



Monitoring reductie Manderveen

Monitoring reductie Manderveen

T.J. de Meij

Provincie Overijssel, Zwolle, 2020

REFERAAT

Meij, T.J. de (2020). Monitoring reductie Manderveen. Zwolle, Provincie Overijssel.

Om meer inzicht te krijgen in de invloed van de drinkwaterwinning Mander op grondwaterstanden en afvoeren van beken is afgesproken dat de onttrokken hoeveelheid grondwater zal worden teruggebracht van 3 naar 2 miljoen m³/jaar en dat de effecten worden gemonitord. Dit rapport geeft een overzicht van te verwachten effecten van de reductie van de winning op het grondwatersysteem. Op basis daarvan wordt aangegeven hoe effecten kunnen worden gemeten en of daarvoor aanvullende monitoring nodig is naast de bestaande meetnetten.

Trefwoorden: Manderveen, grondwateronttrekking, monitoring, grondwaterstanden, beekafvoer, slenk van Reutum.

COLOFON

Dit rapport is een uitwerking van verschillende notities die zijn opgesteld in de periode 2015 – 2020. De volgende personen hebben inhoudelijk bijgedragen aan de gedachtevorming en het verzamelen van informatie: Paul Baggelaar (ICASTAT), Eit van der Meulen (AMO), Ron Stroet (RHDHV), André Blonk (Tauf), Jan Willem van 't Hullenaar (BellHullenaar), Ronald Harting (TNO), Marcel Bakker (TNO), Jan Hoogendoorn (Vitens), Linda van der Toorn (waterschap Vechtstromen), Gerben Willems (waterschap Vechtstromen), Rob van Dongen (Vechtstromen, later Staatbosbeheer), Joost Gooijer (provincie Overijssel) en Mark van Veen (provincie Overijssel).

Foto omslag: Mosbeek bovenstrooms van het gebied Mandermaten in december 2017. In dit traject draineert de beek het grondwater en zal de watervoerendheid van de beek naar verwachting toenemen door reductie van de winning Manderveen.

Inhoud

Inleiding	7
Hoofdstuk 1. Geologie van het gebied	9
Hoofdstuk 2. Verandering van de grondwaterstand	11
2.1 Nauwkeurigheid van het grondwatermodel	11
2.2 Berekende verandering grondwaterstand	14
2.3 Monitoring grondwater	15
Hoofdstuk 3. Grondwaterafhankelijke natuur	18
Hoofdstuk 4. Watervoerendheid van beken	21
4.1 Monitoring watervoerendheid	21
4.2 Interactie tussen grondwater en beken	21
4.2 Drainerende en infiltrerende beektrajecten	24
Hoofdstuk 5. Uitwerking monitoring Mosbeek	27
5.1 Dwarsraaien peilbuizen	27
4.2 Locatiekeuze meetpunten	29
4.3 Invloedsafstand van de beek	33
Conclusies en aanbevelingen	36
Referenties	38
Bijlage 1. Bodemopbouw meetlocaties langs de Mosbeek	39
Bijlage 2. Hydrologische schematisatie van de meetlocaties	40

Inleiding

Bestuurlijk is afgesproken om de grondwateronttrekking Manderveen terug te brengen van de 3 miljoen m³/jaar naar 2 miljoen m³/jaar en de effecten van deze ingreep te monitoren. Hiervoor wordt een monitoringsplan opgesteld, vergelijkbaar met eerdere monitoring (Meijer, 2008). Dit rapport geeft een beknopte samenvatting van de opbouw van het watersysteem, de berekende effecten van reductie van de winning en de bestaande meetnetten. Dit is de basis voor het opstellen van een monitoringsplan.

Primaire en afgeleide effecten

Bij monitoren maken we onderscheid in primaire effecten, zoals een verandering van de grondwaterstand en de afvoer van beken, en afgeleide effecten op ruimtelijke functies, zoals droogteschade voor de landbouw, ecologische kwaliteit van beken en standplaatscondities van grondwaterafhankelijke natuur. Met monitoring zijn primaire effecten vaak nog wel aan te tonen met kwalitatief goede, langjarige metingen. Bij secundaire effecten spelen zoveel verschillende invloeden een rol dat het moeilijk is om de invloed van een onttrekking te onderscheiden van andere invloeden. Het is wel mogelijk om veranderingen in de toestand te volgen en aan te geven of er in de monitoringsperiode sprake is van een verbetering of een verslechtering voor de gebruiksfunctie.

Bij de monitoring van de reductie van de winning Manderveen wordt gekeken naar drie typen afgeleide effecten: droogteschade voor de landbouw, watervoerendheid van beken en de ecologische kwaliteit van grondwaterhankelijke natuur.

DROOGTESCHADE VOOR DE LANDBOUW

Afname van droogteschade voor de landbouw is te verwachten in de slenk van Reutum, met name aan de westkant van de slenk rondom de winning, waar relatief ondiepe grondwaterstanden voorkomen en meetbare veranderingen door reductie van de winning zijn te verwachten. Voor het monitoren van ondiepe grondwaterstanden is reeds een uitgebreid meetnet van Vitens ingericht (Baggelaar et al., 2018). Vitens is in overleg met grondeigenaren over een eventuele uitbreiding van dit meetnet.

WATERVOERENDHEID VAN BEKEN

Eerdere monitoring van de verplaatsing van de winning Manderheide naar Manderveen heeft laten zien dat het monitoren van beekafvoeren geen bruikbare inzichten oplevert voor evaluatie van effecten van de winning op watervoerendheid (Baggelaar et al., 2018). Dat komt doordat het effect van de winning zich vooral voordoet in perioden met lage afvoeren en die zijn moeilijk nauwkeurig te meten. Daarnaast zijn er relatief grote verschillen in afvoeren tussen droge en natte jaren. Het eventuele effect van de winning op de watervoerendheid is daardoor niet direct te meten.

Ook het monitoren van de ecologie van beken is niet zinvol voor de evaluatie, omdat

de ecologie teveel wordt bepaald door lokale verschillen in het beekmilieu en inrichtingsmaatregelen in de beek zelf. Daarom wordt voorgesteld om de effecten op de beken indirect te meten via het monitoren van de grondwaterstand in raaien langs de beek. Deze aanpak wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 5.

GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUUR

Op de stuwwal van Ootmarsum liggen waardevolle brongebieden met grondwaterafhankelijke vegetatie. Grondwaterstanden en vegetatie worden gemonitord met het provinciaal verdrogingsmeetnet. Op de stuwwal zijn geen effecten van de reductie te verwachten. Monitoring van grondwaterafhankelijke natuur is dus gericht op het volgen van de toestand van de ecologische kwaliteit en standplaatscondities.

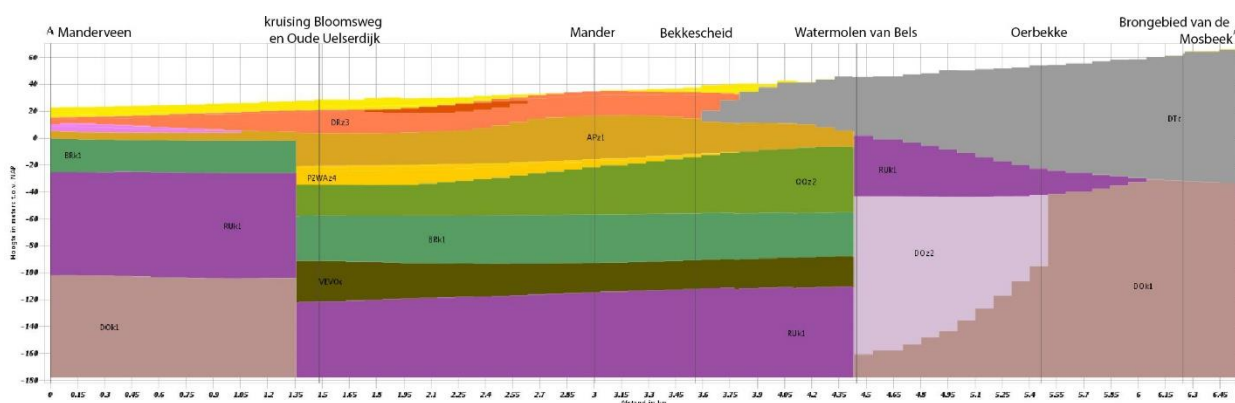
Opbouw van dit rapport

Door de complexe opbouw van de ondergrond van het gebied rond de winning Manderveen kunnen effecten op het grondwater maar ten dele worden berekend met modellen. Naast modelberekeningen is ook systeeminzicht nodig om effecten te voorspellen. De complexe geologie wordt nader toegelicht in hoofdstuk 1. Vervolgens wordt in hoofdstuk 2 gekeken naar de kwaliteit van het grondwatermodel en de voorspellingen van de verandering van de grondwaterstand door reductie van de winning Manderveen.. Dit geeft een kader voor het beoordelen van de gewenste monitoring.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de bestaande monitoring van grondwaterafhankelijke natuur. Hoofdstuk 4 beschijft de effecten op watervoerendheid van beken. Op basis daarvan geeft in hoofdstuk 5 een uitgewerkt voorstel voor monitoring van de effecten van de reductie van de winning Manderveen op de Mosbeek. Onder aanbevelingen wordt voorgesteld om voorafgaand aan de reductie met beschikbare metingen de te verwachten effectiviteit van de monitoring te voorspellen en te verbeteren.

Hoofdstuk 1. Geologie van het gebied

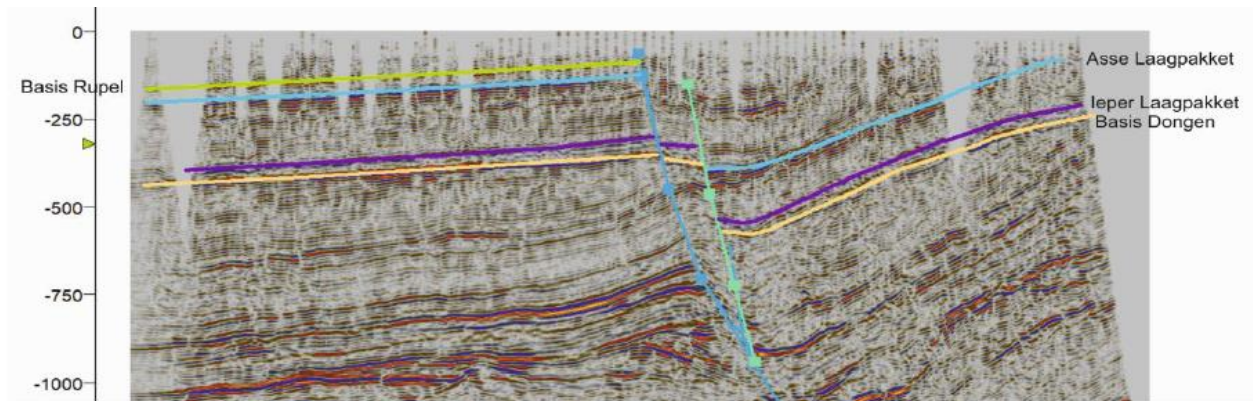
De winning Manderveen ligt ten noordoosten van Manderveen, op een halve kilometer ten zuiden van de Rijksgrens. Omdat het grootste deel van de regio Twente geen dikke watervoerende lagen heeft, zijn er weinig mogelijkheden voor het onttrekken van grondwater. Bij Manderveen ligt echter een dik watervoerend pakket binnen de begrenzing van de zogenoemde slenk van Reutum. Hier is door tektonische daling van de aardkorst en opvulling van het dalingsgebied met grove zanden een langgerekte geul in de ondergrond aanwezig die zich goed leent voor het onttrekken van grondwater. Deze geul strekt zich uit van Getelo in Duitsland naar het zuiden en is tot aan Weerselo terug te vinden op geologische kaarten.



Figuur 1. Dwarsdoorsnede van west naar oost over de slenk van Reutum ter hoogte van Mander (bron: REGIS II v2.2)

Ten oosten van de slenk van Reutum ligt de stuwwal van Ootmarsum, in het dwarsprofiel van figuur 1 te herkennen als een grijs vlak (rechts). De stuwwal is ontstaan nadat de slenk van Reutum is opgevuld en ligt deels over de slenk van Reutum heen. De grondwateronttrekking Mander veroorzaakt een verlaging van de grondwaterstand in de slenk van Reutum. De verlaging in de slenk is goed te berekenen met modellen. Het is onduidelijk of deze verlaging in de slenk ook doorwerkt op de stuwwal, ondanks dat hier veel onderzoek naar is gedaan.

In het dwarsprofiel van figuur 1 wordt de slenk van Reutum aan weerszijde begrensd door harde breuklijnen. Recent merkten Harting en Bakker (2020) op dat aan de oostzijde van de slenk geen breuklijn ligt, maar dat er eerder sprake is van een geleidelijke overgang. Zij baseren zich op seismisch onderzoek uit begin jaren zeventig.



Figuur 2. Interpretatie van seismische gegevens door TNO (Harting & Bakker, 2020). Aan de westzijde van de slenk van Reutum is een duidelijke breuklijn zichtbaar, aan de oostzijde is dat niet het geval.

