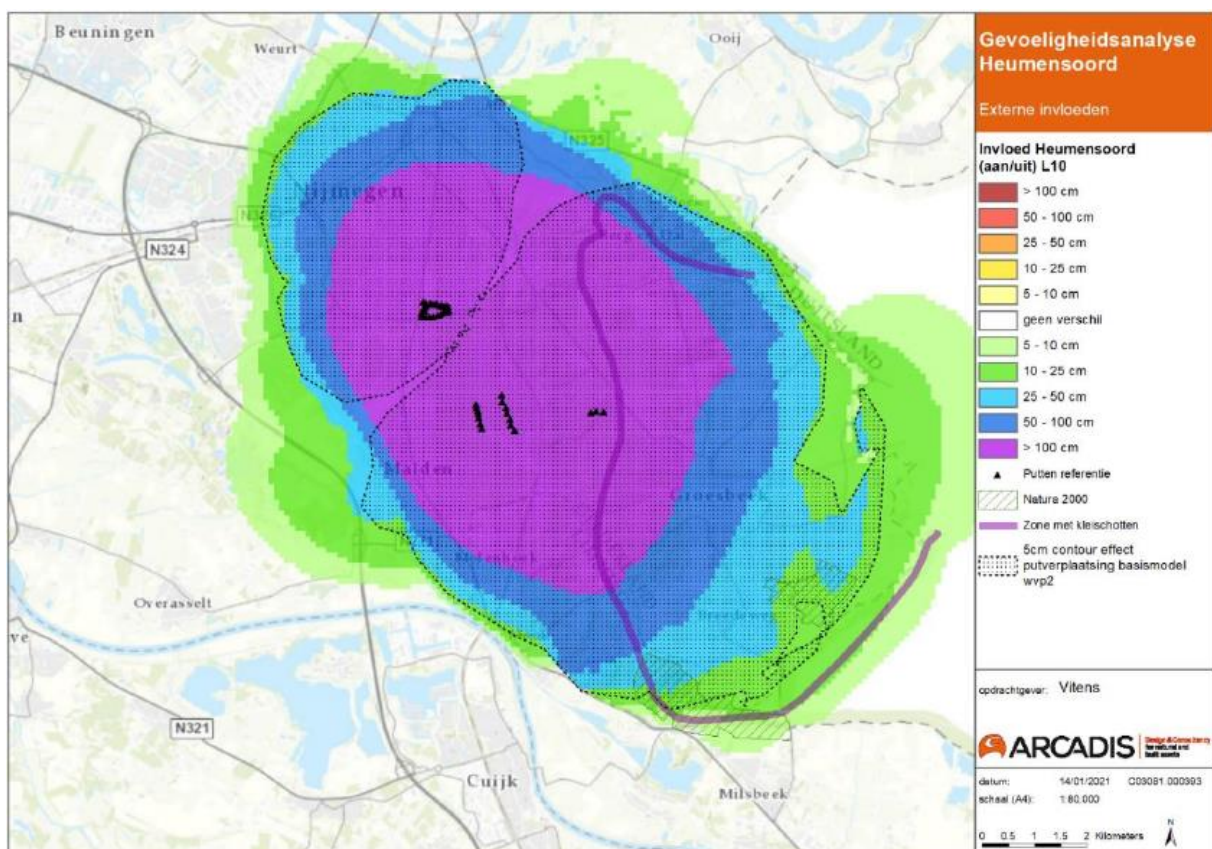
Verskil in freatische grondwaterstand (WVP1) tussen een situatie met en zonder Mookerheide



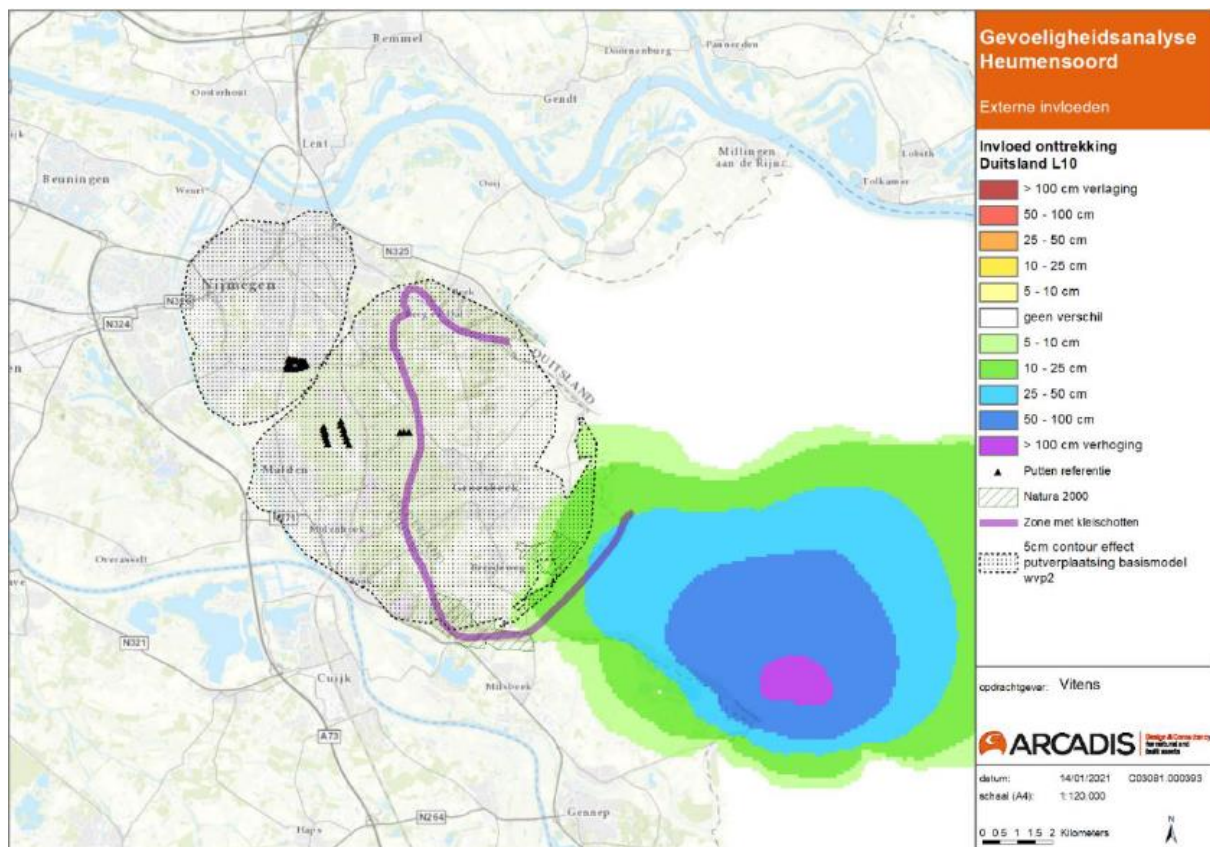
Verskil in stijghoogte onder stuwwal (WVP2) tussen een situatie met en zonder Mookerheide



Vershil in freatische grondwaterstand (WVP1) tussen een situatie met en zonder Heumensoord



Vershil in stijghoogte onder stuwwal (WVP2) tussen een situatie met en zonder Heumensoord



Vershil in stijghoogte onder stuwwal (WVP2) tussen een situatie met en zonder de winningen Reichswald en Scheidal

Bijlage 2 Correcties meetreeksen peilbuizen en peilschalen

B46B0069, filter 3

27 oktober 1995 waarde circa 2m te hoog – punt is verwijderd

B46B0538

Opnames van ondiepe en diepe filters verwisseld op 14 en 28 juli 1999. De waarden van filter 2 zijn 2 meter te hoog op: 14 sep 2012, 14 apr, 28 apr, 14 mei, 28 mei, 28 aug 2017 en 14 mei, 28 mei, 14 jun 2018

B46B0541

Opnames van ondiepe en diepe filters verwisseld tussen 14 apr en 28 dec 2018.

