



Evaluatie reallocatie Mander

Eindevaluatie 2017

Vitens

1 maart 2018

Project Evaluatie reallocatie Mander
Document Eindevaluatie 2017
Status Definitief
Datum 1 maart 2018
Referentie 103691/18-003.181

Opdrachtgever Vitens
Projectcode 103691
Projectleider drs. A.C. van Vugt
Projectdirecteur ir. H.J. Mondeel

Auteur(s) drs. P.K. Baggelaar, dr. ir. A.C. de Niet, ir. N Jaarsma, drs. R. van Ek
Gecontroleerd door drs. A.C. van Vugt
Goedgekeurd door drs. A.C. van Vugt

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Hoogoorddreef 15
Postbus 12205
1100 AE Amsterdam
+31 (0)20 312 55 55
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Onderzoeksvragen	2
1.4	Globale systeemindeling van het gebied	3
1.5	Leeswijzer	4
2	DATAVALIDATIE	7
2.1	Gebruikte gegevens	7
2.2	Verzamelen hydrologische meetreeksen	8
2.3	Controleren meetreeksen	9
2.4	Vorbewerken grondwaterstandreeksen voor tijdreeksanalyse	16
3	RECONSTRUCTIE INVLOED REALLOCATIE OP GRONDWATERSTANDEN MET TIJDREEKSANALYSE	17
3.1	Hoofdlijnen van de aanpak	17
3.2	Invloedsfactoren van de grondwaterstand in het onderzoeksgebied	18
3.3	Details van de onderzoeks aanpak	24
3.4	Resultaten van de tijdreeksmodellering	24
3.5	Bij tijdreeksmodelleren geschatte relatie grondwaterstand met reallocatie	27
3.6	Hydrologische interpretatie en synthese	28
3.7	Conclusies per deelgebied	29
4	VERANDERING OPPERVLAKTEWATERKWANTITEIT	31
4.1	Inleiding	31
4.2	Meetpunten	31
4.3	Geleverde dataset	33
4.4	Bepaling basisafvoer door log-transformatie	33
4.5	Afgeleide basisafvoer uit metingen	35
4.5.1	Mosbeek	35

4.5.2	Hazelbeek	38
4.5.3	Itterbeek	40
4.5.4	Broekbeek	40
4.6	Verandering basisafvoer door verandering kwel of wegzijging	41
4.6.1	Mosbeek	42
4.6.2	Hazelbeek	44
4.7	Interactie beekpeil Mosbeek en grondwaterstanden	45
4.8	Conclusie ten aanzien van oppervlaktewaterkwantiteit	47
5	ONTWIKKELING TERRESTRISCHE VEGETATIE	48
5.1	Inleiding	48
5.2	Werkwijze	49
5.3	Resultaten	51
5.3.1	Mandermaten	51
5.3.2	Holtsüze	53
5.3.3	Schraallanden van Bels	56
5.3.4	Brongebied van de Mosbeek	58
5.3.5	Braamberg	61
5.3.6	Hazelbekke	62
5.4	Conclusies terrestrische vegetatie	64
6	VERANDERINGEN MACROFAUNA	66
6.1	Inleiding	66
6.2	Werkwijze	66
6.3	Stap 1. Analyse van de variatie in soortensamenstelling in de dataset	68
6.3.1	Voorbewerken gegevens	68
6.3.2	Variatie binnen de gehele dataset	68
6.3.3	Variatie per meetlocatie	71
6.3.4	Resultaten en conclusies stap 1	77
6.4	Stap 2. Milieu-indicaties	77
6.4.1	Resultaten en conclusies stap 2	81
6.5	Discussie en conclusie macrofauna	81
7	VERANDERING OPPERVLAKTEWATERKWALITEIT	83
7.1	Inleiding	83
7.2	Werkwijze	83
7.3	Resultaten	85
7.4	Conclusie	90
8	LANDBOUW	92

8.1	Veranderingen hydrologische omstandigheden landbouw	92
9	GRONDWATERKWALITEIT	93
9.1	Inleiding	93
9.2	Kwaliteit opgepompt water (pompputten)	93
9.3	Kwaliteit aanstromend water (waarnemingsputten)	94
9.4	Veranderingen in waterkwaliteit	96
9.5	Conclusie grondwaterkwaliteit	96
10	SAMENVATTENDE CONCLUSIES	97
10.1	Werkwijze	97
10.2	Hoofdvraag	97
10.3	Onttrekkingregime	98
10.4	Grondwaterkwantiteit	98
10.5	Oppervlaktewaterkwantiteit	99
10.6	Overige thema's (afgeleide effecten)	100
11	AANBEVELINGEN VOOR MONITORING VAN DE REDUCTIE VAN MANDERVEEN	102
12	REFERENTIELIJST	104
	Laatste pagina	105
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Kaart meetnet Mander	2
II	Metadata verzamelde grondwaterstandreeksen	6
III	Technische toelichting tijdreeksmodellering	4
IV	Afgeleide statistische relatie met reallocatie per peilfilter	4
V	Kaarten geschatte relaties met reallocatie Mander	3
VI	Kenmerken relatie grondwaterstand en neerslagoverzicht	4
VII	Berekend effect in MER	2
VIII	Milieu indicatie PQ's voor vochttoestand, voedselrijkdom en zuurgraad	9
IX	Voorbewerking en analyse macrofaunadata	3
X	Clustering macrofauna abundanties	1