De stuwwal van Ootmarsum is ontstaan door opstuwing van sedimenten vanuit het Oosten door een gletscher. Deze sedimenten bestonden voor een aanzienlijk deel uit zeer ondoorlatende Tertiaire diepzeeklei (Rupelklei, Formatie van Breda) die samen met goed doorlatende Pleistocene rivierzanden zijn geplooid en gestuwd. Na de opstuwing is de gletscher overreden door het ijs, waardoor bovenop de stuwwal en over een deel van de slenk van Reutum lagen grondmorene zijn afgezet, die voornamelijk bestaat uit keileem en grove zanden. De opbouw van de stuwwal is zeer onvoorspelbaar, over korte afstand kunnen slecht doorlatende klei en goed doorlatend zand elkaar afwisselen. Een betrouwbare berekening van grondwaterstanden in de stuwwal met een grondwatermodel is daardoor praktisch gezien niet mogelijk.

In algemene zin kan gezegd worden dat er een grote weerstand aanwezig is tussen de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum. Stijghoogtemetingen op de stuwwal liggen rond 45 m NAP, in de slenk rond 30 m NAP. Een stijghoogteverschil van 15 meter kan alleen in stand blijven als er nauwelijks stroming van water plaatsvindt. Verder liggen er op de stuwwal tientallen bronnen die permanent of vrijwel permanent water voeren en beken die altijd watervoerend zijn, zoals de Mosbeek, de Hazelbeek en de Springendalse beek. Dit duidt erop dat het neerslagoverschot van de stuwwal oppervlakkig afstroomt en niet via wegzijging naar diepere lagen.

Het systeemfunctioneren van de stuwwal geeft geen aanleiding om aan te nemen dat er invloed is van de verlaging van winning Mander op de grondwaterstanden en beekafvoeren op de stuwwal. In de loop der tijd zijn er echter vele theoretische mogelijkheden geopperd voor interactie: kortsluiting via zandbanen, verticale doorwerking via het watervoerende pakket onder de stuwwal en een extreem lange reactiesnelheid, waardoor effecten zich sinds de start van de winning in de jaren zestig nog niet hebben vertaald in veranderingen op de stuwwal. Tot nu toe zijn er geen eenduidige harde bewijzen voor het bestaan van doorwerking vanuit de slenk naar de stuwwal (Stroet, 2016).

Hoofdstuk 2. Verandering van de grondwaterstand

2.1 Nauwkeurigheid van het grondwatermodel

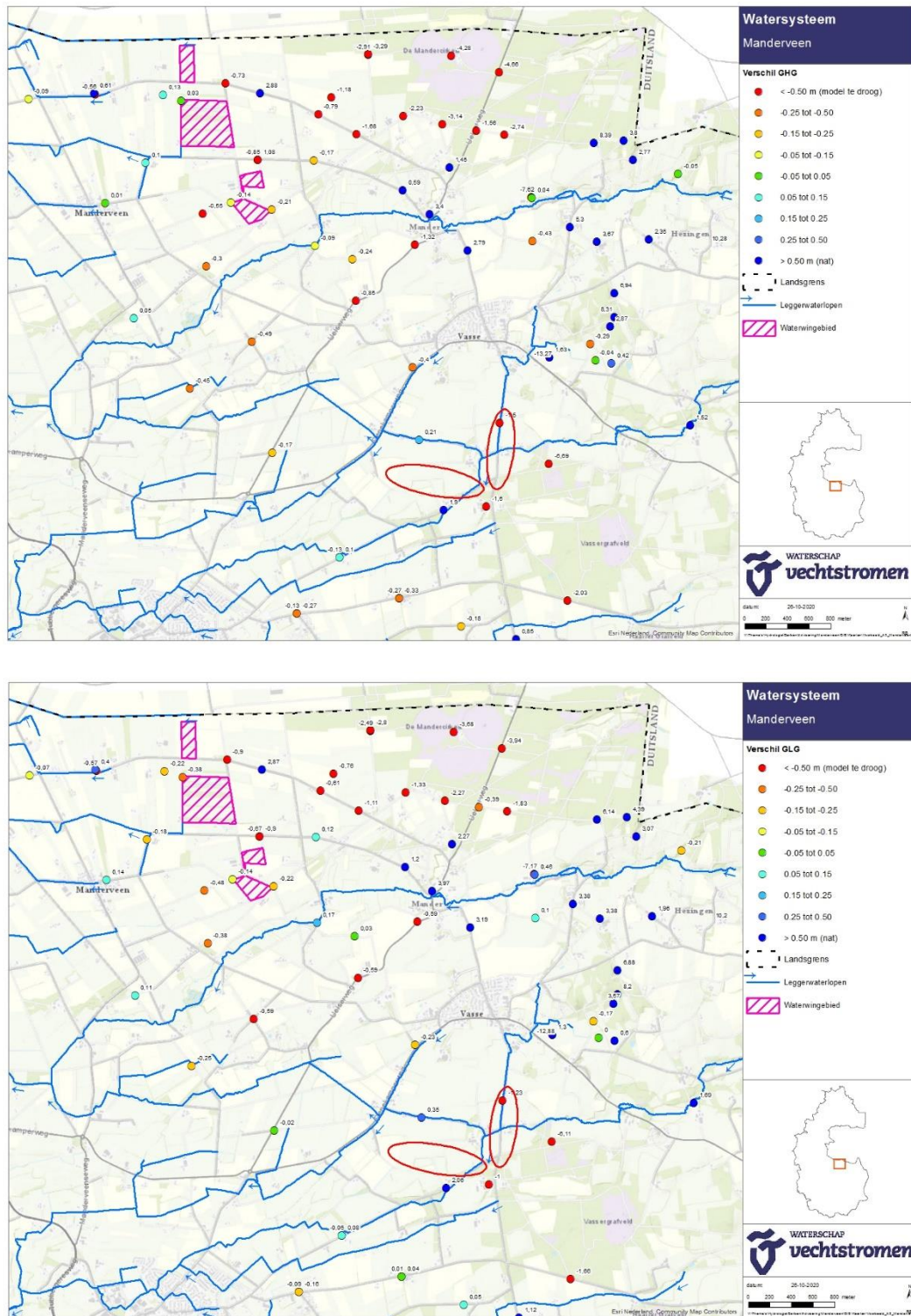
Om een indruk te krijgen van de nauwkeurigheid van het grondwatermodel zijn verschillen tussen berekende en gemeten grondwaterstanden op kaart gezet¹. Daarbij is vooral gekeken naar de prestaties van het grondwatermodel in de buurt van de beken, omdat in hoofdstuk 4 een vergelijking wordt gemaakt tussen de beekbodems en de grondwaterstanden in het model.

Voor de verificatie heeft waterschap Vechtstromen de berekende grondwaterstand vergeleken met de gemeten grondwaterstand in de peilbuizen van Vitens. Hiervoor zijn de GXG's van de peilbuizen afgeleid voor de gehele beschikbare meetreeks. De peilbuizen met filterstelling 1 zijn vergeleken met laag 1 uit het grondwatermodel. Er is niet gecontroleerd of de filters met nummer 1 ook werkelijk in modellaag 1 staan, dus afwijkingen kunnen voorkomen. De filterstellingen van de peilbuizen in de directe omgeving van de Mosbeek zijn wel gecontroleerd. Op basis van de residuenkaarten zijn de volgende conclusies te trekken:

- Ter hoogte van de Vleerhoeksweg (in de Slenk van Reutum) is peilbuis B28F0015 aanwezig met een filterstelling van circa 39 tot 40 m-mv. In het boormonsterprofiel zijn geen scheidende lagen aanwezig. Er worden daarom geen grote stijghoogteverschillen verwacht. De afwijking in de GHG bedraagt hier minder dan 10 cm.
- Ter hoogte van Mander is de afwijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden groter, ongeveer 3,4 m. Het betreft peilbuis B28F0301 met filterstelling van 2,5 tot 3,5 m-mv. Het model berekent hier te hoge grondwaterstanden. Uit vergelijking van de berekende wintergrondwaterstand (GHG) en de beekbodem volgt dat de GHG meer dan 1 m onder de beekbodem ligt. In werkelijkheid ligt de grondwaterstand dieper onder de beekbodem. De conclusie dat de Mosbeek hier vrij van de grondwaterstand infiltreert blijft daarmee onveranderd.
- Aan de westkant van de Molen van Bels zijn twee peilbuizen aanwezig. Peilbuis B28F0141 heeft het ondiepste filter met een filterstelling van 7,6 m tot 8,6 m -mv. De afwijking in de GHG bedraagt hier minder dan 5 cm. Peilbuis

¹ De berekeningen zijn uitgevoerd met het WRD2014 grondwatermodel dat ook is gebruikt voor de plan-MER Zoektocht Twente. Dit model wordt beschouwd als het best beschikbare model voor het studiegebied.

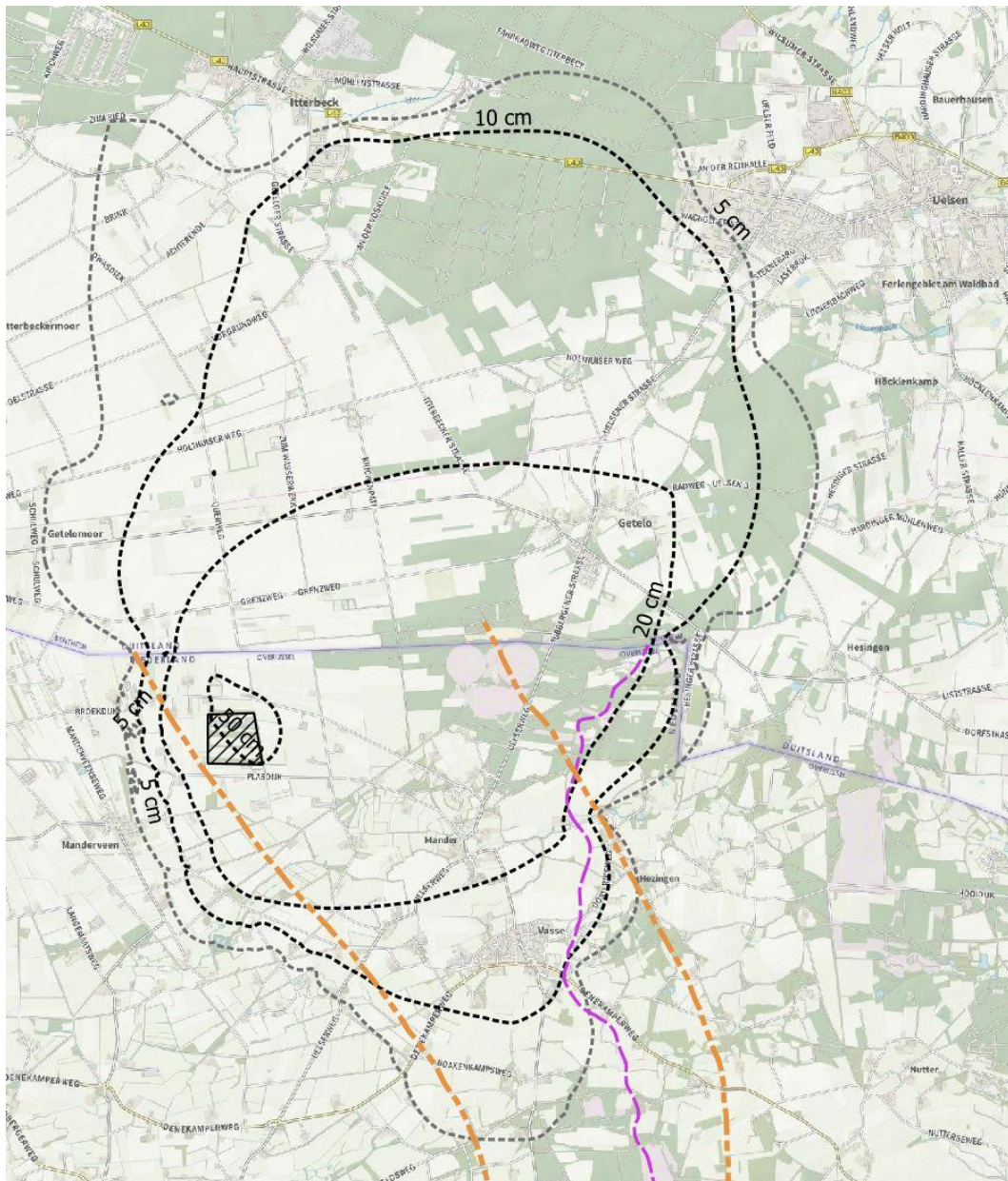
B28F0134 heeft een filterstelling van meer dan 30 m –mv waarbij de afwijking met het grondwatermodel meer dan 7 m te droog is in de GHG. Opvallend is dat hier grote stijghoogteverschillen worden gemeten van meer dan 7 m terwijl in de boringen geen scheidende lagen zijn aangetroffen. Dat zou betekenen dat de grondwaterstand dieper onder de beekbodem ligt dan wordt verwacht op basis van het model. De conclusie dat de Mosbeek hier vrij van de grondwaterstand infiltreert blijft echter onveranderd. Mogelijk loopt het traject waar de beekbodem vrij infiltreert verder door in oostelijke richting.