B46B1317

Rare waarden automatische opnemer tussen 8-17 feb 2020 – punten verwijderd

P46B0043

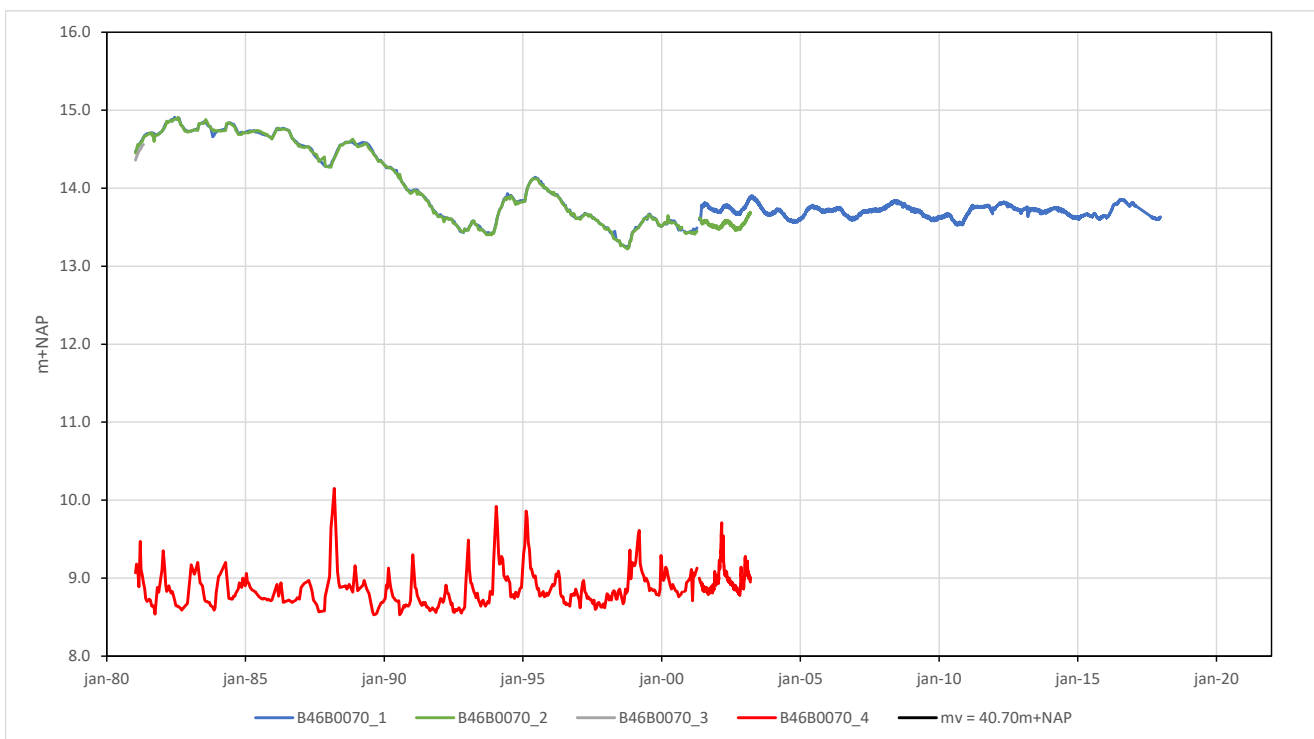
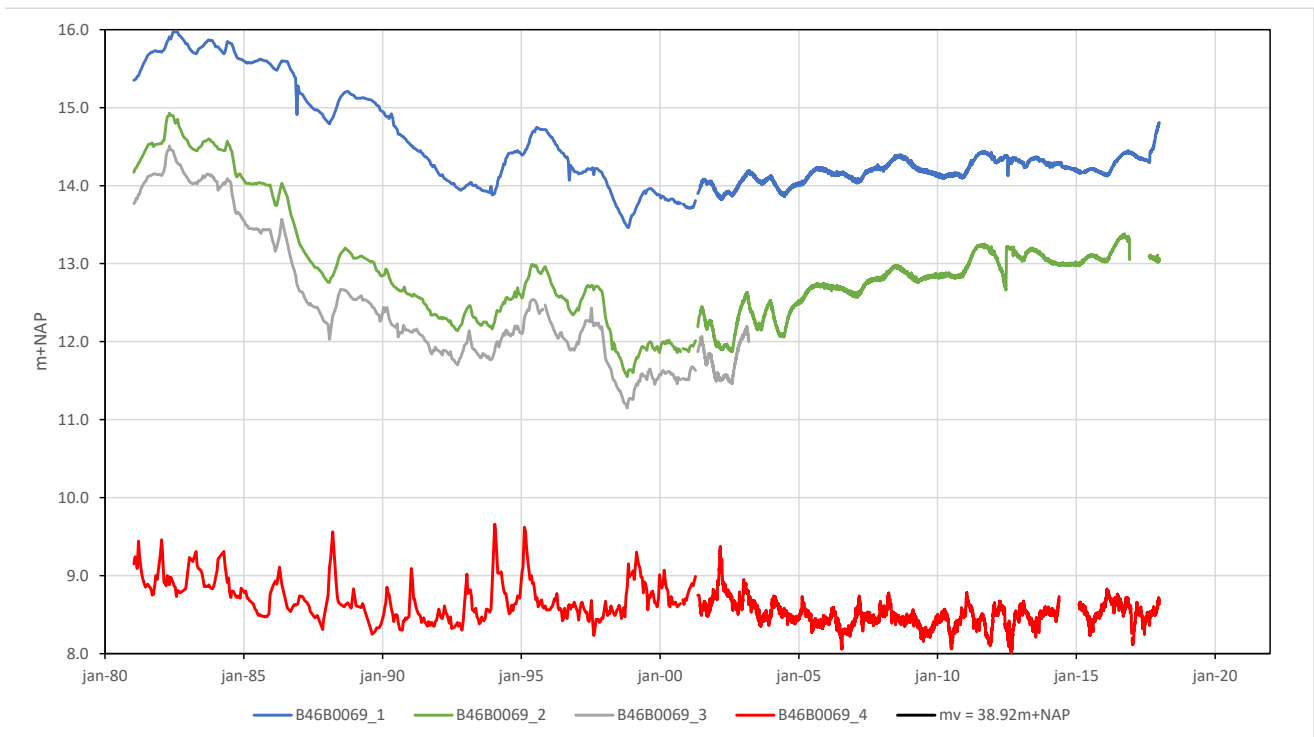
Lage uitschieters op 14 en 28 jan 2013 – punten verwijderd. Locatie in dino klopt niet. Moet zijn: $x = 192384$ $y = 416693$

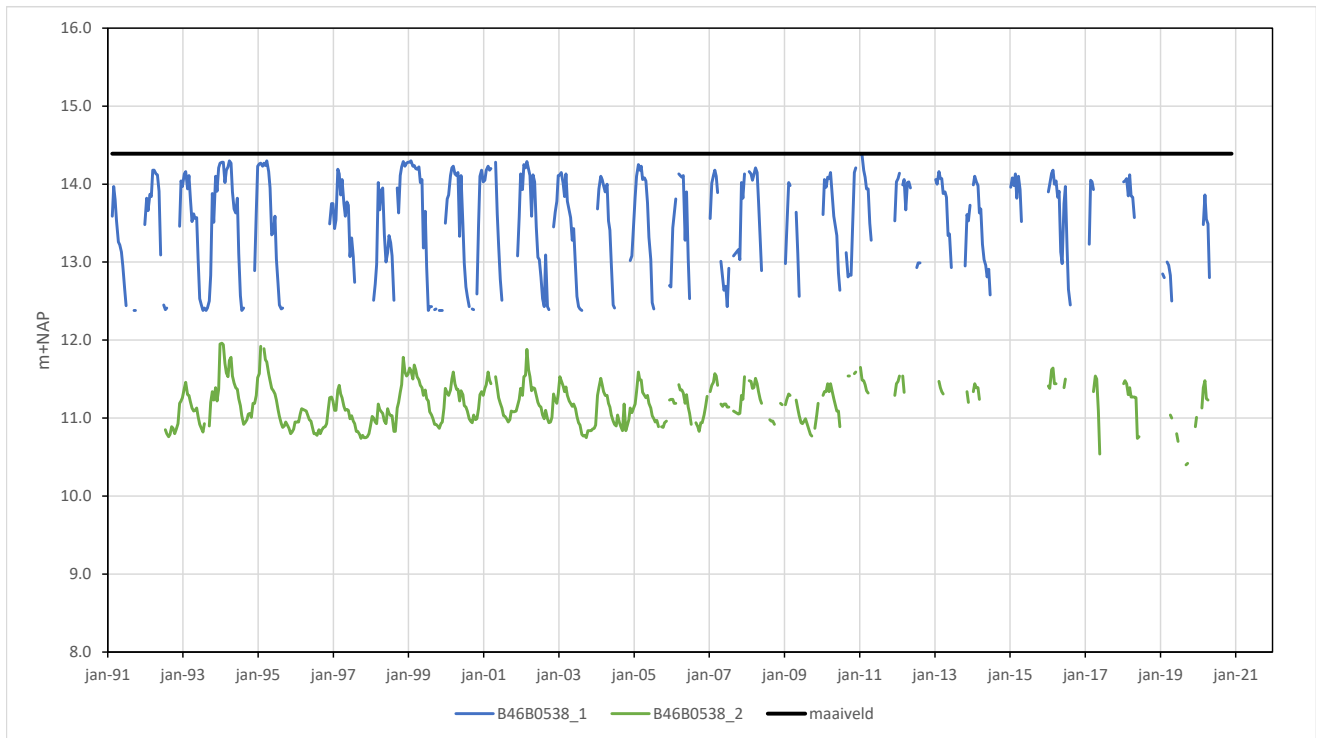
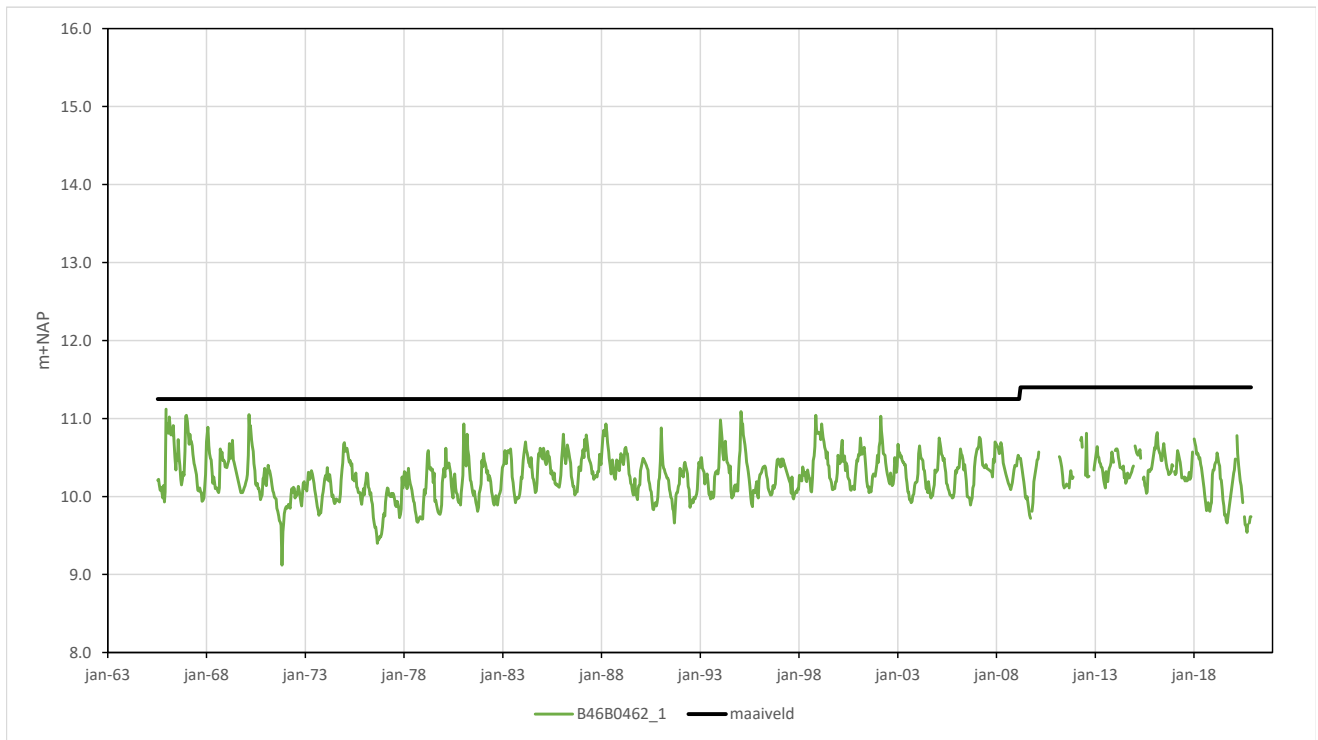
P46B0044