Figuur 3. Verschil tussen berekende en gemeten grondwaterstanden in de winter (GHG) en in de zomer (GLG). Op de hoge gronden zonder sloten (Manderheide) is het model te droog en op de stuwwal (gebied ten oosten van Vasse) is het model te nat. Rondom de beken zijn de verschillen beperkt.

2.2 Berekende verandering grondwaterstand

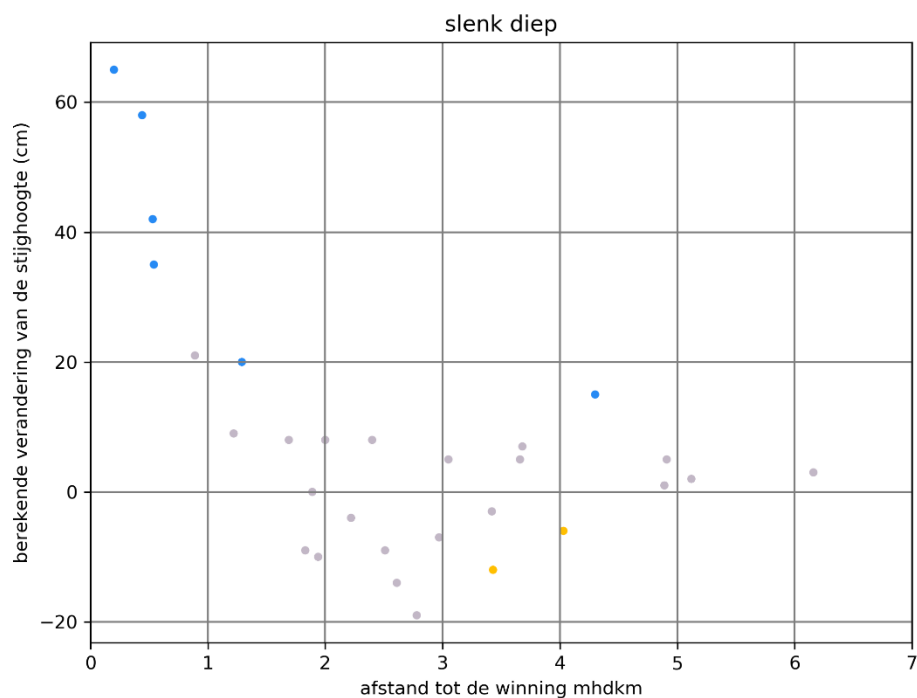
Met het grondwatermodel is de stijging van de grondwaterstand berekend die optreedt als de winning Manderveen wordt teruggebracht van 3 naar 2 miljoen m³/jaar. De berekende verhoging van het grondwater blijft beperkt tot de goed de doorlatende zanden in de slenk van Reutum. Op de stuwwal is volgens deze modelberekening geen effect op grondwaterstanden te verwachten.



Figuur 4. Berekende stijging van de grondwaterstand door reductie van de winning Manderveen van 4 naar 3 miljoen m³/jaar. De oranje lijnen geven de ligging van de slenk van Reutum, de paarse lijn geeft de westgrens van de gestuwde formatie van de stuwwal van Ootmarsum.

2.3 Monitoring grondwater

De verandering van de grondwaterstand kan worden gemeten met peilbuizen. Met tijdreeksanalyse is het in principe mogelijk om de invloed van de reductie van de winning te onderscheiden van de invloed van natte winters en droge zomers, die veel groter is. Om een idee te geven van de verschillen, de natuurlijke grondwaterverandering door variatie in neerslag en verdamping bedraagt ongeveer één tot anderhalve meter, de verandering door reductie van de winning bedraagt in een groot deel van het gebied ongeveer twintig centimeter. In de praktijk blijkt dat met tijdreeksanalyse een structurele verandering van ongeveer 10 tot 15 centimeter of meer met statistische zekerheid is te onderscheiden van andere invloeden.



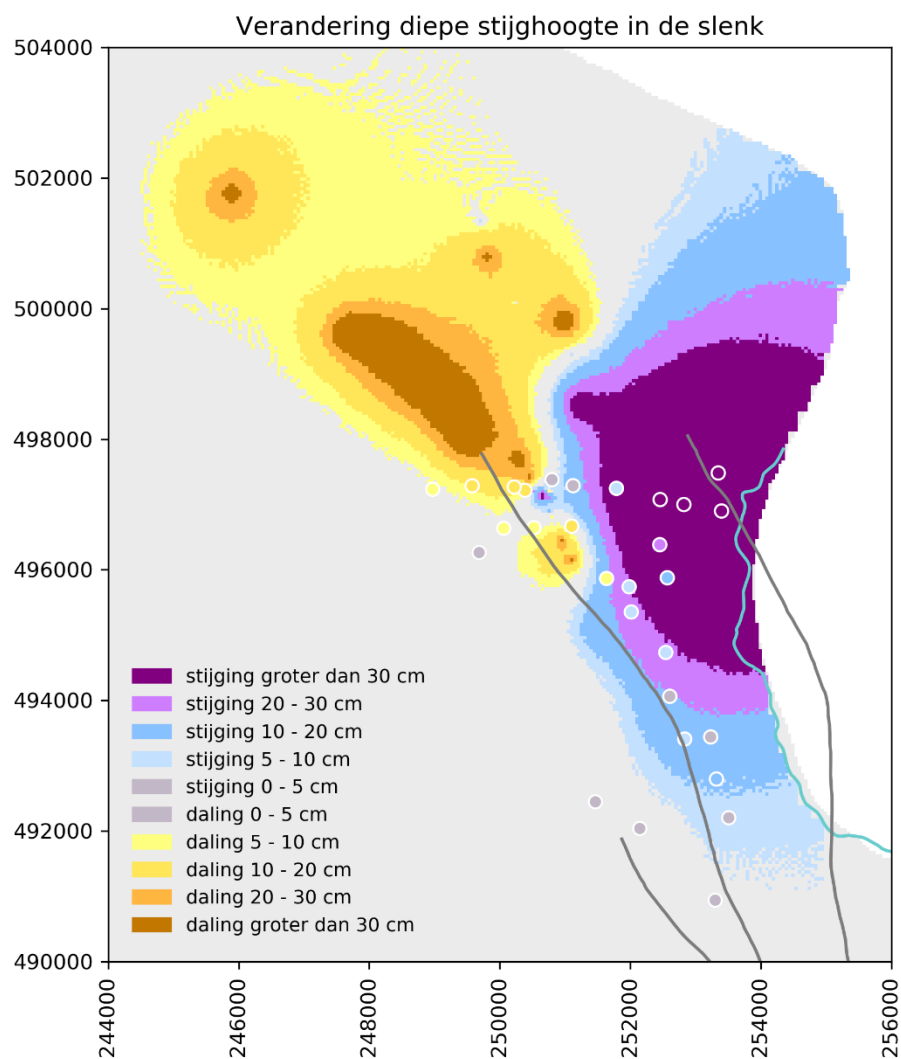
Figuur 5. Met tijdreeksanalyse geschatte veranderingen van de stijghoogte in de slenk door verplaatsing van de winning Manderheide naar de locatie Manderveen. blauw: significante stijging, oranje: significante daling, grijs: niet-significante verandering (gebaseerd op gegevens in Baggelaar et al., 2018).

Figuur 5 toont de resultaten van de grondwatermonitoring van de verplaatsing van Manderheide (Baggelaar et al., 2018). Die figuur laat zien dat significante veranderingen steeds groter zijn dan 15 cm. Het zou dan ook mogelijk moeten zijn om de berekende verhoging van het grondwater door reductie van de winning Manderveen te toetsen met monitoringsresultaten.

Een belangrijk probleem bij tijdreeksanalyse is de onderlinge afhankelijkheid tussen verschillende invloedsfactoren, bijvoorbeeld doordat twee factoren in de tijd op een

vergelijkbare manier veranderen. Hierdoor kunnen ze niet meer van elkaar worden onderscheiden. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren doordat een drinkwaterwinning in de zomer meer water onttrekt om aan de toegenomen vraag te voldoen. De verlaging door de winning raakt dan gecorreleerd met de toename van de droogte in de zomer, die eveneens voor een verlaging van het grondwater zorgt. In het verleden bleek het niet mogelijk om de invloed van de verschillende winningen in de slenk (Manderheide, Manderveen, Vasserheide) van elkaar te scheiden, omdat de winningen in samenhang werden ingezet, afhankelijk van de ernst en duur van de droogte. Voor monitoring van de reductie van Manderveen zijn tenminste twee mogelijke invloeden van belang: de inzet van de winning Getelo in Duitsland (vergund voor 6 miljoen, op dit moment gebruikt voor 3 miljoen) en de voorgenomen vernattingsmaatregelen in het Natura2000-gebied op de stuwwal.

Om de kans te vergroten dat de invloed van de reductie van de winning Manderveen op het grondwater eenduidig kan worden aangetoond met tijdreeksanalyse, is het zinvol om na te denken over de gewenste verandering in het onttrekkingsdebiet. Een eenmalige reductie van 3 naar 2 miljoen, gevolgd door monitoring van grondwaterstanden, is geen effectieve manier om de invloed van de winning aan te tonen. Daarvoor is het signaal dat uitgaat van een eenmalige reductie te klein. Het zou aanzienlijk effectiever zijn om de afgesproken reductie van 1 miljoen m³ in te zetten om de winning gedurende langere tijd in te zetten met een sterk variërend debiet. Het verloop van die onttrekking zou zeer grillig moeten zijn, zodat het niet kan worden verward met andere invloedsfactoren, zoals de onttrekking in Getelo, het neerslagoverschot of niet-geregistreerde onttrekkingen voor landbouwkundig gebruik. Bij een kunstmatig patroon van wisselende onttrekking ontstaat een signaal dat bij statistische analyse werkt als een vuurtoren tijdens storm op zee, zodat onjuiste statistische conclusies worden voorkomen. Daarnaast is het verstandig om het effect van de reductie op het grondwater achteraf opnieuw te berekenen met een grondwatermodel. Dat kan een ander beeld opleveren omdat achteraf precies bekend is wat het neerslagoverschot is in de monitoringsperiode en wat het onttrekkingsdebiet in de loop der tijd is geweest.



Figuur 6. Voorbeeld van een vergelijking van voorspelde effecten met een grondwatermodel vooraf en monitoring in peilbuisgegevens achteraf. De kaart geeft de effecten van de verplaatsing van de pompputten op de Manderheide naar het winveld van de winning Manderveen (stippen gebaseerd op gegevens in Baggelaar et al. 2018, de ondergrond is gebaseerd op de berekeningen in het MER van 2007).

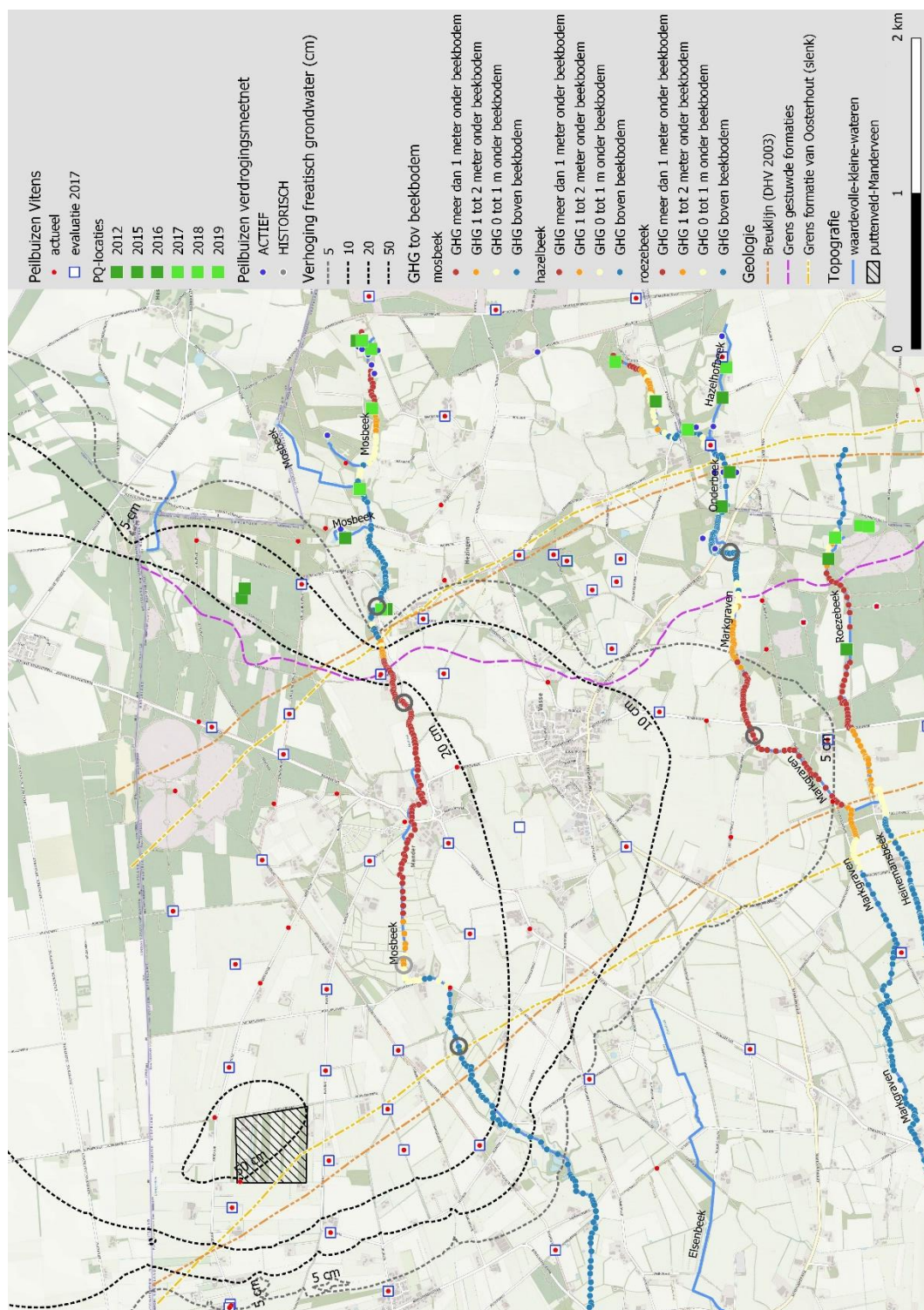
Hoofdstuk 3. Grondwaterafhankelijke natuur

In het gebied met een berekende stijging van de grondwaterstand door reductie van de winning Mander van 3 naar 2 miljoen m³/jaar liggen geen grondwaterafhankelijke vegetaties. Er zijn dus ook geen afgeleide effecten op natuur te verwachten. Wel komen waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties voor op de stuwwal van Ootmarsum. Hier is al een uitgebreid verdrogingsmeetnet van de provincie aanwezig, waar grondwaterstanden en vegetatie in permanente proefvlakken wordt gevolgd. Er zullen naar verwachting geen effecten van de winning zijn op de meetlocaties van dit meetnet. Wel kan de toestand van de hydrologische condities worden gevolgd. De verwachting is dat in de komende jaren een verbetering zal optreden in veel meetpunten als gevolg van hydrologische herstelmaatregelen in het kader van Natura 2000.

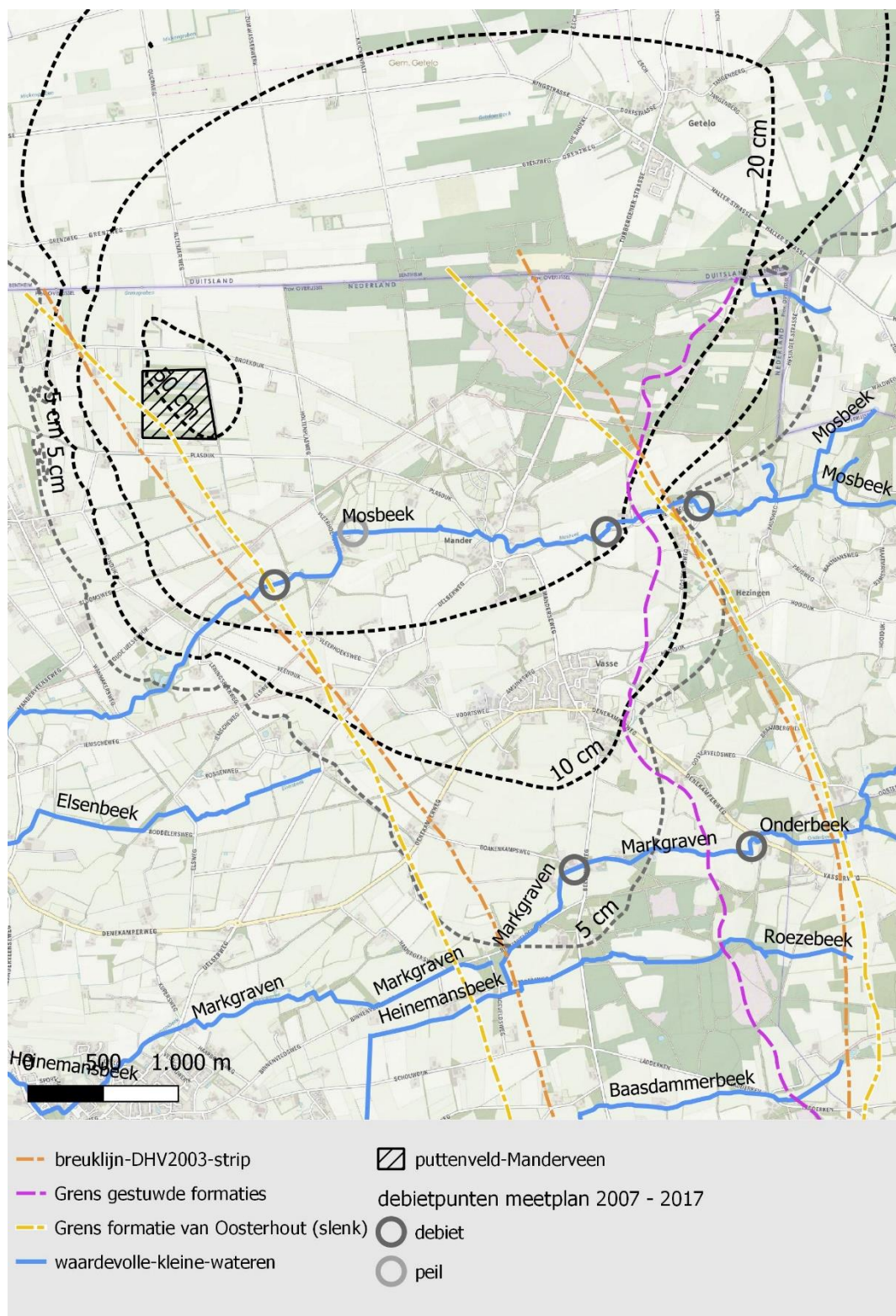
Ten oosten van de slenk van Reutum, op de stuwwal van Ootmarsum, liggen meerdere bronnen en beken met grondwaterafhankelijke vegetaties. Sinds 2012 wordt de toestand van deze vegetaties gemonitord met peilbuizen uit het verdrogingsmeetnet van de provincie. Bij deze peilbuizen wordt iedere vier jaar de vegetatie beschreven in een permanent proefvlak. Ook is meestal een nulsituatie van het humusprofiel beschreven.

Van de peilbuizen uit het verdrogingsmeetnet die in 2012 zijn ingericht zijn inmiddels drie opnamen beschikbaar die de verandering van de vegetatie in de tijd monitoren. De verwachting is dat de grondwaterstand op de locaties van het verdrogingsmeetnet in de komende jaren zal stijgen door lokale hydrologische herstelmaatregelen. Dit zal tot een verbetering van de standplaatscondities leiden.

De grondwaterstanden en de kwaliteit van van grondwaterafhankelijke vegetaties op de stuwwal wordt voldoende gevolgd met het verdrogingsmeetnet van de provincie. Er is geen aanleiding om hier meetpunten aan te voegen, aangezien geen effecten op de stuwwal worden verwacht.



Figuur 7. Overzichtskartaal van bestaande monitoring met peilbuizen en permanente kwadraten. Daarnaast zijn infiltrerende en drainerende beektrajecten aangegeven.



Figuur 8. Ligging van beken binnen het gebied met een berekende verandering van de grondwaterstand door reductie van de winning Manderveen van 3 naar 2 miljoen m³/jaar.

Hoofdstuk 4. Watervoerendheid van beken

4.1 Monitoring watervoerendheid

Binnen het gebied met een verandering van de grondwaterstand liggen drie waardevolle beken: de Mosbeek, de Onderbeek (ook wel Markgraven of Hazelbeek genoemd) en de Roezebeek. Met name de Mosbeek ligt in het gebied waar een aanzienlijke verhoging van de grondwaterstand is te verwachten. Dat kan leiden tot een toename van de watervoerendheid.

In de praktijk is het niet goed mogelijk om de effecten op afvoer direct te meten met debietmetingen. Dat komt doordat effecten zich vooral voordoen in perioden met lage afvoeren die niet voldoende nauwkeurig gemeten kunnen worden om veranderingen in debiet eenduidig vast te stellen. Bovendien is de variatie tussen natte en droge jaren zo groot, dat een structurele verandering van lage afvoeren door reductie van de winning waarschijnlijk niet met zekerheid is aan te tonen. Een structurele verandering van de zomergrondwaterstand is naar verwachting wel met statistische zekerheid aan te tonen. Het ligt daarom voor de hand om de invloed van de reductie van de winning op beekafvoeren indirect te monitoren via de grondwaterstand.

4.2 Interactie tussen grondwater en beken

Er zijn drie verschillende situaties te onderscheiden met een verschillende mate van interactie tussen beekafvoer en grondwaterstand (figuur 9):

A. Drainage

In situatie A is de grondwaterstand hoger dan de beekbodem². De beek draineert het grondwater en is daardoor watervoerend. Een stijging van de grondwaterstand leidt tot meer drainage van grondwater en tot een toename van de beekafvoer.

B. Infiltratie met interactie

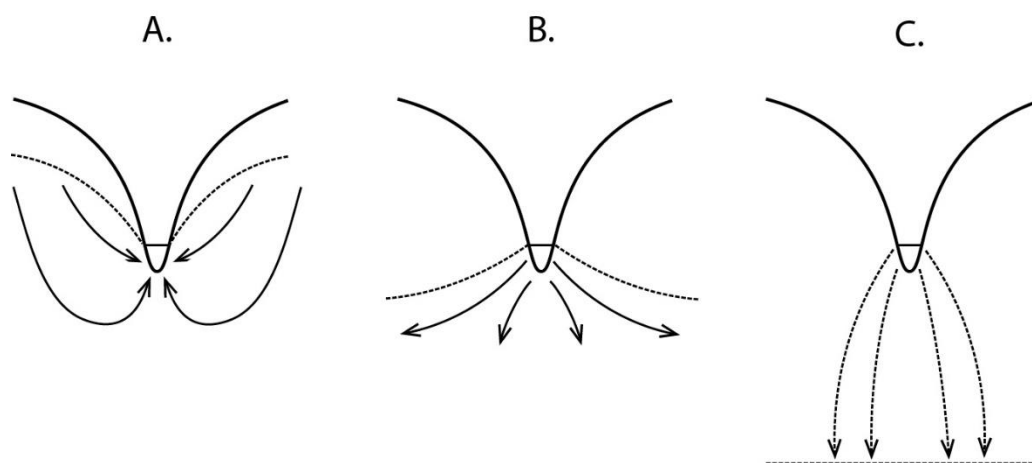
In situatie B is de grondwaterstand maximaal enkele decimeters lager dan de beekbodem. De beek infiltreert en de grootte van de infiltratie is deels afhankelijk van

² De interactie tussen de afvoer in de beek en het grondwater wordt strikt genomen bepaald door het verschil tussen het waterpeil in de beek en de grondwaterstand onder de beek. Voor de analyse is gebruik gemaakt van het niveau van de beekbodem uit het grondwatermodel en de berekende grondwaterstand. Daarom wordt in de tekst steeds gesproken van beekbodem. Omdat het verschil tussen beekbodem en waterpeil meestal klein is maakt het onderscheid voor de uitkomst van de analyses en de conclusies praktisch gezien niet uit.

de grondwaterstand. Een stijging van de grondwaterstand kan daardoor leiden tot een afname van infiltratie van water uit de beek en tot een grotere beekafvoer. Wanneer het grondwater stijgt tot boven de beekbodem gaat de beek zelfs draineren en neemt de afvoer nog verder toe.