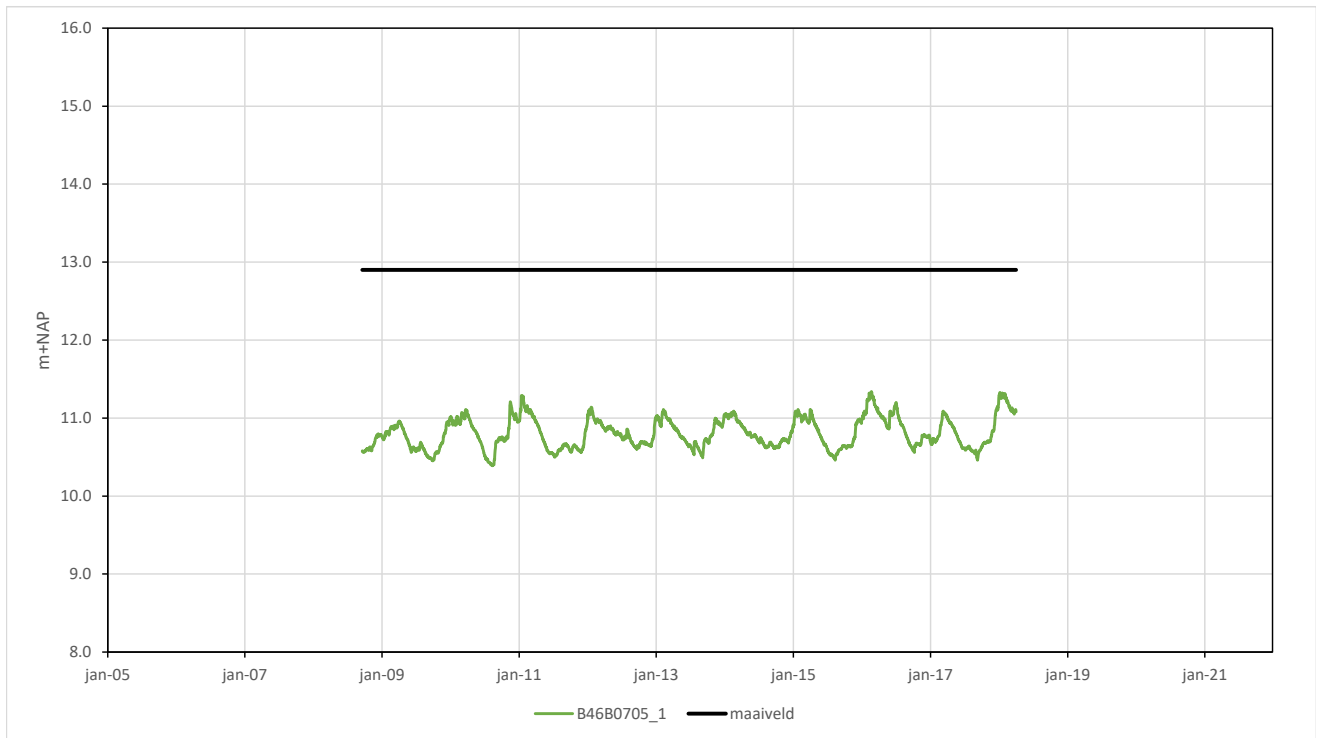
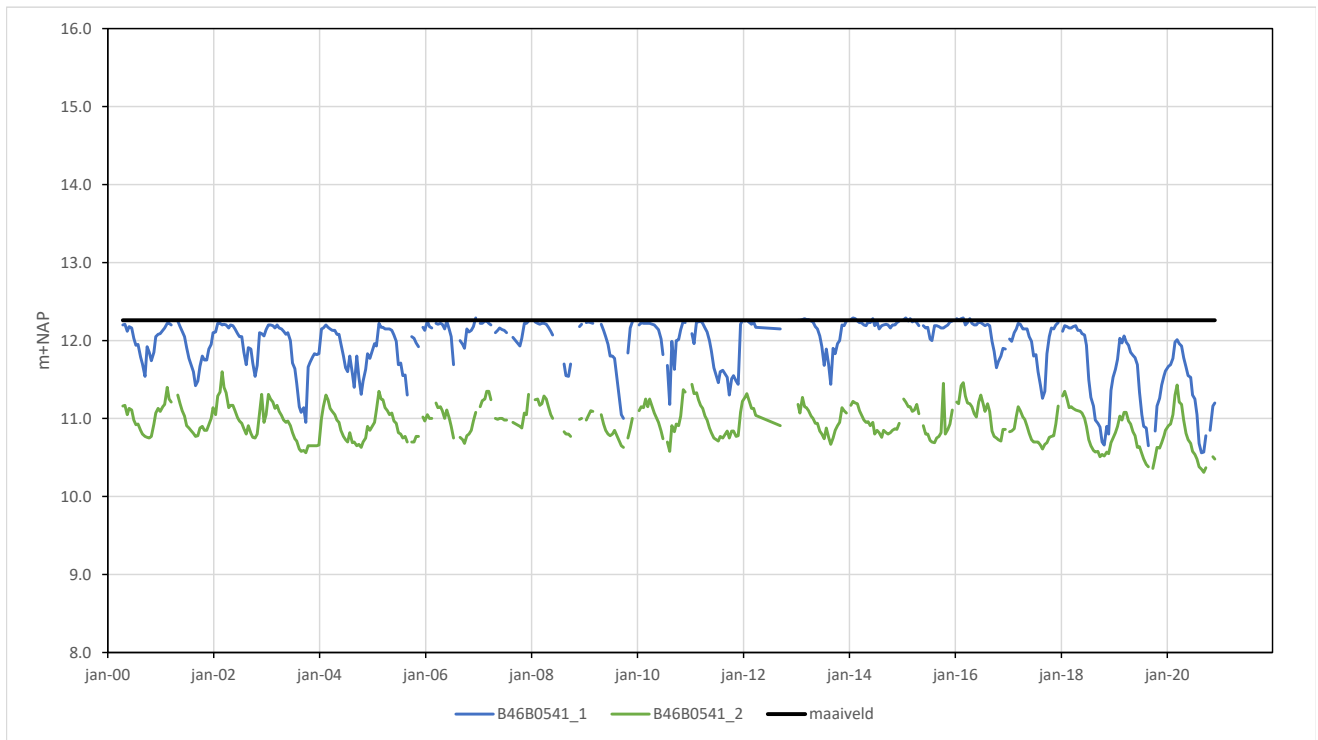
Lage uitschieters op 14, 28 jan en 14 feb 2013 en 13, 14, 28 jan en 14 feb 2017 – punten verwijderd. Locatie in dino klopt niet. Moet zijn: $x = 192404$ $y = 416683$

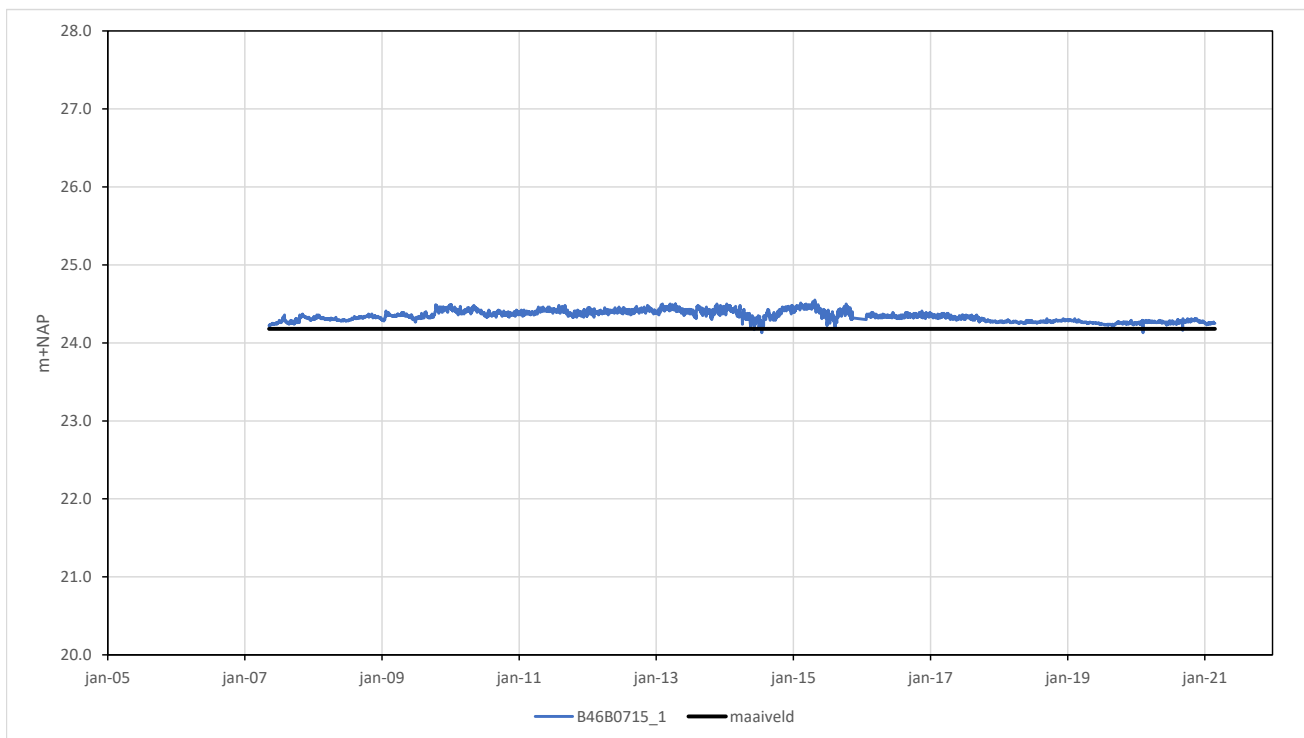
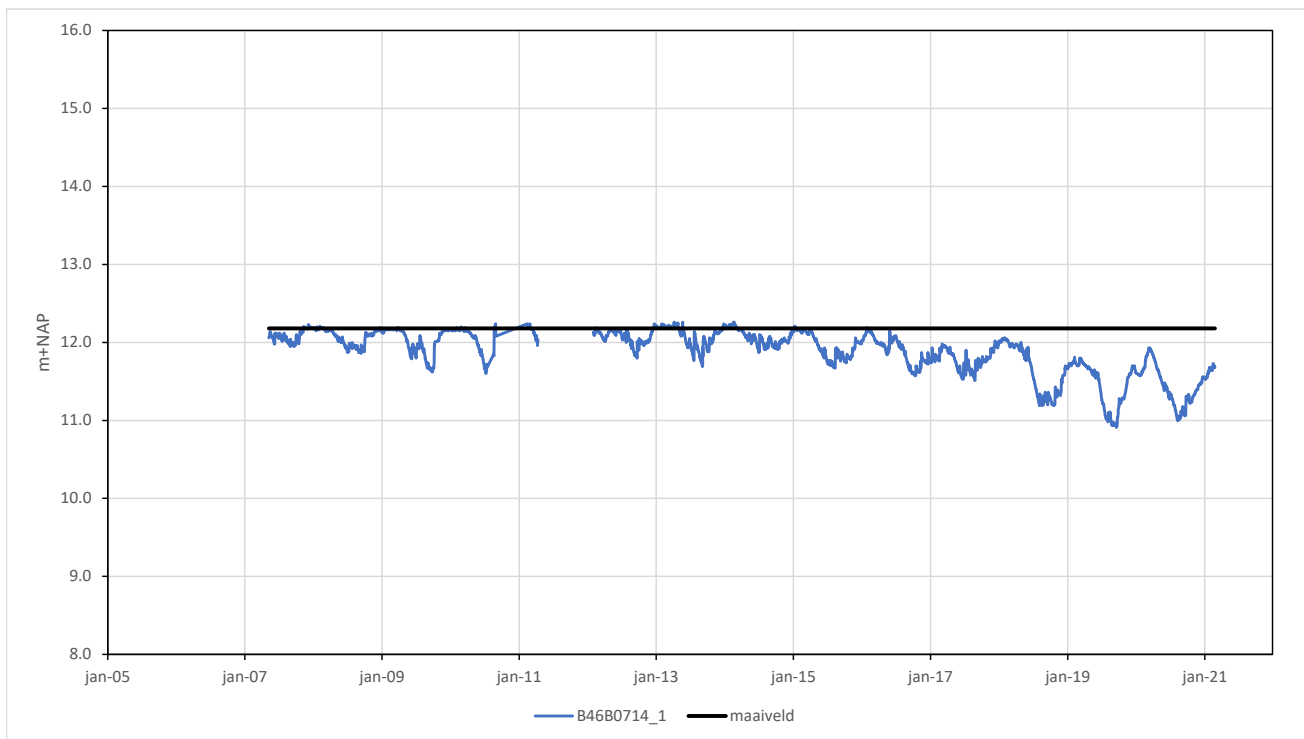
B46B0724 coördinaten kloppen niet in dino. Moet zijn: $x = 192420$, $y = 416754$