C. Vrije infiltratie

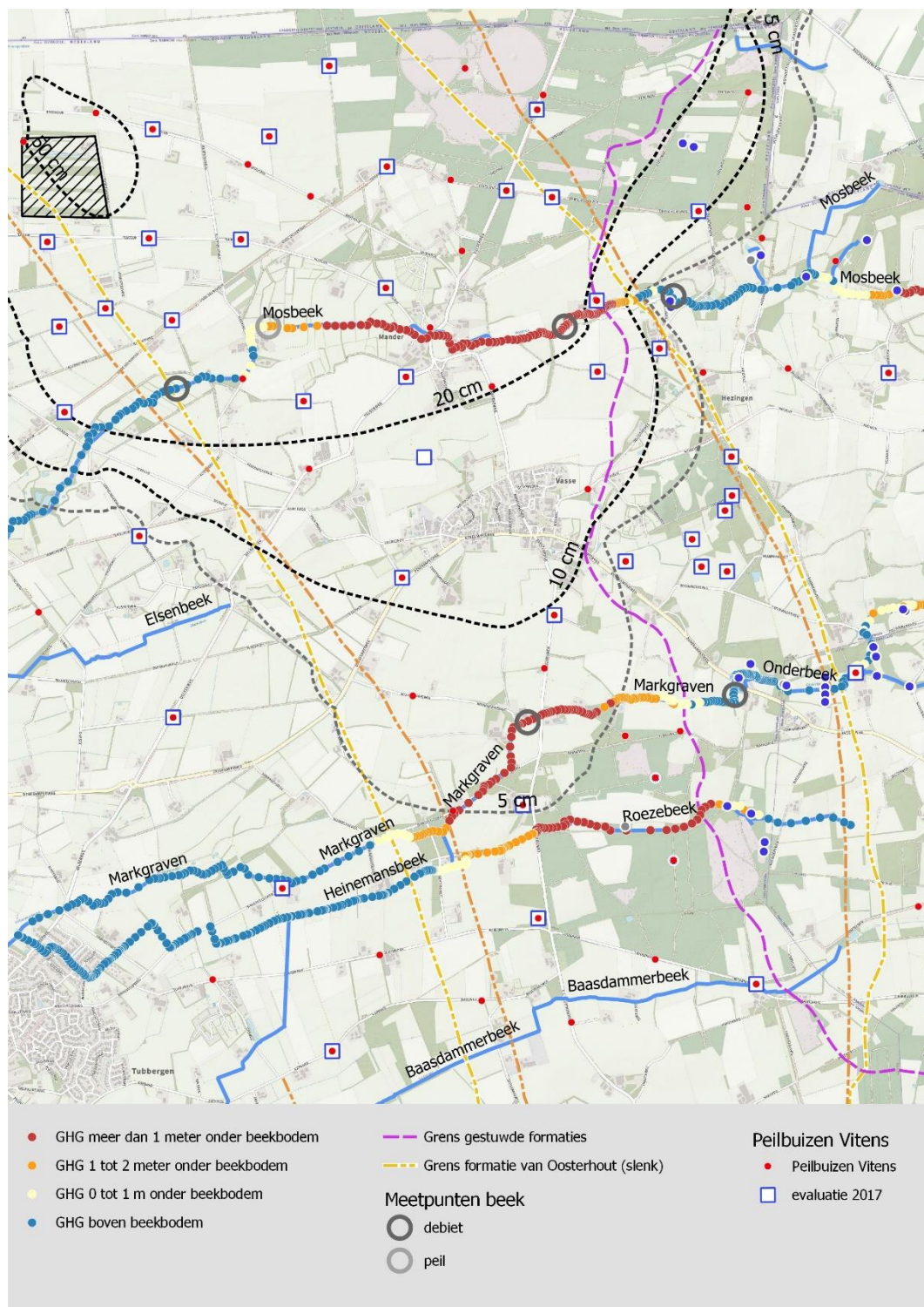
In situatie C ligt de grondwaterstand minimaal ongeveer een meter of meer onder de beekbodem. Er is sprake van vrije infiltratie zonder interactie met het grondwater. Een stijging van het grondwater leidt niet tot een afname van de infiltratie, zolang het grondwater niet binnen enkele decimeters onder de beekbodem komt.



Figuur 9. Interactie tussen beekafvoer en grondwaterstand in verschillende situaties: A. Drainage; B. Infiltratie bij een grondwaterstand dicht onder de beekbodem; C. Vrije infiltratie naar een diepe grondwaterstand. In de praktijk doen alleen de situaties A en C zich voor in het gebied rondom de winning Manderveen.

Om een indruk te krijgen van de effecten die de berekende verandering van de grondwaterstand heeft op beken, is gebruik gemaakt van de beekbodemhoogtes uit het grondwatermodel en de berekende grondwaterstanden. Daarmee zijn kaartjes gemaakt die laten zien of de beek in de huidige situatie draineert (blauw), infiltreert en afhankelijk is van de grondwaterstand (geel) of vrij infiltreert (oranje, rood). Ook de zomergrondwaterstand (GLG) is beoordeeld, dat geeft een beeld met lokaal iets meer infiltratie, maar de verschillen zijn minimaal.

Met het model is ook de verhoging van de grondwaterstand door de reductie van de winning Manderveen van 3 naar 2 miljoen m³/jaar berekend. Bij de beoordeling van het kaartbeeld mag worden aangenomen dat structurele veranderingen van de grondwaterstand van 10 centimeter of meer zijn aan te tonen met tijdreeksanalyse van een langjarige reeks van gemeten grondwaterstanden. Ter ondersteuning van de landschappelijke interpretatie van het kaartbeeld is ook de westgrens van de gestuwde afzettingen weergegeven en de ligging van de slenk van Reutum (afgeleid uit het voorkomen van de formatie van Oosterhout in de ondergrond in Regis).



Figuur 10. Overzichtskaart van beektrajecten met infiltratie (rood, oranje, geel) en drainage (blauw) op basis van gegevens in het WRD2014-grondwatermodel. Daarnaast zijn de peilbuizen uit het actuele grondwatermeetnet van Vitsens weergegeven, met een extra aanduiding van de meetpunten die zijn gebruikt in de evaluatie van 2017.

4.2 Drainerende en infiltrerende beektrajecten

Het kaartbeeld van drainerende en infiltrerende beektrajecten (figuur 10). Leidt tot de volgende conclusies over het effect van de reductie van Manderveen op de watervoerendheid (zie ook de detailkaartjes hieronder):

MOSBEEK

Aan de westkant van de slenk van Reutum, in het gebied Mandermaten, is een traject van anderhalve kilometer waar de Mosbeek op dit moment het grondwater draineert en waar een verhoging van 10 centimeter of meer optreedt door reductie van de winning Manderveen. Overal elders in de slenk infiltreert de Mosbeek en is er geen relatie met de grondwaterstand. Aan de oostzijde van de slenk, op de overgang naar de stuwwal, vindt een abrupte overgang plaats van infiltratie in de slenk en drainage op de stuwwal. Dat overgangspunt ligt direct benedenstrooms van de Molen van Bels.

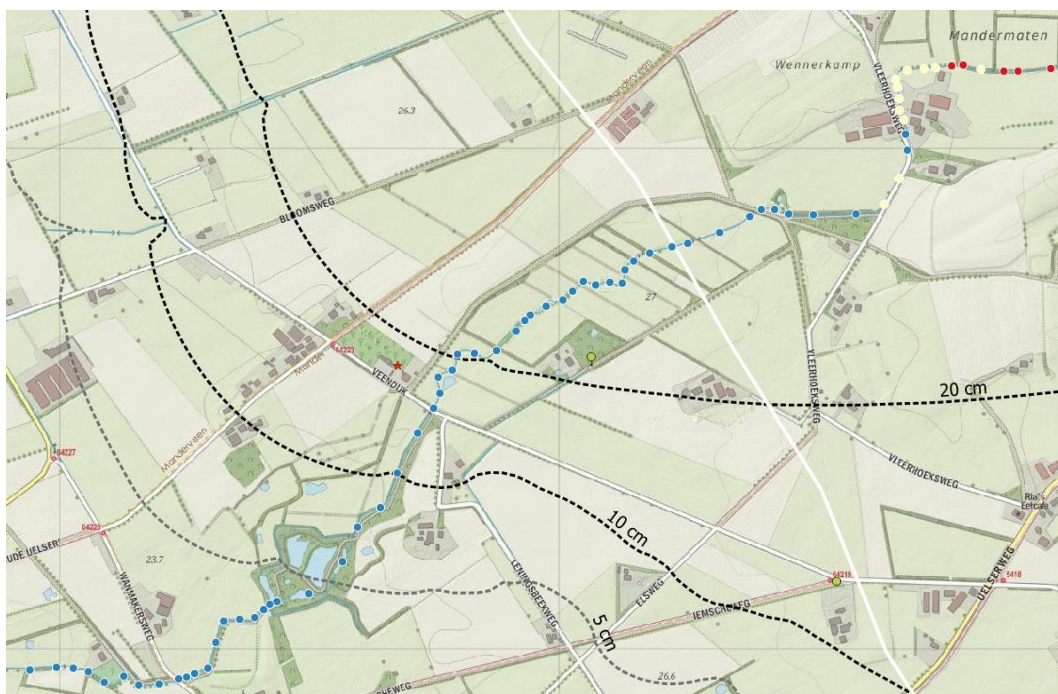
HAZELBEEK/ONDERBEEK/MARKGRAVEN

De Onderbeek ligt buiten het gebied met een verhoging van het grondwater van minimaal 10 centimeter. Een beektraject van ongeveer anderhalve kilometer ligt in het gebied met een verlaging van 5 tot 10 centimeter. In dit traject is sprake van vrije infiltratie zonder interactie met de grondwaterstand. Er is geen invloed te verwachten van de reductie van de winning Manderveen op de afvoer van de Onderbeek.

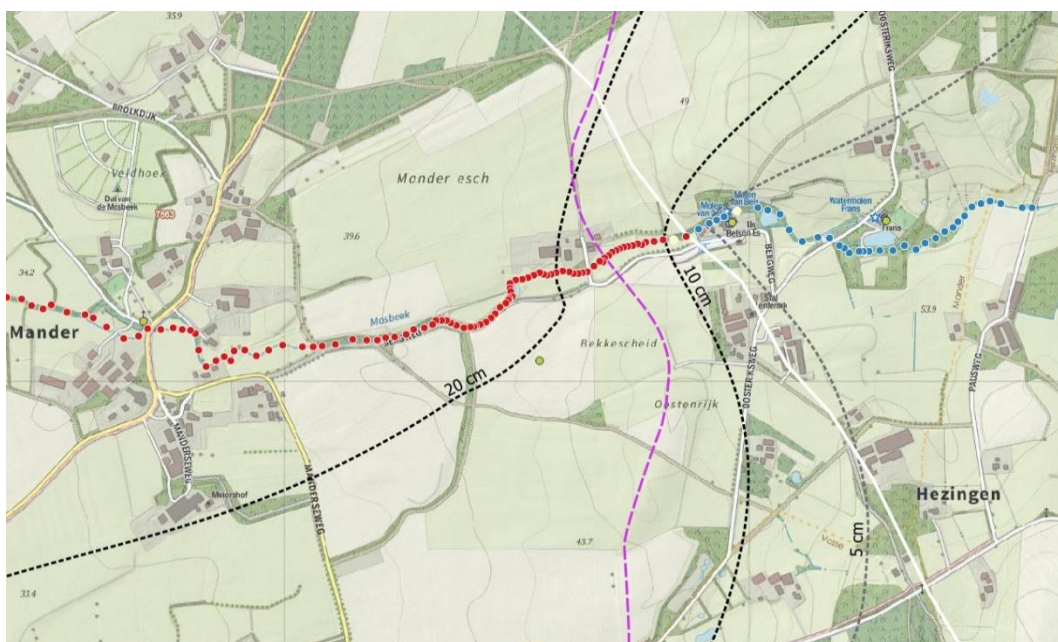
ROEZEDEBEEK

De Roezebeek ligt geheel buiten het gebied met een berekende verhoging van de grondwaterstand van minimaal 5 cm door reductie van de winning. Er is geen effect van de reductie van Manderveen op de watervoerendheid van de Roezebeek te verwachten.

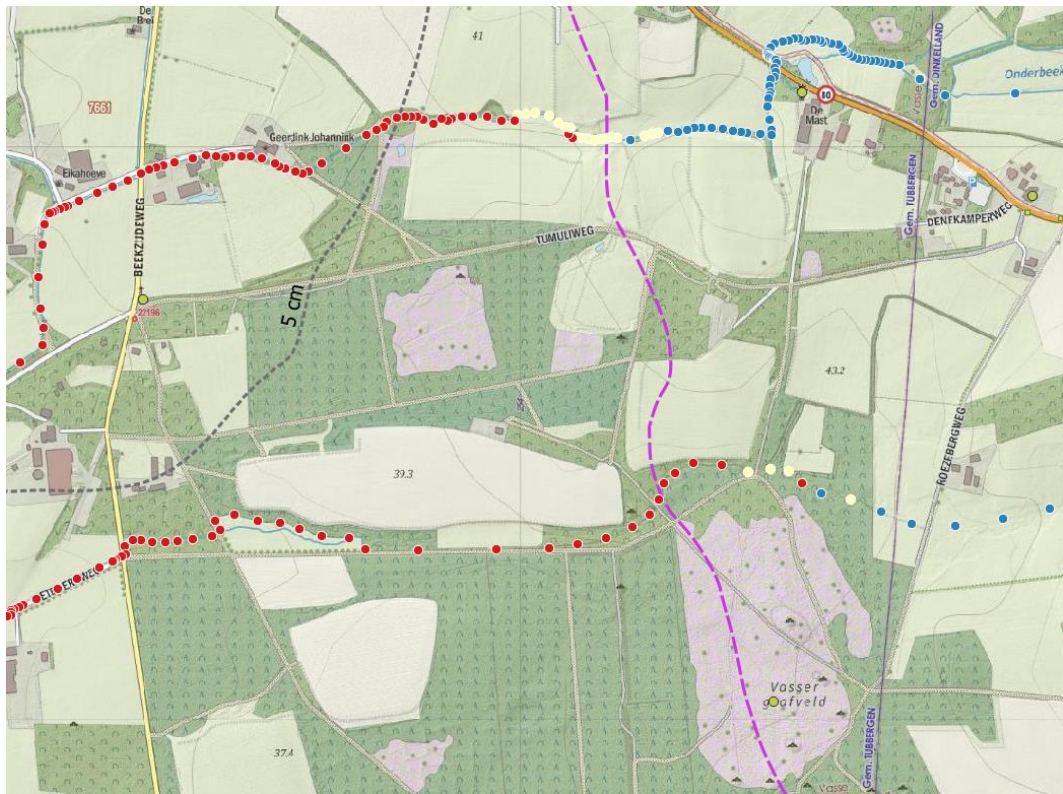
Voor de monitoring is relevant dat alleen in het gebied Mandermaten een drainerend beektraject ligt met meer dan 20 cm stijging van de grondwaterstand. Dit traject is ongeveer anderhalve kilometer lang. Hier zal de watervoerendheid van de Mosbeek naar verwachting toenemen toenemen De toename wordt veroorzaakt door een toegenomen drainage van het grondwater. De verandering van de grondwaterstand door de reductie van de winning is met meer dan 20 cm waarschijnlijk groot genoeg om aan te tonen met monitoring. Met de beschikbare gegevens is niet met een redelijke mate van zekerheid aan te geven hoe groot de verwachte toename van het debiet van de beek zal zijn. In de andere beken is geen meetbare verandering te verwachten.



Figuur 11. Ligging van het traject van de Mosbeek ter hoogte van de Mander esch, waar de watervoerendheid van de Mosbeek naar verwachting toeneemt bij een reductie van de winning Manderveen.



Figuur 12. Ligging van de overgang van infiltratie in de slenk van Reutum naar infiltratie op de stuwwal voor de Mosbeek ter hoogte van de watermolen van Bels.

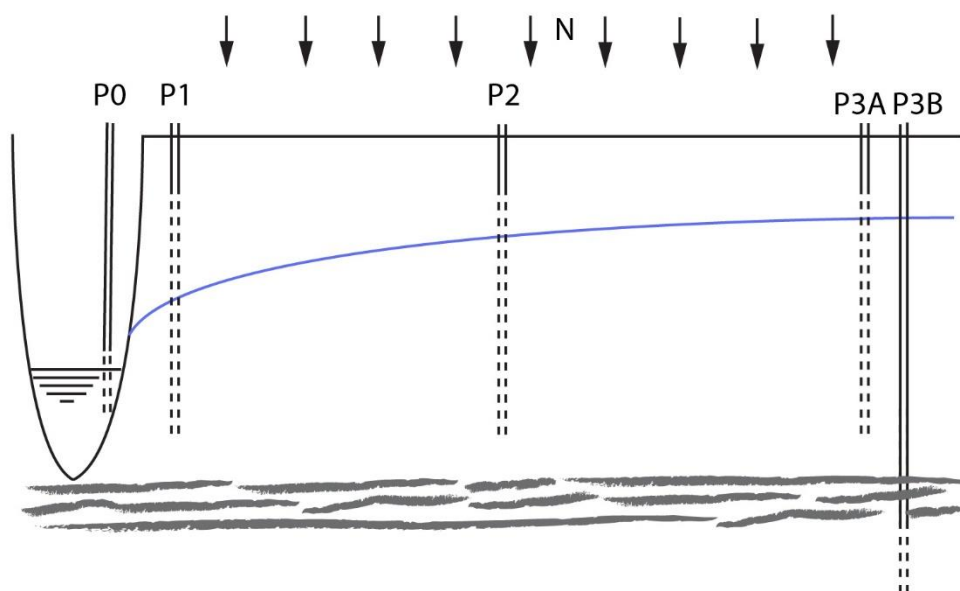


Figuur 13. Ligging van de overgang tussen infiltratie in de slenk en drainage op de stuwwal voor de Hazelbeek/Onderbeek (boven) en de Roezebeek (onder)

Hoofdstuk 5. Uitwerking monitoring Mosbeek

5.1 Dwarsraaien peilbuizen

Een effectieve meetstrategie om de interactie tussen het grondwater en de watervoerendheid van de Mosbeek te monitoren, is om zowel het waterwaterpeil te meten als de grondwaterstanden dichtbij de Mosbeek. Meten van afvoeren is niet zinvol, om dat de variatie in afvoeren door droge en natte zomers naar verwachting erg groot is en de meetnauwkeurigheid van lage afvoeren klein. Het meten van waterpeilen en grondwaterstanden geeft naar verwachting meer inzicht in het effect van de winning op de watervoerendheid van de Mosbeek dan afvoermetingen.



Figuur 14. Ontwerp meetopstelling met een peilbuis met twee filters en een peilmeting in de beek

Figuur 1 toont een situatie waarin de Mosbeek het grondwater draineert. Deze situatie doet zich voor aan de westzijde van de slenk van Reutum, in het gebied Mandermaten. Grondwater dat richting de beek stroomt moet de horizontale weerstand van de bodem overwinnen, daarvoor is verval van de grondwaterspiegel nodig. Dichtbij de beek neemt de weerstand verder toe omdat stroombanen van het grondwater samenkomen bij de beek (radiale weerstand) en omdat de beekbodem zelf enige weerstand heeft (intreeweerstand). Het verval van de grondwaterspiegel dichtbij de beek is daarom relatief groot. Voorstel is om naast een meting van het oppervlaktewaterpeil (P0) de grondwaterstand te meten op drie locaties: direct naast de beek (P1) en twee locaties op enkele tientallen meters van de beek (P2 en P3).

Op locatie P3 wordt een tweede filter geplaatst op grotere diepte omdat naar verwachting ondiepe leemlagen aanwezig zijn in de bovenste meters (Formatie van Bortel). De verhoging van de stijghoogte door reductie van de winning is het beste te meten in het grove zand daaronder (Formatie van Drenthe), op ongeveer acht tot tien meter diepte. Het diepe filter kan nog in handkracht gezet worden.

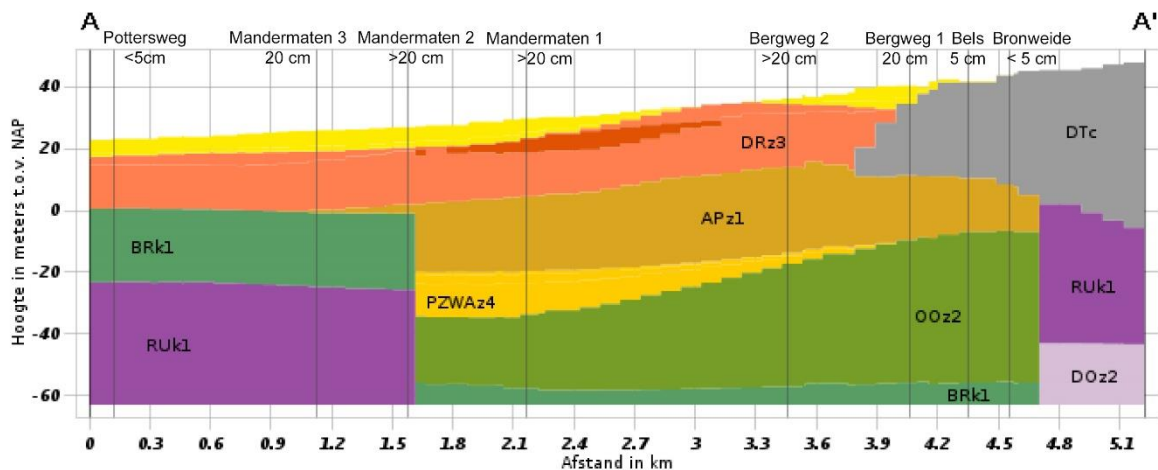


Figuur 15. Voorbeeld van gemeten grondwaterstanden op 30 m van een beek (B29C1566 1 en 2) en een meting direct naast de beek (B29C1704). Het voorbeeld is afkomstig van de Snoeijsbeek in de buurt van Losser, ver buiten het monitoringsgebied.

Figuur 16 geeft een indruk van de metingen die op deze manier worden verzameld. Ze zijn afkomstig van twee peilbuizen langs de Snoeijsbeek (nabij Losser, dus buiten het monitoringsgebied). Peilbuis 1704 staat direct naast de beek, peilbuis 1566 op ongeveer dertig meter afstand. Het verschil in grondwaterstand tussen deze locaties is ongeveer 20 tot 30 cm. Een toename van de watervoerendheid van de beek zal samengaan met een significante verhoging van de grondwaterstand in peilbuis 1704, terwijl de grondwaterstand in 1566 niet veel zal veranderen.

4.2 Locatiekeuze meetpunten

De voorgestelde meettraaien worden zo gekozen dat de drainerende en infiltrerende situaties die voorkomen in de slenk van Reutum worden gemeten. Figuur 17 toont een geologisch dwarsprofiel langs de Mosbeek van west (Pöttersweg) naar oost (Molen van Bels en de bronweide direct stroomopwaarts van de molen van Bels). In het dwarsprofiel zijn de locaties aangegeven van de voorgestelde meettraaien.



Figuur 16. Dwarsprofiel over de slenk van Reutum. De namen boven het profiel geven de ligging van de meetpunten langs de beek en de berekende verhoging van de stijghoogte door reductie van de winning Mander van 3 naar 2 miljoen m³/jr.

MEETPUNTEN AAN DE WESTZIJDE VAN DE SLENK

Modelberekeningen laten zien dat aan de westkant van de slenk van Reutum, in het gebied Mandermaten, een meetbare verhoging van ongeveer 20 cm van het grondwater is te verwachten door reductie van de winning Manderveen. De Mosbeek draineert hier het grondwater, dus de watervoerendheid van de beek zal toenemen door reductie van de winning.

Voorstel is om aan de westzijde van de slenk langs de beek vier meettraaien in te richten, die duidelijk van elkaar verschillen in opbouw van de geologische ondergrond en berekende verhoging van het grondwater door reductie van de winning.

MEETPUNTEN AAN DE OOSTZIJDE VAN DE SLENK

Aan de oostzijde van de slenk wordt ook een meetbare stijging van 20 cm van het grondwater berekend. In dit gebied infiltreert de beek naar het grondwater. Er is geen toename van de infiltratie te verwachten, omdat de grondwaterstand te diep onder de bodem van de beek ligt. Door monitoring kan deze veronderstelling worden bevestigd. Aan de oostzijde gaat de slenk geleidelijk over in de stuwwal. Hoewel Regis hier een harde overgang toont doet recent geologisch onderzoek vermoeden dat eerder sprake is van een min of meer geleidelijke overgang van de slenk naar de stuwwal (Harting, 2020). Kenmerkend voor de stuwwal is het voorkomen van gestuwde kleischollen die

als een barrière werken voor grondwaterstroming. Waar deze kleischollen aan de oppervlakte komen ontstaan bronnen, die gevoed worden met lokaal grondwater. De Holtsüze en de bronweide bij de molen van Bels zijn voorbeelden van zulke situaties. Een bestaand grondwatermeetpunt van het verdrogingsmeetnet in de bronweide bij Bels (B28F1581) laat zien dat de bodem over de eerste vijf meter onder maaiveld bestaat uit ondoorlatende klei. De grondwaterstand ligt vrijwel altijd dicht onder maaiveld, behalve in droge perioden als de klei snel uitdroogt door verdamping. Op deze locatie is geen enkele relatie tussen de beek en het grondwater in de bronweide te verwachten.