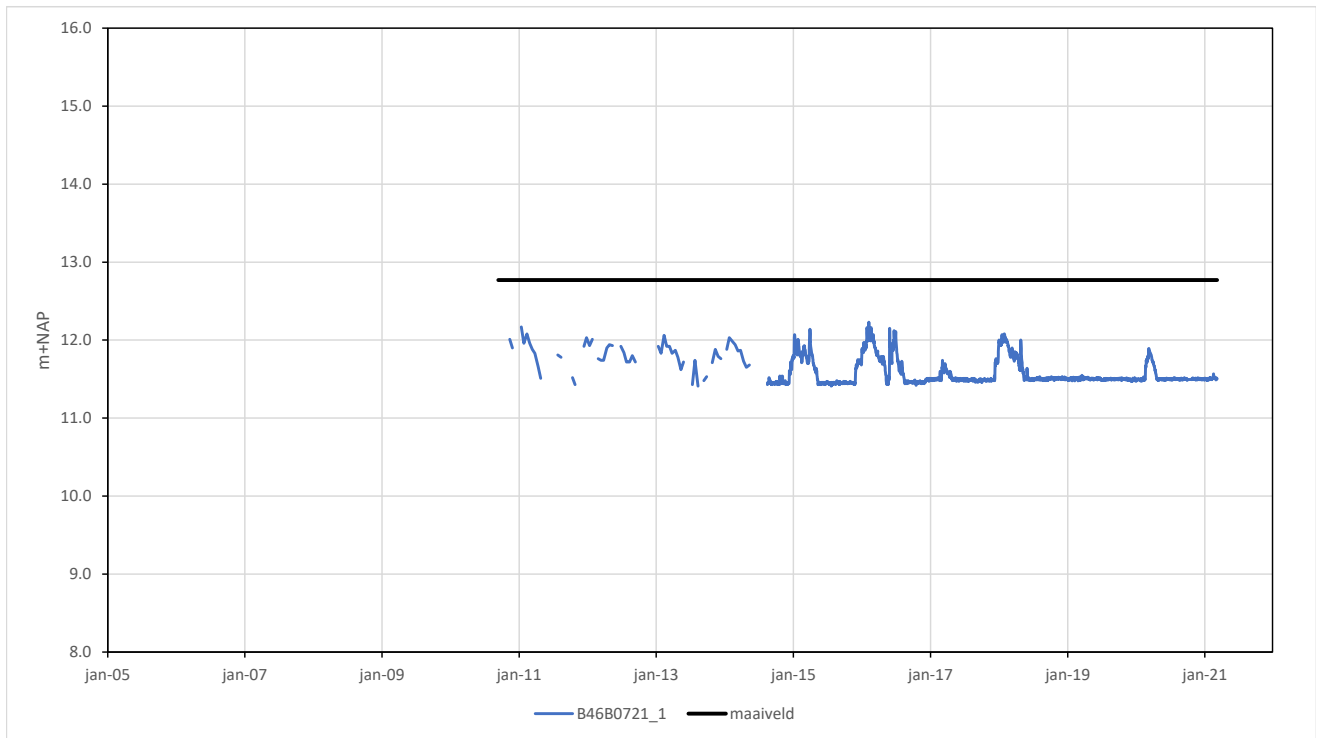
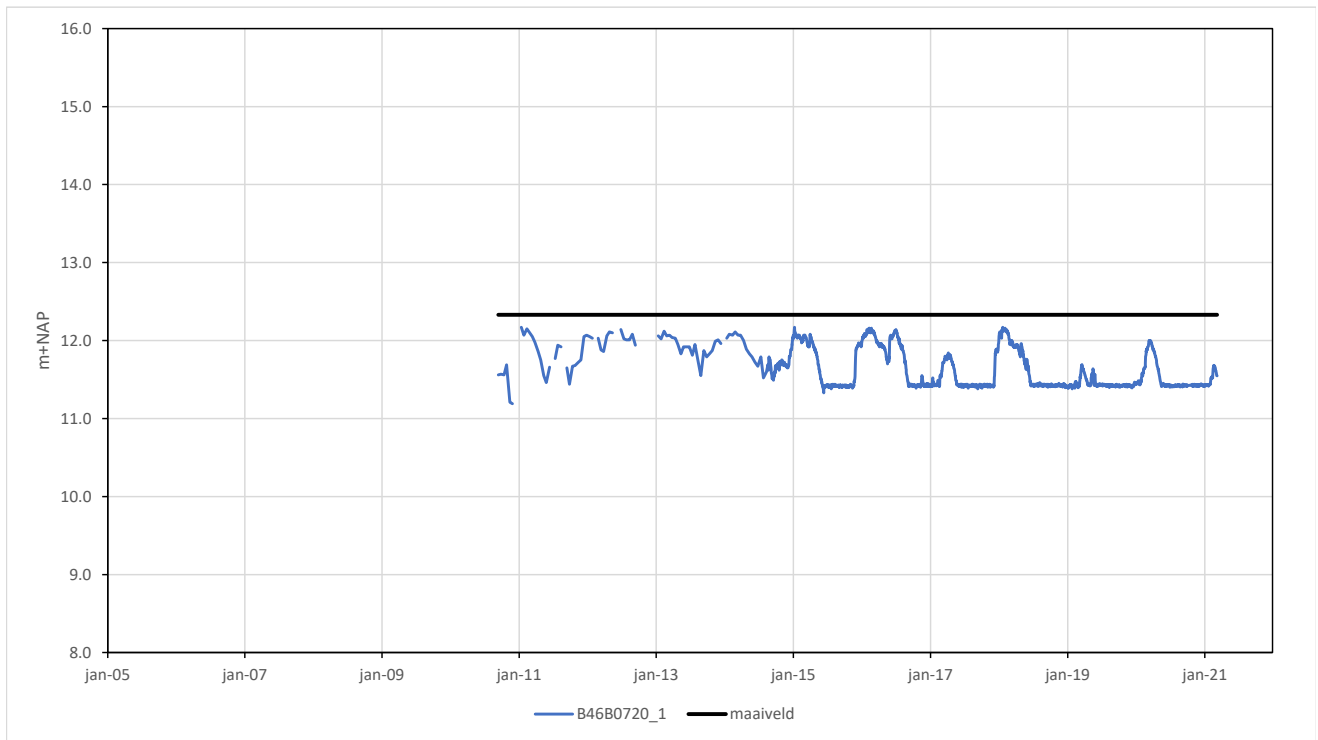
Bijlage 3 Grafieken (grond)waterstandsverloop

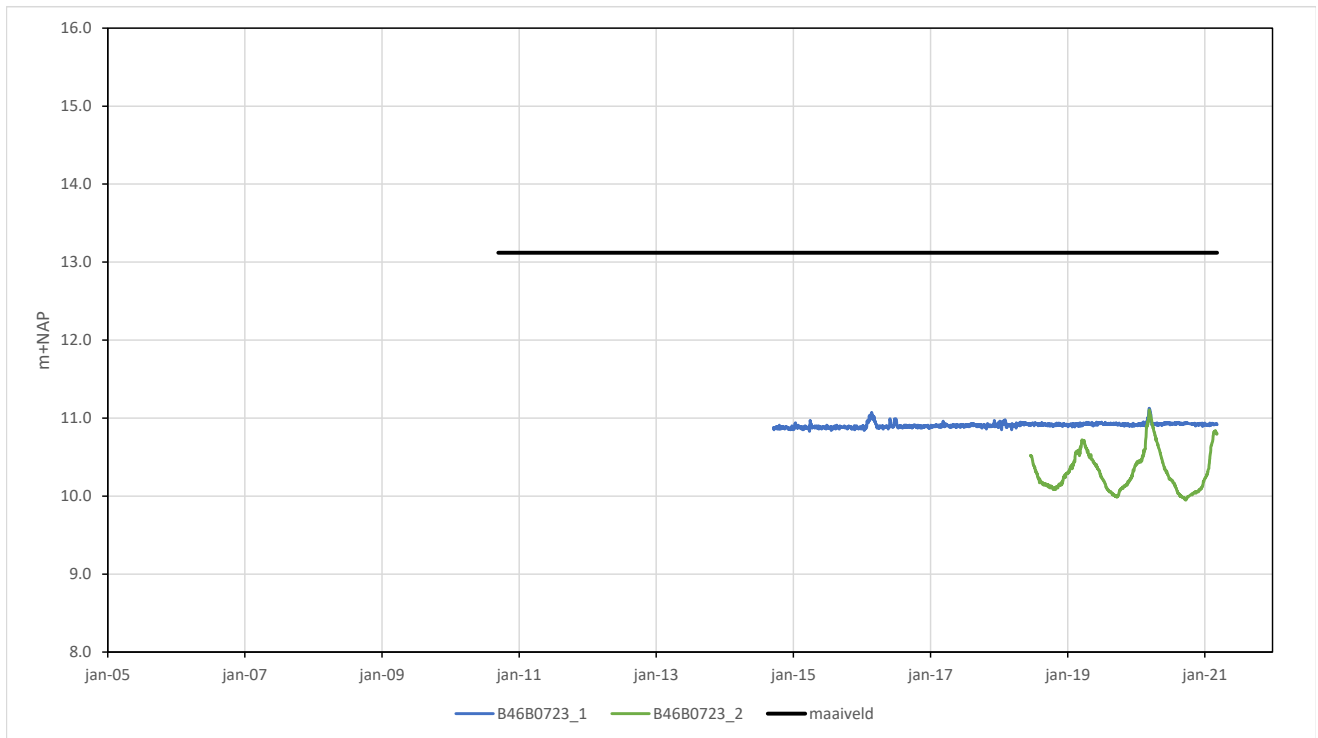
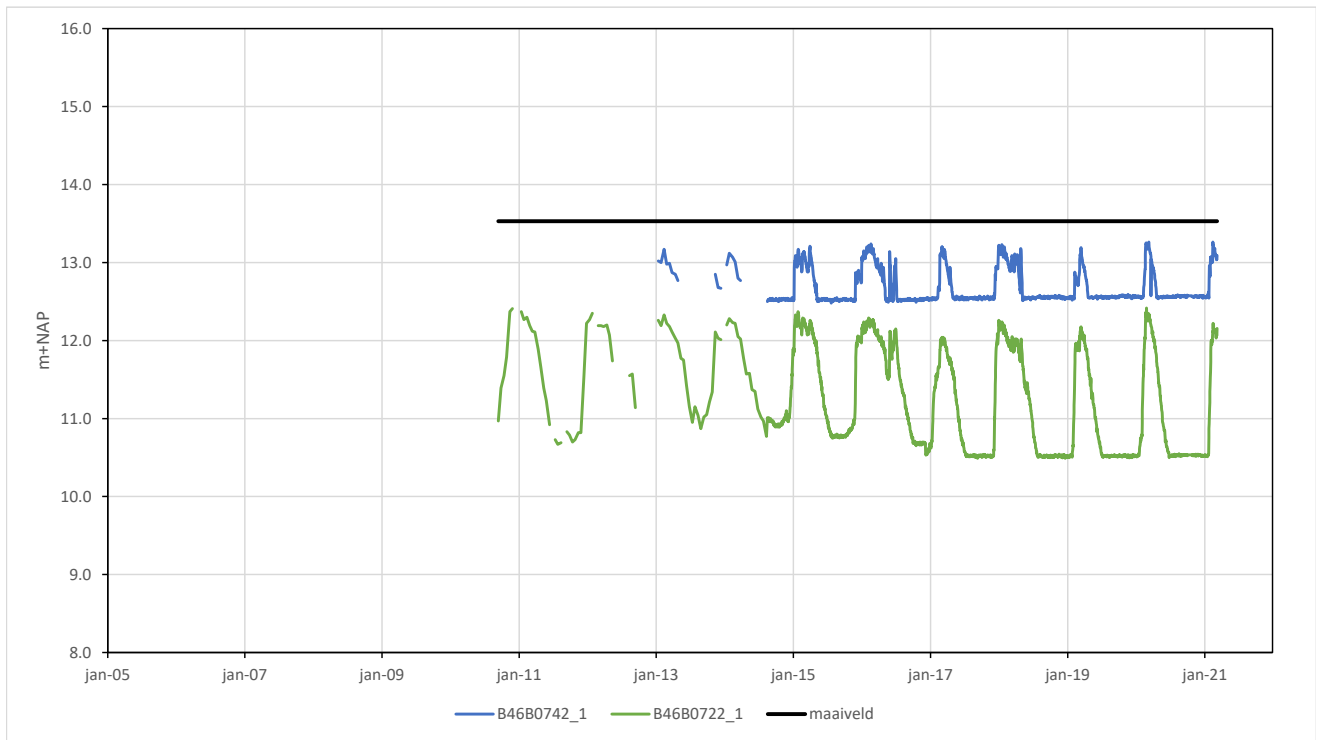