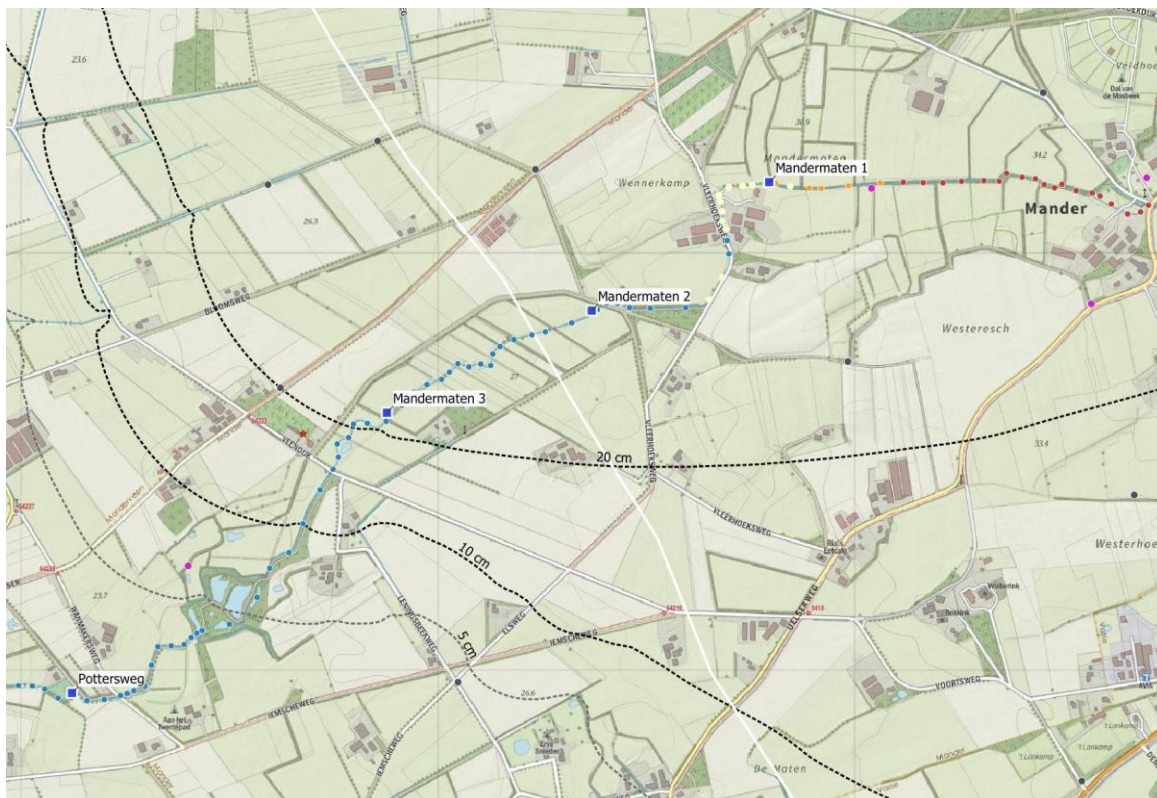
Op basis van landschappelijke kenmerken lijkt de overgang tussen de stuwwal en de slenk te liggen in het gebied iets stroomafwaarts van de molen van Bels, ergens aan de Bergweg. Monitoring zal moeten uitwijzen of verandering door de winning optreedt ten oosten van het meetpunt Bergweg 2 in figuur 3. Dit zou gemeten moeten worden in de nieuw in te richten meetraai Bergweg 1 en in de bestaande peilbuizen B28F0134 en B28F0141 uit het meetnet van Vitens.

Het is zinvol om ongeveer twee jaar na inrichting van het meetnet van raaien een tussenevaluatie uit te voeren. Daarmee kan worden vastgesteld op welke meetlocaties er na reductie van de winning sprake kan zijn van interactie tussen de beek en het grondwater. Met dat inzicht kan het meetnet eventueel worden aangepast, zodat niet alle punten langdurig hoeven te worden gemeten, maar bij de eindevaluatie ook geen informatie ontbreekt die inzicht geeft in de nulsituatie voor reductie van de winning.

Tabel 1 geeft een beschrijving van de landschappelijke ligging van de voorgestelde meetpunten en de verwachting van de effecten die gemeten gaan worden bij reductie van de winning op basis van de huidige inzichten.

Tabel 1. Voorstel voor meetraaien met een onderbouwing (zie ook de kaartjes)

Meetpunt	Landschappelijke ligging	Verwachting
Molen van Bels	Direct benedenstrooms van de Molen van Bels, op de stuwwal en buiten het gebied met een berekende verandering van het grondwater.	Drainage van grondwater, geen verandering van de grondwaterstand, geen verandering van de watervoerendheid.
Bergweg 1	Overgang van de stuwwal naar de slenk van Reutum (paarse lijn op de kaart) in een gebied met meetbare verandering van het grondwater. Vrije infiltratie vanuit de beek naar grondwater op meer dan 2 meter onder de beek.	Geen interactie tussen beek en grondwater (vrije infiltratie) en daardoor geen verandering van de watervoerendheid van de beek, ook niet na stijging van het grondwater.
Bergweg 2	Meetpunt in de slenk van Reutum in een gebied met grondwaterstanden dieper dan twee meter onder de beek en een aanzienlijke stijging van het grondwater. Door de diepe grondwaterstanden infiltrteert de beek naar het grondwater.	De stijging van het grondwater van meer dan 20 cm heeft geen invloed op de infiltratie, er is geen verandering in de watervoerendheid te verwachten.
Mandermaten 1	Overgang van het infiltrerende deel van de beek naar het drainerende deel aan de westzijde van de slenk. Meetbare verandering van het grondwater van meer dan 20 cm.	De infiltratie van de beek wordt mogelijk minder door afname van de infiltratie wat kan leiden tot een langere periode met watervgoerendheid in de zomer.
Mandermaten 2	Drainerend traject van de Mosbeek aan de westzijde van de slenk van Reutum. Naar verwachting is hier de kweldruk vanuit de slenk het grootst. Berekende stijging van het grondwater van 20 cm.	De berekende stijging van het grondwater van meer dan 20 cm kan leidt tot een toename van afvoer van grondwater naar de beek en een langere periode van watervoerendheid.
Mandermaten 3	Locatie ten westen van slenk van Reutum in een gebied met een dun watervoerend pakket en een grote verandering van de grondwaterstand. Naar verwachting is het effect van een toename van de winning op de watervoerendheid op dit punt maximaal.	Stijging van het grondwater met ongeveer 20cm in een gebied met sterke drainage van het grondwater door de Mosbeek, een dun watervoerendpakket en een relatief groot bovenstrooms beektraject met een toename van de watervoerendheid. Meetbaar effect op de duur van de watervoerendheid is mogelijk het gevolg.
Pöttersweg	Locatie buiten het invloedsgebied van de winning en ver ten westen van de slenk. Veranderingen op deze locatie worden veroorzaakt door neerslagvariates en toegenomen afvoer van bovenstrooms. Dit punt is belangrijk als referentie voor autonome veranderingen (met name variates in het weer tussen verschillende jaren tijdens de monitoringsperiode).	Geen verandering van grondwatersstanden door de winning. Mogelijk toename van de watervoerendheid door toegenomen afvoer bovenstrooms.



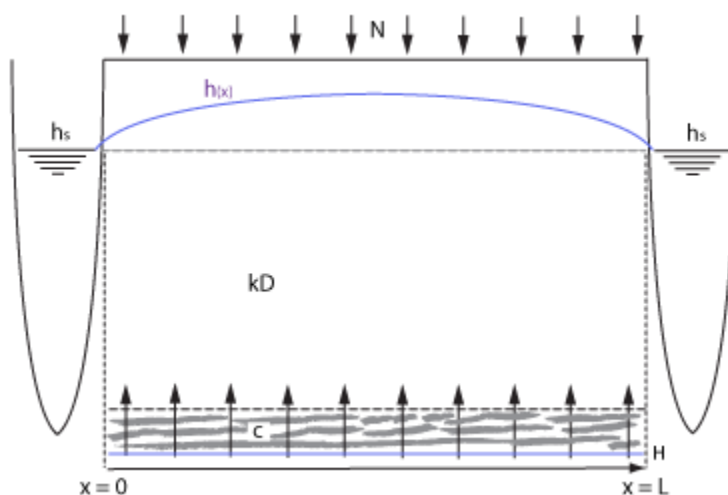
Figuur 17. Voorstel peilbuislocaties in het gebied Mander (westzijde slenk van Reutum)



Figuur 18. Voorstel peilbuislocaties Bergweg (oostzijde slenk van Reutum)

4.3 Invloedsafstand van de beek

Iedere meetraai bestaat uit een peilregistratie van het beekpeil (P_0) en drie grondwatermeetpunten (P_1 , P_2 , P_3). Op welke afstand van de beek moeten de peilbuizen worden geplaatst? Dat hangt af van de bodemopbouw ter plaatse. In een situatie met drainage door de beek bolt het grondwater steeds verder op met toenemende afstand tot de beek. Het verloop van de opbolling is op voorhand niet bekend. Om een globale inschatting te maken van de gewenste afstand van de peilbuizen tot de beek is de opbolling van het grondwater indicatief berekend met de formule van Wesseling (Van Drecht, 1997).



Figuur 19. Schematisatie van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater volgens Wesseling. Het rekenschema toont twee beken die gescheiden worden door een strook grond.

De formule van Wesseling berekent het verloop van de grondwaterstand tussen twee evenwijdige waterlopen in een situatie met neerslag en een grondwaterstroming over een scheidende laag onder het niveau van de bodem van de waterlopen. Onder de scheidende laag ligt een goed doorlatend watervoerend pakket met een stijghoogte H die niet wordt beïnvloed door de stroming over de scheidende laag.

OPBOLLING VAN HET GRONDWATER LANGS DE MOSBEEK

De formule van Wesseling is toepasbaar op de Mosbeek door aan te nemen dat de watervoerende laag gevormd wordt door de fijne zanden van de Formatie van Boxtel die in het gebied van de Mosbeek ongeveer 3 tot 6 meter dik zijn. Daaronder ligt een dik watervoerend pakket bestaande uit grove zanden uit de formaties van Drenthe, Appelscha, Peize en Oosterhout. De verticale weerstand van de formatie van Boxtel wordt toegerekend aan de scheidende laag onder de beken. De slootafstand L is de afstand tussen de Mosbeek en de eerste waterloop van vergelijkbare orde grootte. Op basis van de TOP10 waterlopen wordt L geschat op ongeveer 400 meter.

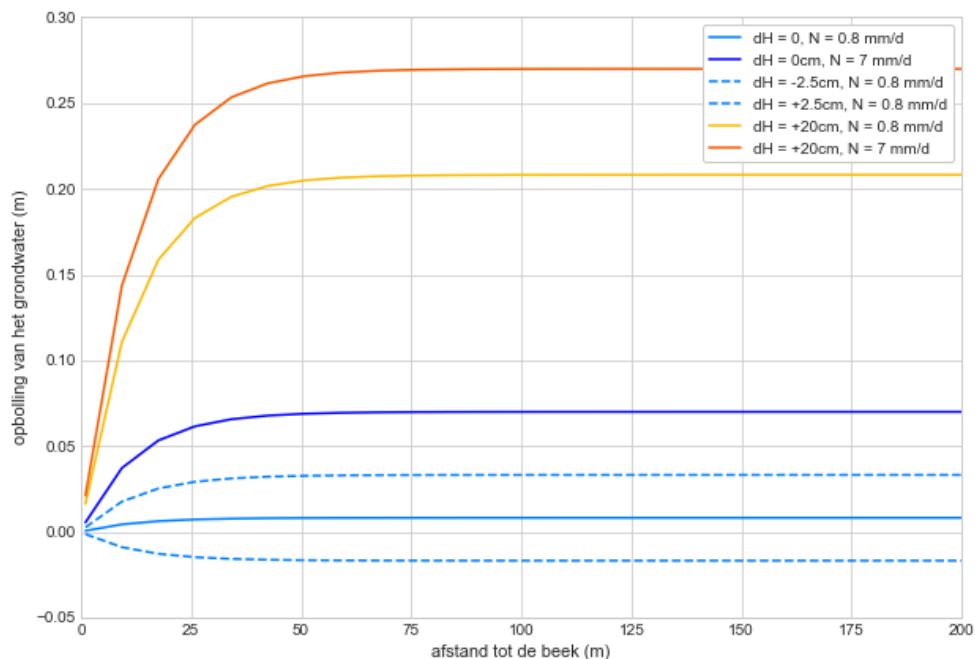
Onderbouwing van deze schematisatie is te vinden in de bijlagen 1 en 2.

Er wordt gerekend met een stationaire situatie voor een neerslagoverschot van 300

mm/jaar (0,8 mm/d), wat globaal overeen komt met een wintersituatie, en een neerslagoverschot van 7 mm/dag, het klassieke ontwerpcriterium voor de gewenste afvoercapaciteit van ontwateringsstelsels, wat overeenkomt met een natte wintersituatie.

Figuur 7 toont de berekende opbolling in een aantal situaties bij deze uitgangspunten. Bij een gemiddeld neerslagoverschot van 0,8 mm/dag is er vrijwel geen opbolling van het grondwater langs de beek. Ook als er kleine verticale stijghoogteverschillen zouden zijn (er is gerekend met een marge van 5 cm, gestippelde blauwe lijnen) is er nog steeds geen meetbare opbolling. Pas bij zeer natte situaties (7 mm/dag) ontstaat een meetbare opbolling van het grondwater langs de beek van ongeveer 7 cm op 50 meter afstand. De verwachting is dus dat metingen in de raaien alleen in de winter een duidelijke opbolling zullen laten zien van het grondwater langs de beek.

De modelberekeningen voorspellen een stijging van 20 cm van de regionale grondwaterstand. Deze vertaalt zich vrijwel volledig door in een opbolling langs de beek. Ook in die situatie wordt de maximale opbolling al bijna bereikt op een afstand van 50 m van de beek. De stijghoogteverandering is berekend met een stationair model, dat geen onderscheid maakt tussen zomer en winter. Het is dus onduidelijk of in de zomer significante effecten op de grondwaterstand gemeten gaan worden.