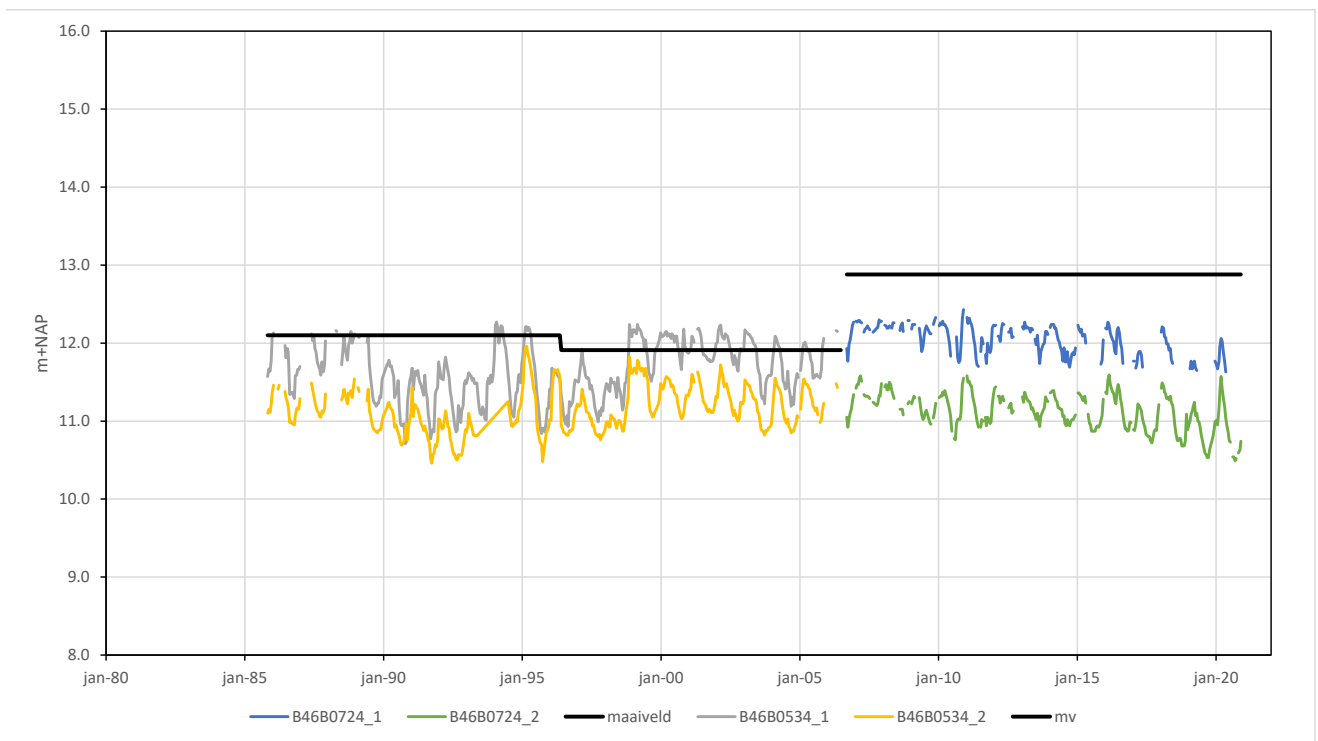
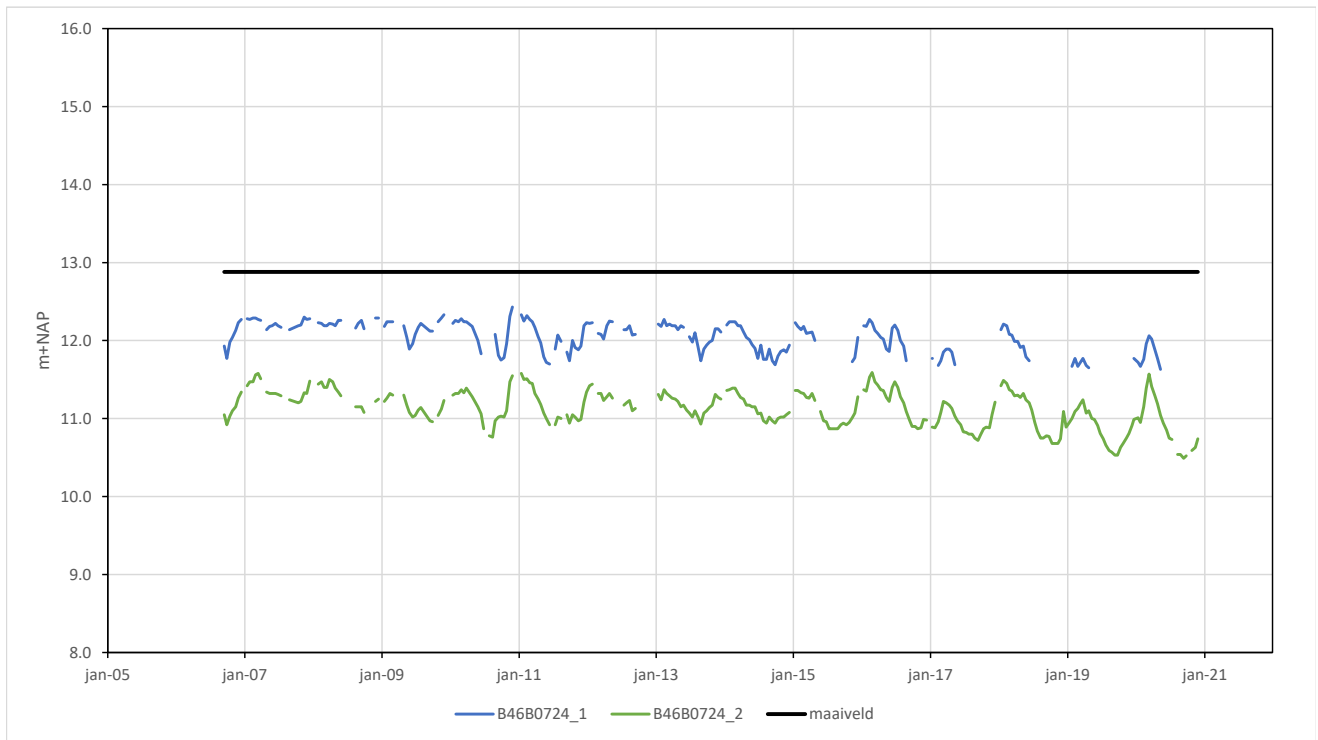


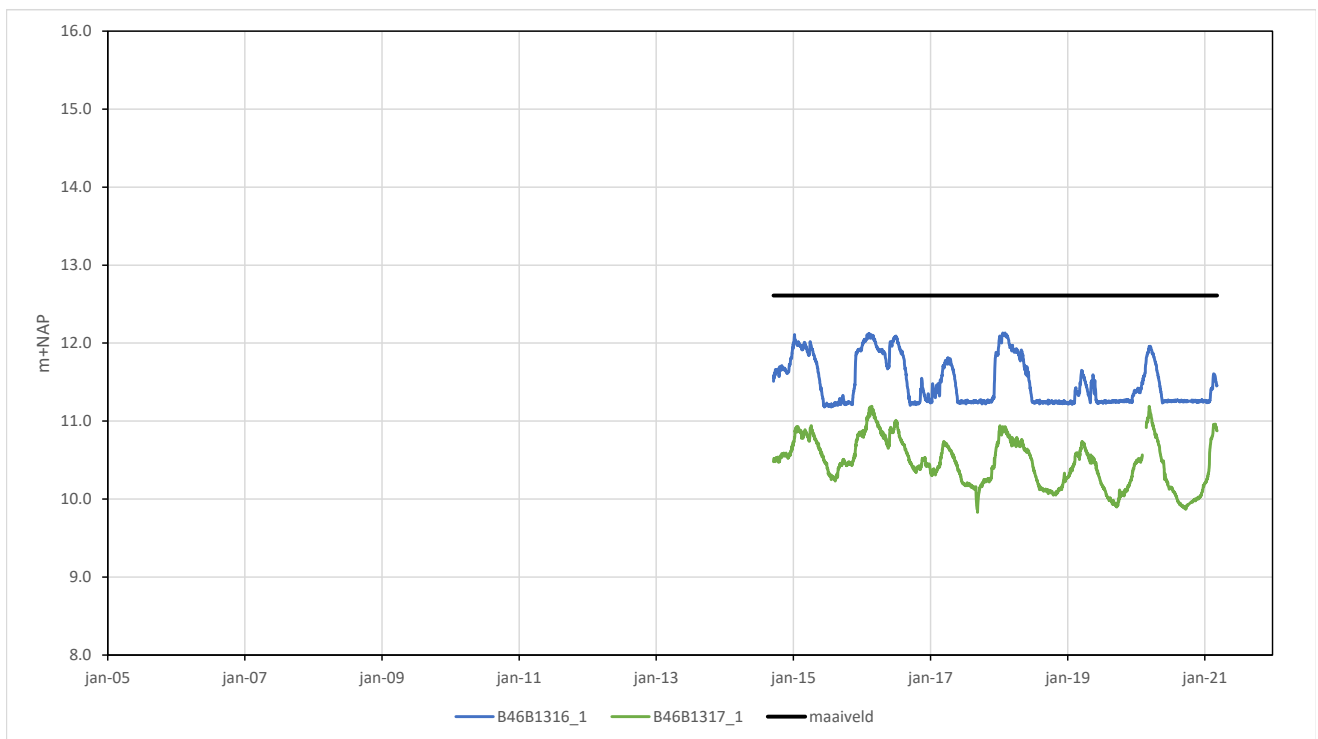
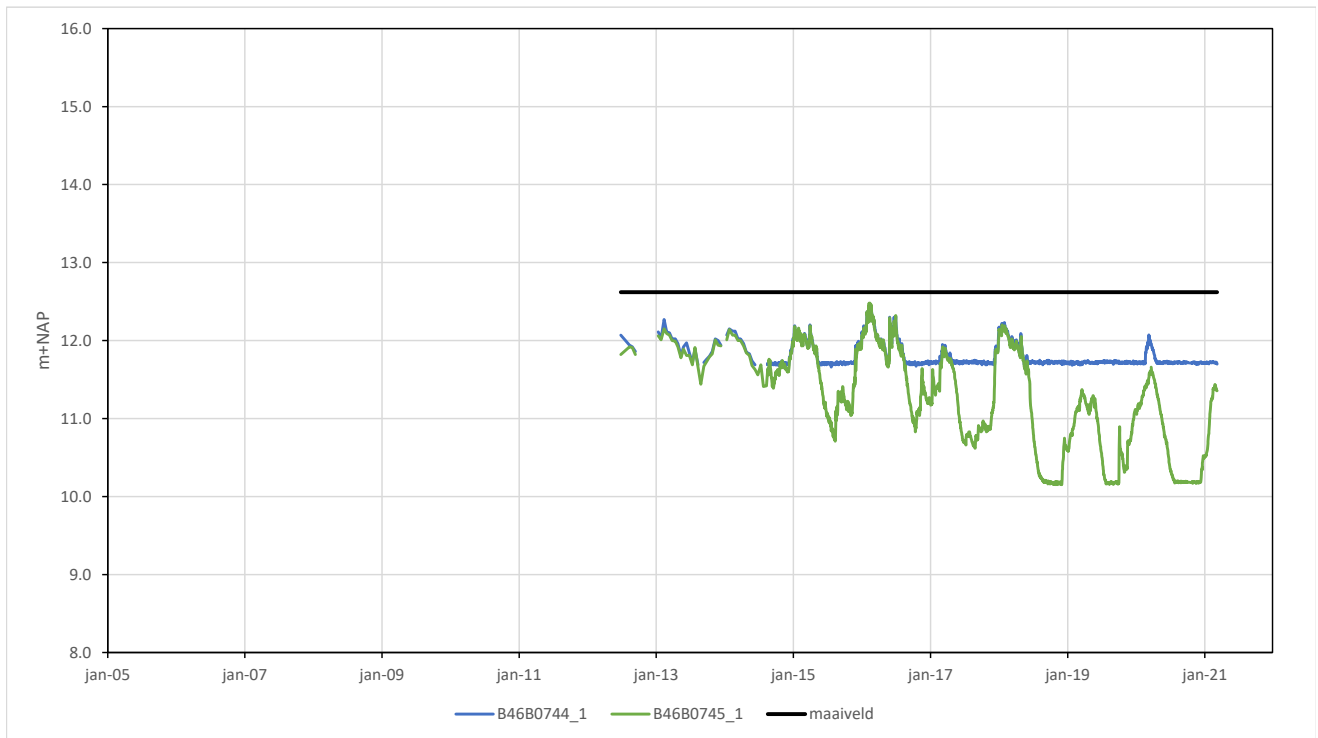


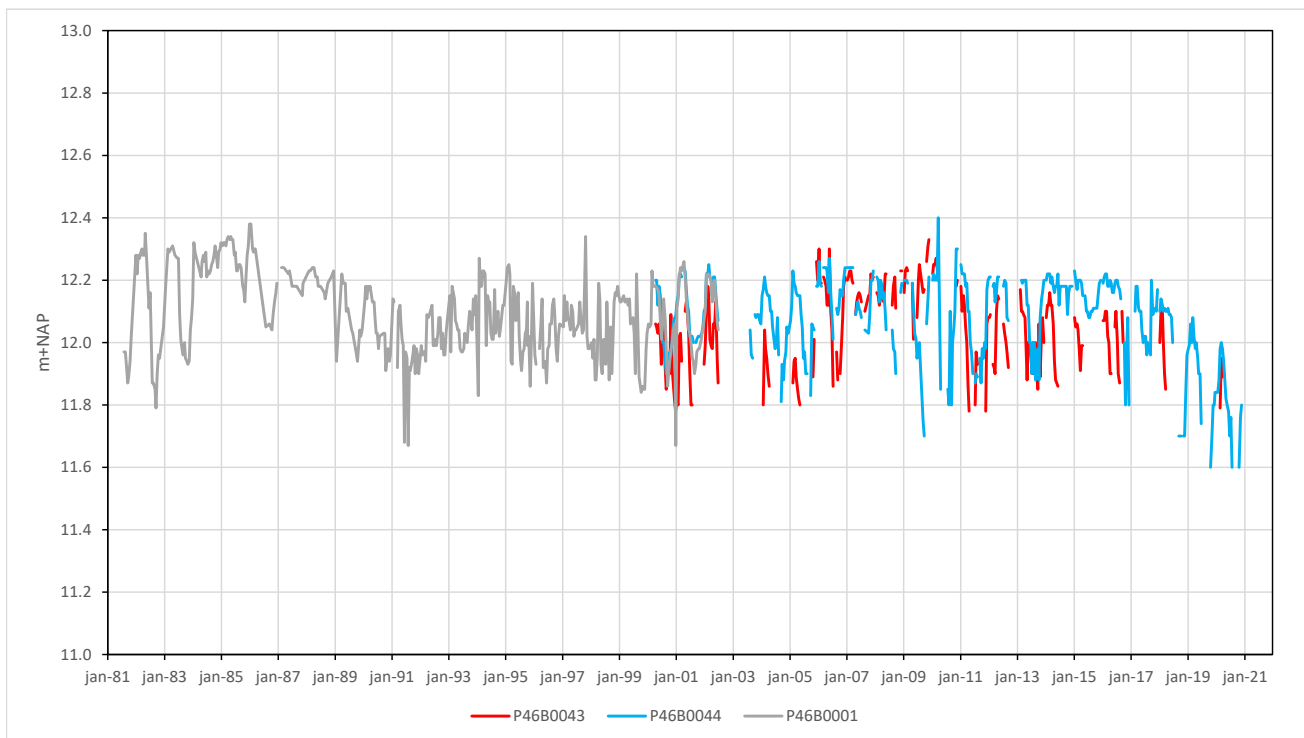












Bijlage 4 Resultaten tijdreeksanalyse - statistieken

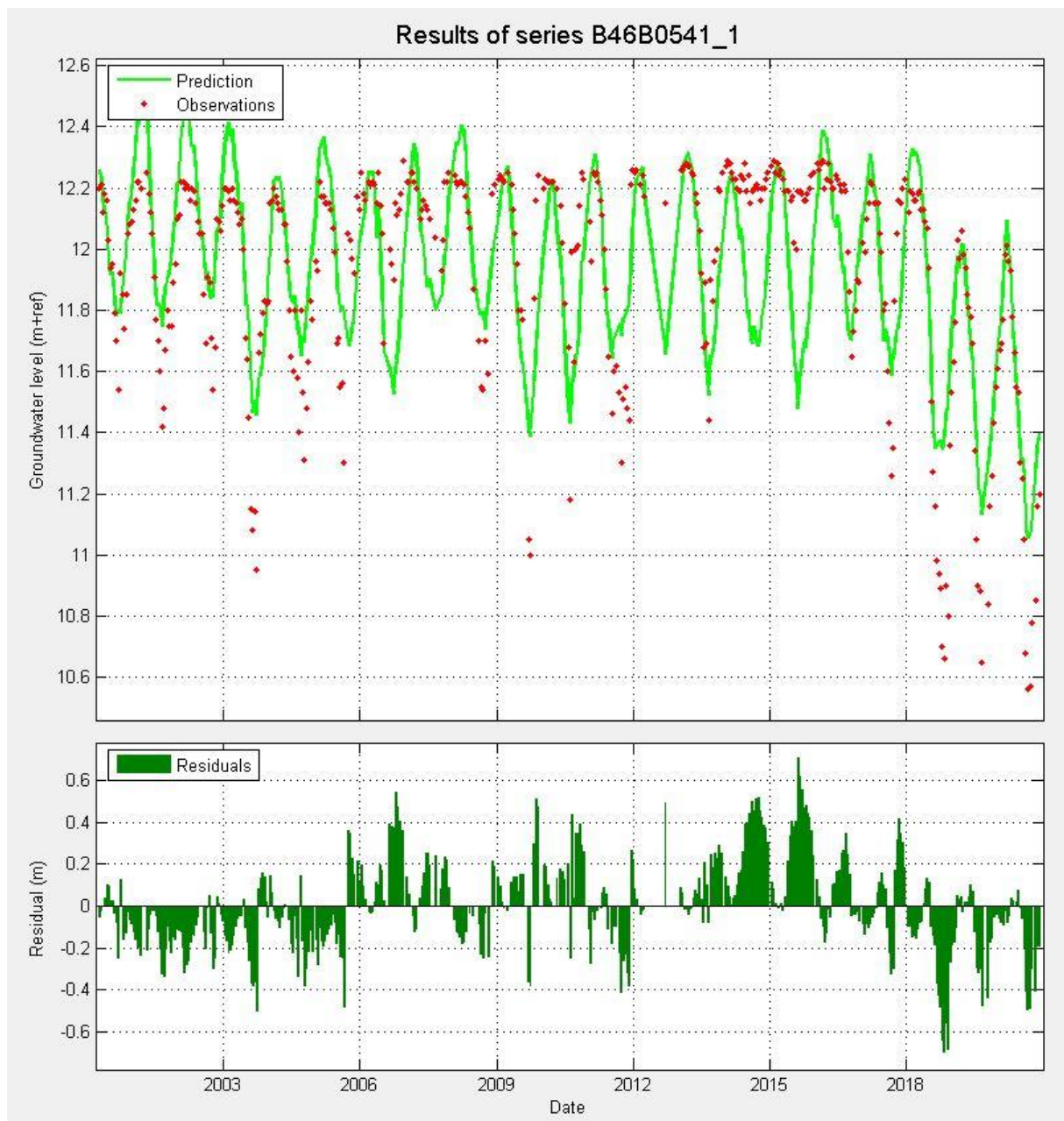
Lineair modellen met neerslag (Heuman) en verdamping (Deelen) als verklarende factoren