Figuur 20. Opbolling van het grondwater langs de Mosbeek in de winter berekend ten opzichte van het waterpeil in de beek

Op basis van deze indicatieve berekening is het advies om peilbuis P1 direct naast de insteek van de beek te zetten, op ongeveer een meter afstand. Peilbuis P2 zou op ongeveer 25 meter van de beek moeten staan en peilbuis P3 op ongeveer 50 tot 75 m. De afstand van P3 tot de beek mag niet te groot zijn, omdat in de praktijk op grotere afstand van de beek weer kleinere ontwateringsmiddelen aanwezig zullen zijn waar het rekenschema geen rekening mee houdt.

De verwachting is dat in de nulsituatie in P2 en P3 alleen onder natte omstandigheden opbolling ten opzichte van het beekpeil P0 gemeten zal worden. Na reductie van de winning zal in P1 en P3 een stijging van de gemiddelde grondwaterstand worden gemeten die naar verwachting voor beide peilbuizen in dezelfde orde van grootte ligt. Het meetpunt P1 geeft informatie over de weerstand van de beekbodem, die naar verwachting zeer klein zal zijn, tenzij de beekbodem is beleemd.

VERANDERING VAN DE BEEKAFVOER IN DE WINTER

Door de stijging van het grondwater na reductie van de winning zal de beekafvoer naar verwachting toenemen. De orde grootte van deze verandering is indicatief berekend met de formule van Wesseling.

De berekening geeft aan dat in de huidige situatie in de winter het grootste deel van de neerslag infiltreert naar het diepe grondwater en dat neerslag zeer beperkt via de bovengrond wordt afgevoerd door de beek. Door de stijging van het grondwater met 20 cm slaat de wegzijging om in kwel en neemt de afvoer van de beek aanzienlijk toe. Tijdens zeer natte wintersituaties treedt ook na de reductie nog wegzijging op naar het diepe grondwater, maar de beekafvoer zal wel toenemen. De afvoeren in tabel 3 zijn uitgedrukt in l/s per kilometer beektraject. De lengte van het drainerende beektraject met een stijging van de grondwaterstand is ongeveer 1500 meter, gerekend vanaf de 5 cm-lijn. Het traject met een meetbare stijging van minimaal 20 cm is iets korter en bedraagt ongeveer een kilometer.

Tabel 2. Berekende slootafvoer en kwelflux van het regionale grondwater. Het volume is uitgedrukt in l/s per kilometer beektraject bij een slootafstand L van 400 m.

	nulsituatie winter	na reductie winter	nulsituatie afvoernorm	na reductie afvoernorm
	(l/s/km)	(l/s/km)	(l/s/km)	(l/s/km)
neerslag	3,7	3,7	32,4	32,4
kwelflux	-3,6	2,1	-30,4	-24,8
beekafvoer	0,23	5,9	2,0	7,6

Conclusies en aanbevelingen

MONITORING VAN GRONDWATERSTANDEN

De verhoging van grondwaterstanden door reductie van de winning Manderveen van 3 naar 2 miljoen m³/jaar kan worden gemonitord met het bestaande grondwater-meetnet van Vitens. Voorzetten van het huidige meetnet is voldoende om ruimtelijke effecten op het grondwater in de slenk en op de stuwwal te volgen. Het is aan te bevelen om duidelijke afspraken te maken over de beschikbaarheid van deze gegevens via dinoloket, want sinds 2013 levert Vitens geen metingen meer aan bij Dinoloket. Hierdoor hebben externen geen inzicht in de metingen die worden verricht. Daarnaast is het zinvol om afspraken te maken over een procedure voor borging van de datakwaliteit, om trendmatige veranderingen in de reeksen als gevolg van de werkwijze bij het meten zoveel mogelijk te voorkomen. Een vastgelegde werkwijze maakt over en weer duidelijk welke datakwaliteit verwacht mag worden.

MONITORING VAN GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUUR

De grondwaterstanden en ontwikkeling van grondwaterafhankelijke vegetaties op de stuwwal wordt gevolgd met het verdrogingsmeetnet van de provincie. Er is geen aanleiding om hier meetpunten aan te voegen, aangezien geen effecten op de stuwwal worden verwacht.

MONITORING VAN BEKEN

De invloed van de winning op de afvoer van beken kan waarschijnlijk niet worden bepaald door afvoeren van de beken te meten. De variatie van de afvoeren tussen droge en natte perioden is daarvoor te groot. Bovendien is het moeilijk om een structurele verandering van lage afvoeren voldoende nauwkeurig te meten. Daarom wordt ervoor gekozen om metingen te verrichten van waterstanden in de beek en grondwaterstanden dichtbij de beek. Veranderingen in de grondwaterstand zijn waarschijnlijk wel eenduidig met statistische bepaalde zekerheid aan te tonen. Omdat de veranderingen zijn berekend met een stationair model dat geen onderscheid maakt tussen zomer en winter is niet duidelijk of grondwaterstanden in de zomer significant gaan veranderen.

De monitoring van watervoerendheid wordt beperkt tot de Mosbeek omdat alleen deze beek in het gebied ligt met een berekende verhoging van de grondwaterstand van minimaal 10 cm. Het meest kansrijke beektraject ligt in het gebied Mandermaten, omdat de beek daar het grondwater over een lengte van 1 kilometer draineert. Interactie tussen de beek en het grondwater is daar naar verwachting goed aantoonbaar.

Langs de overige beken in de slenk (de Onderbeek/Hazelbeek en de Roezebeek) worden geen aanvullende meetpunten ingericht omdat geen meetbare effecten zijn te verwachten. De verwachting dat geen verandering van de grondwaterstand in dit gebied is opgetreden kan achteraf wel worden bevestigd door de monitoring, omdat met het bestaande grondwatermeetnet van Vitens in de slenk een ruimtelijk beeld ontstaat van het effect van de reductie van de winning op het grondwatersysteem. Samen met de inzichten uit de monitoring langs de Mosbeek geeft dat naar verwachting een goede basis om bij evaluatie van de monitoring in algemene zin uitspraken te doen over het effect van de reductie op de overige beken.

AANBEVELINGEN

Het is waardevol om met de meetreeksen van grondwaterstanden die nu beschikbaar zijn een tijdreeksanalyse uit te voeren en twee hoofdvragen te beantwoorden:

- In welke peilbuizen uit het bestaande grondwatermeetnet is een duidelijke relatie te vinden met de onttrekking Manderveen? Zijn er andere invloedfactoren die een grote invloed hebben op de gemeten grondwaterstanden in de peilbuizen en die dus geregistreerd moeten worden voor een eenduidige eindevaluatie?
- Wat is de beste manier om de reductie van de winning in te zetten om effecten te monitoren? Met welk onttrekkingsregime tussen 2 en 3 miljoen m³ ontstaat de meest bruikbare informatie voor een analyse van effecten van de winning Manderveen op het grondwater? Hoe lang moet er gemeten worden na de reductie om betrouwbare conclusies te trekken over het effect van de winning op het grondwater?

Het aantal voorgestelde meetpunten in raaien langs de Mosbeek is vrij uitgebreid, omdat op dit moment nog weinig is gemeten aan interactie van de beek met het grondwater. Naar verwachting kan na een meetperiode van twee jaar beter bepaald worden welke filters langdurig gemeten moeten worden. Vooral aan de oostzijde, in het gebied waar de beek infiltreert, zal de monitoring naar verwachting beperkt kunnen worden op basis van een tussenevaluatie.

Referenties

Baggelaar, P.K., A.C. de Niet, N Jaarsma & R. van Ek (2018). Evaluatie reallocatie Mander. Eindevaluatie 2017. Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs, Deventer.

Harting, R. & M.A.J. Bakker (2020). De ondergrond van de Manderheide. Geologie van Galgenberg en Holtsüze (concept). TNO, Utrecht.

Meijer, S.E. (2008). Meetprotocol Mander. Uitwerking van het Maatregelen- en Monitoringplan. Vitens, Zwolle.

Stroet, R. (2016). De overgangszone tussen de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum. RHDHV, Amersfoort.

Van Drecht, G (1997). Modellen voor diffuse ontwatering in de toplaag. Stromingen jrg 3 nr 2.

Bijlage 1. Bodemopbouw meetlocaties langs de Mosbeek

Onderstaande beschrijvingen van de geologische opbouw van de ondergrond van de meetlocaties zijn afkomstig uit Regis II v2.2. Dit is een regionaal geologisch model. De werkelijke geologische opbouw kan dus afwijken van de beschrijving hieronder.

Molen van Bels (stuwwal)

0 – 40 m : Gestuwde afzettingen

40 – 52 : Grof zand (Formatie van Appelscha), $K_h = 50 - 100$ m/d

Bergweg 1 (stuwwal)

0 – 32 m : Gestuwde afzettingen

40 – 49 m : Grof zand (Formatie van Appelscha), $K_h = 50 - 100$ m/d

49 – 98 m: Fijn zand (Formatie van Oosterhout), $K_h = 5 - 10$ m/d

Bergweg 2 (slenk, oostzijde)

0 -3 m : Fijn zand (formatie van Bortel), $K_h = 5 - 10$ m/d

3 – 23 m : Grof zand (Formatie van Drenthe), $K_h = 10 - 25$ m/dag

23 – 52 m : Grof Zand (Formatie van Appelscha), $K_h = 50 - 100$ m/d

52 – 94 m : Fijn zand (Formatie van Oosterhout), $K_h = 5 - 10$ m/d

Mandermaten 1 (slenk, westzijde)

0 – 5 m : Fijn zand (formatie van Bortel), $K_h = 5 - 10$ m/d

5 – 6 m : Grof zand (Formatie van Drenthe), $K_h = 10 - 25$ m/d

5 – 11 m: Zandige klei (Formatie van Drenthe, Laagpakket van Gieten), $K_v = 0.001 - 0.005$ m/d

9 – 25 m: Grof zand (Formatie van Drenthe), $K_h = 10 - 25$ m/d

25 - 50 m: Grof Zand (Formatie van Appelscha), $K_h = 50 - 100$ m/d

47 – 63 : Grof zand (Formatie van Peize), $K_h = 25 - 50$ m/d

63 – 89 m: Fijn zand (Formatie van Oosterhout), $K_h = 5 - 10$ m/d

Mandermaten 2 (slenk, westzijde)

0 – 6 m : Fijn zand (formatie van Bortel), $K_h = 5 - 10$ m/d

6 – 7 m : Grof zand (Formatie van Drenthe), $K_h = 10 - 25$ m/d

7 – 9 m: Zandige klei (Formatie van Drenthe, Laagpakket van Gieten), $K_v = 0.001 - 0.005$ m/d

9 – 25 m: Grof zand (Formatie van Drenthe), $K_h = 10 - 25$ m/d

25 - 47 m: Grof Zand (Formatie van Appelscha), $K_h = 50 - 100$ m/d

47 – 62 : Grof zand (Formatie van Peize), $K_h = 25 - 50$ m/d

62 – 84 m: Fijn zand (Formatie van Oosterhout), $K_h = 5 - 10$ m/d

Mandermaten 3 en Pöttersweg (gebied ten westen van de slenk)

0 – 5 m : Fijn zand (formatie van Bortel), $K_h = 5 - 10$ m/d

5 – 25 m : Grof zand (Formatie van Drenthe), $K_h = 10 - 25$ m/dag

Bijlage 2. Hydrologische schematisatie van de meetlocaties

De opbouw van de meetlocaties in de slenk en het gebied ten westen daarvan kan op basis van de geologische opbouw worden geschematiseerd tot twee watervoerende lagen. De eerste laag is 3 tot 6 meter dik en wordt gevormd door fijn zand uit de Formatie van Boxtel. Voor berekeningen wordt de horizontale doorlatendheid K_h geschat op 3 m/d en de verticale doorlatendheid op 0,5 m/d.

De tweede laag wordt gevormd door grove zanden uit de formatie van Drenthe (smeltwaterzanden uit de voorlaatste ijstijd) en de formaties van Appelscha, Peize en Oosterhout (pleistocene rivierafzettingen). Plaatselijk zal in de Formatie van Drentje keileem voorkomen (Laagpakket van Gieten). Voor de K_h van laag 2 wordt gerekend met 25 m/dag en voor de K_v met 5 m/dag.

Omdat de Mosbeek ongeveer twee meter diep is zal deze altijd in de eerste watervoerende laag liggen.

Grootheid	Eenheid	Bergweg 2	Mandermaten 1	Mandermaten 2	Mandermaten 3	Pottersweg
D1	m	3	5	6	5	5
D2	m	91	84	78	20	20
Kh1	m/d	3	3	3	3	3
Kh2	m/d	25	25	25	25	25
Kv1	m/d	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Kv2	m/d	5	5	5	5	5
KD1	m ² /d	9	15	18	15	15
KD2	m ² /d	2275	2100	1950	500	500
c	d	6	10	12	10	10
Afvoersituatie	-	Infiltratie	Infiltratie	Drainage	Drainage	Drainage
Diepte beek	m	2	2	2	2	2
Waterdiepte	m	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Bodembreedte	m	2	2	2	2	2
L	m	2000	400	800	600	450