Peilbuis	EVP	MAE	RMSE	RMSI	DrainageBase	PrecM0	PrecM0Std	PrecMu	PrecMuStd	PrecM02	PrecM02Std	PrecMu2	PrecMu2Std	EvapFctr	EvapFctrStd	opmerking
	[%]	[m]	[m]	[m]	[m+ref]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]			
B46B0069_1	59	0.08	0.11	0.01	-97446.51	44048385	1699821432	8081580	243189640					0.00	0.07	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0069_2	84	0.11	0.14	0.01	-1.95	6690	332	4187	94					0.01	0.12	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0069_3	41	0.19	0.22	0.02	7060.48	7118350	113309353	197169	1759829					2.07	0.10	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0069_4	40	0.10	0.13	0.03	8.26	562	34	686	61					1.20	0.04	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0070_1	27	0.05	0.09	0.01	13.81	344	12	537	14					1.67	0.07	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0070_2	68	0.09	0.13	0.02	-6490.51	3888029	137485650	1064142	30204340					0.35	0.16	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0070_3	65	0.09	0.13	0.02	-7848.63	4785137	220987918	1374810	51496396					0.37	0.16	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0070_4	68	0.08	0.11	0.04	8.87	386	19	288	29					1.41	0.10	stuwwal - dikke onverzadigde zone
B46B0462_1	83	0.08	0.10	0.07	10.41	386	18	235	18					1.59	0.08	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0538_1	80	0.20	0.27	0.22	14.43	626	58	196	30					2.67	0.22	boven de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0538_2	82	0.08	0.11	0.08	11.25	423	25	251	26					1.59	0.09	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0541_1	63	0.17	0.23	0.12	13.06	703	111	535	115					2.48	0.39	boven de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0541_2	86	0.06	0.09	0.07	10.82	383	22	186	14					1.24	0.08	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0705_1	87	0.05	0.07	0.01	10.67	286	6	129	3					1.17	0.02	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0714_1	83	0.10	0.12	0.02	754.93	58112	776545	1017634	16157250					10.07	1.02	boven de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0715_1	25	0.05	0.06	0.02	327.35	225	28157	2228440	238528705					916.19	35969.48	stuwwal - Helkuilbron, ondiep
B46B0720_1	63	0.12	0.15	0.02	11.17	405	12	162	6					0.70	0.04	boven de leemlaag (Krefetenheye) valt vaak droog
B46B0721_1	47	0.10	0.12	0.03	11.39	207	10	164	12					0.81	0.06	boven de leemlaag (Krefetenheye) valt vaak droog
B46B0722_1	78	0.25	0.31	0.04	11.45	695	22	154	5					1.58	0.08	onder de leemlaag (Krefetenheye) valt vaak droog
B46B0723_1	28	0.01	0.03	0.01	-233.48	121732	3544733	768280	20241948					0.04	0.14	boven de leemlaag (Krefetenheye) continu droog
B46B0723_2	93	0.05	0.07	0.01	9.98	609	16	184	5					0.83	0.04	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0724_1	38	0.13	0.15	0.09	42.86	533	1620	10080	17303					38.90	128.69	boven de leemlaag (Krefetenheye) valt vaak droog
B46B0724_2	80	0.08	0.11	0.05	10.98	438	35	222	24					1.22	0.11	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0742_1	53	0.13	0.15	0.04	12.73	142	9	111	8					1.60	0.13	boven de leemlaag (Krefetenheye) valt vaak droog
B46B0744_1	49	0.09	0.11	0.02	11.51	230	10	174	11					0.62	0.04	boven de leemlaag (Krefetenheye) valt vaak droog
B46B0745_1	87	0.18	0.23	0.03	10.21	1388	23	235	6					0.93	0.03	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B1316_1	71	0.14	0.16	0.02	10.95	495	13	153	5					0.69	0.03	boven de leemlaag (Krefetenheye) valt vaak droog
B46B1317_1	90	0.08	0.10	0.02	9.96	524	7	146	2					0.77	0.02	onder de leemlaag (Krefetenheye)
B46B0534en0724_1	67	0.17	0.21	0.09	11.19	2115	177	1520	208					1.26	0.08	gecombineerde reeksen sluiten niet goed aan
B46B0534en0724_2	73	0.10	0.14	0.07	11.64	644	43	492	52					1.93	0.10	gecombineerde reeksen sluiten goed aan

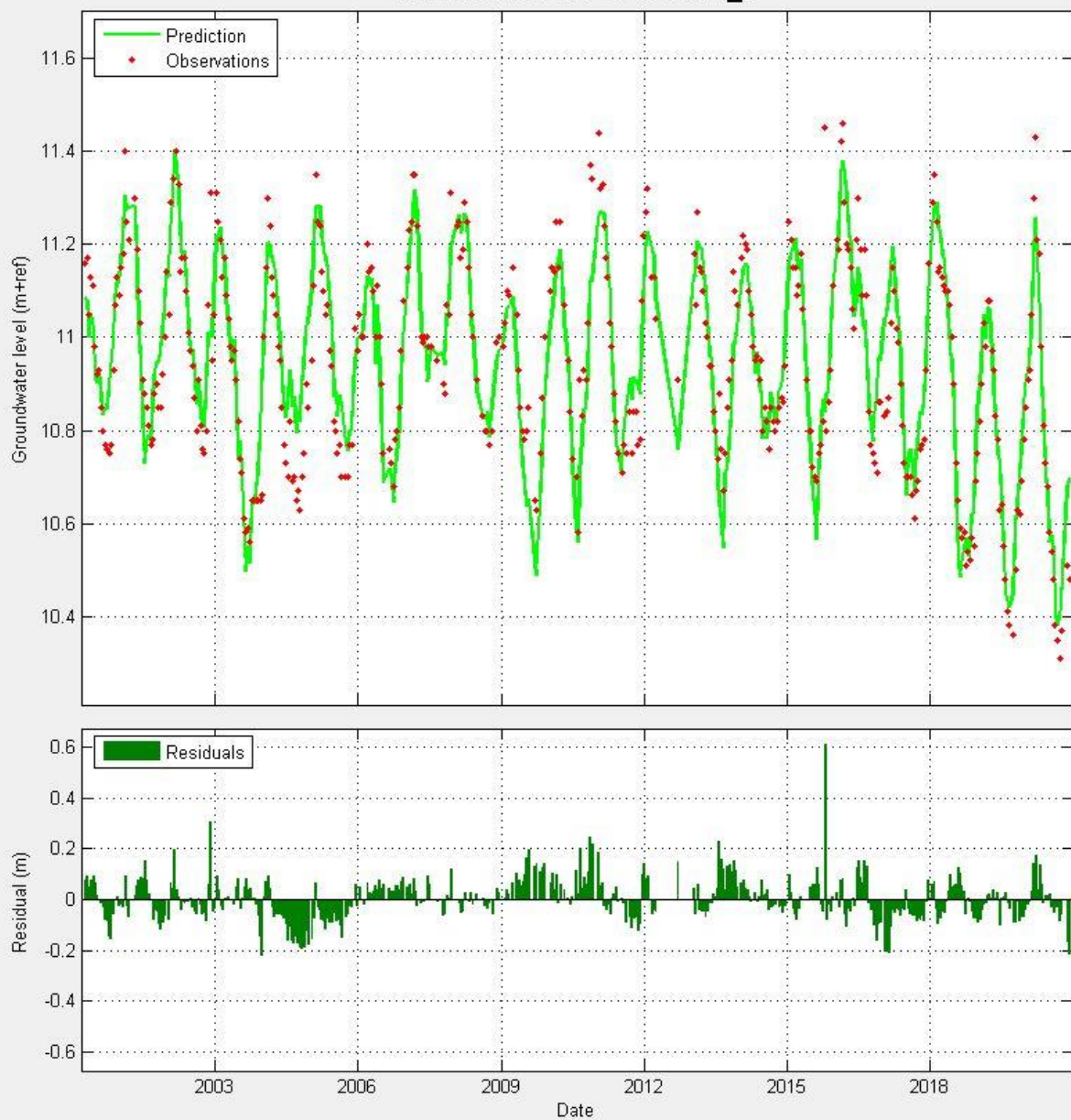
Niet-lineair modellen met neerslag (Heuman) en verdamping (Deelen) als verklarende factoren

Peilbuis	EVP	MAE	RMSE	RMSI	DrainageBase	PrecM0	PrecM0Std	PrecMu	PrecMuStd	PrecM02	PrecM02Std	PrecMu2	PrecMu2Std	EvapFctr	EvapFctrStd	opmerking
	[%]	[m]	[m]	[m]	[m+ref]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]	[days]			
B46B0462_1	83	0.08	0.10	0.07	10.34	333	65535	175		210	65535	85		1.50	65535.00	
B46B0538_1	81	0.20	0.27	0.22	13.88	932	153	164	16	109	83	29	14	1.82	0.11	betere fit dan met lineair model
B46B0538_2	81	0.08	0.12	0.08	11.11	368	30	171	10	2002	133828	4111	253279	1.37	0.08	
B46B0541_1	74	0.13	0.19	0.12	109.73	60130	650864	28431	311329	8	24	66	15	2.20	0.27	
B46B0541_2	86	0.06	0.08	0.07	10.85	383	35	195	11	600	945	91	137	1.29	0.07	geen significante verbetering tov lineair model
B46B0724_2	82	0.08	0.10	0.05	11.03	495	66	278	25	140	185	49	84	1.31	0.10	geen significante verbetering tov lineair model
B46B0745_1	89	0.17	0.21	0.03	10.35	2300	94	482	21	155	24	19	4	1.10	0.03	geen significante verbetering tov lineair model
B46B1317_1	85	0.09	0.12	0.02	10.28	550	24	237	6	700	360	143	79	1.16	0.03	geen significante verbetering tov lineair model
B46B0534en0724_1	63	0.26	0.31	0.11	11.32	2365	194	1198	151	59	117	33	32	1.36	0.10	

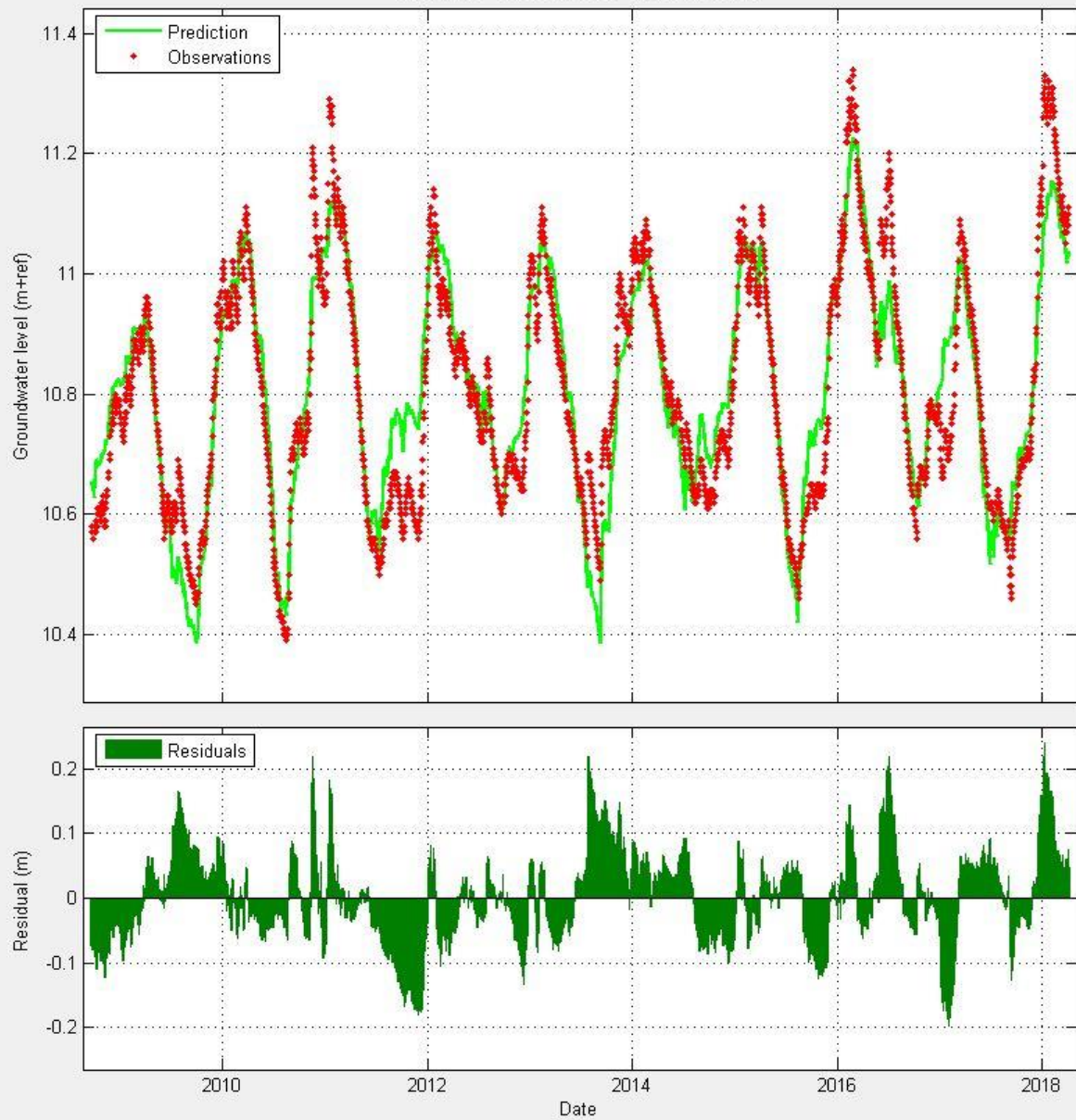
Bijlage 4 Resultaten tijdreeksanalyse Geuldert - selectie grafieken



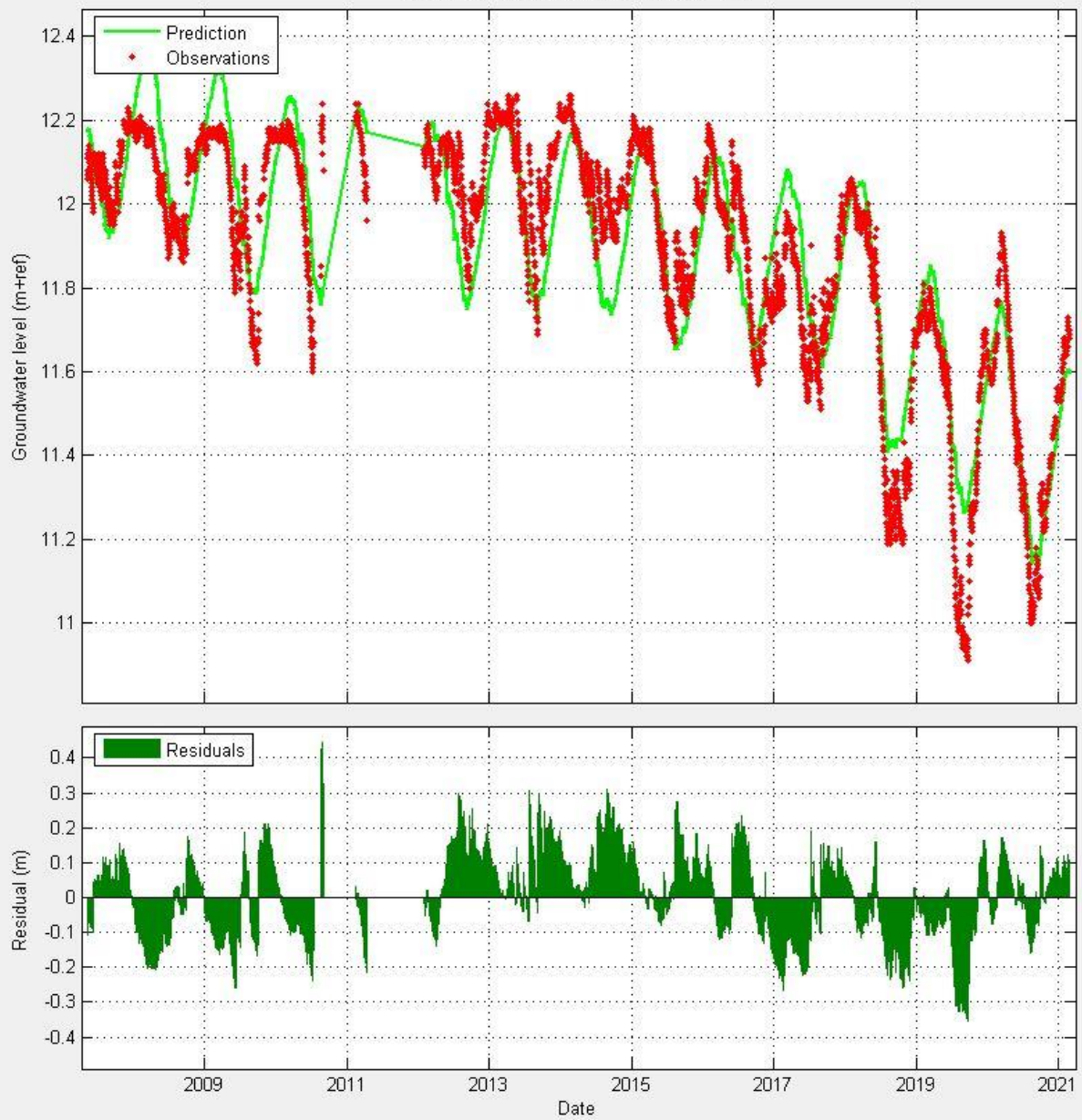
Results of series B46B0541_2



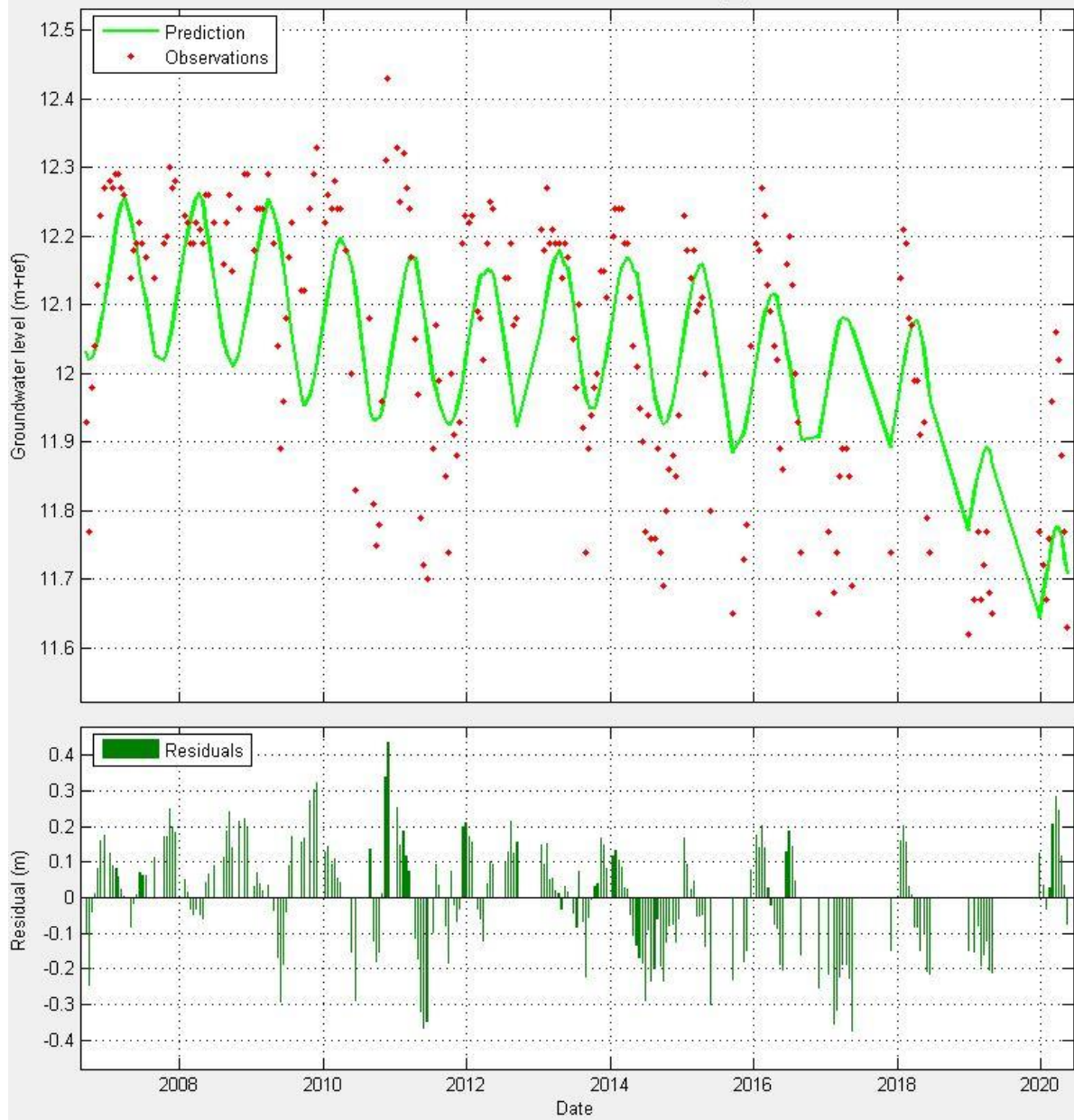
Results of series B46B0705_1



Results of series B46B0714_1



Results of series B46B0724_1



Results of series B46B0724_2