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

Op 26 februari 2008 heeft de provincie Overijssel aan Vitens vergunning verleend voor het onttrekken van grondwater uit de Slenk van Reutum ten behoeve van de drinkwatervoorziening te Manderveen, gemeente Tubbergen. In de vergunning is opgenomen dat winlocatie Manderheide wordt gesloten en de wincapaciteit wordt verplaatst naar Manderveen. Aan deze vergunning is onder andere het voorschrift verbonden dat de uitgangssituatie anno 2007 dient te worden vastgelegd en dat in 2012 en 2017 een rapport dient te worden opgesteld over de gevolgen van de sluiting van Manderheide en de verplaatsing naar Manderveen voor de 'nadere bij het grondwaterbeheer betrokken belangen' (zie kader). Om deze gevolgen in beeld te kunnen brengen, is in het document 'Maatregelen- en Monitoringsplan' (14 december 2006) een monitoringsprogramma opgesteld met een nadere uitwerking in het 'Meetprotocol Mander' (10 juni 2008). De uitgangssituatie is vastgelegd in de notitie 'Monitoring Mander, uitgangssituatie 2007', d.d. 5 juni 2008. In 2012/2013 heeft een tussenevaluatie plaatsgevonden, waarin de tussentijdse effecten op de hydrologie en de afgeleide effecten uitvoerig zijn onderzocht en beschreven. Nu 5 jaar later is het tijd voor de eindevaluatie. Vitens (de vergunninghouder) heeft Witteveen+Bos gevraagd voor het uitvoeren van de eindevaluatie. Er is een projectgroep ingesteld voor afstemming over de onderzoeksopzet, het delen van kennis en informatie en het bespreken van de resultaten. De inhoudelijke bespreking van het onderzoek heeft plaatsgevonden in een werkgroep met stakeholders.

In afbeelding 1.1 zijn de belangrijkste kenmerken van de ondergrond van het gebied opgenomen (namelijk de stuwwal en de slenk), afbeelding 1.3 bevat een geohydrologische schematisatie van de ondergrond nabij de winningen.

Voorschrift 6 Uitgangssituatie en evaluatie. Uit de Grondwaterwet Beschikking 2008/0024998, d.d. 26 februari 2008

- a. De vergunninghouder dient de uitgangssituatie anno 2007 vast te leggen conform het in bijlage 2 'Maatregelen- en monitoringplan Mander' bijgevoegde evaluatie en monitoringsprogramma. De vergunninghouder dient in 2012 en 2017 een rapport op te stellen over de gevolgen van de wijziging van de winning voor de nadere bij het grondwaterbeheer betrokken belangen. Dit rapport dient te worden opgesteld in overleg met Gedeputeerde Staten van Overijssel, het Waterschap Regge en Dinkel en de werkgroep Water van LTO uit Mander;
 - b. Voor 1 juli 2013 en 1 juli 2018 dient het rapport met de evaluatie te worden gezonden aan Gedeputeerde Staten van Overijssel, Postbus 10078, 8000 GB Zwolle.
-

1.2 Doel

In de vergunningvoorschriften van de grondwatervergunning is opgenomen dat voor 1 juli 2018 aan de provincie Overijssel een rapport dient te worden aangeboden 'waarin de gevolgen van de wijziging van de winning voor de nadere bij het grondwaterbeheer betrokken belangen' worden geëvalueerd. Deze gevolgen worden in voorliggend rapport geanalyseerd. Bij de analyse staan de effecten van de verplaatsing van de winning van Manderheide naar Manderveen centraal. Ten behoeve van de onderbouwing van het MER zijn

diverse berekeningen uitgevoerd met een grondwatermodel om het effect van de reallocatie te bepalen. Dit berekend effect wordt in dit onderzoek vergeleken met het effect op basis van een analyse van de monitoringsgegevens.

Bij deze aanpak wordt zoveel als mogelijk aangesloten bij de aanpak van de tussenevaluatie uit 2012/2013. Op verzoek van de projectgroep is de analyse van de afgeleide effecten beperkter opgezet. Dit houdt in dat enkel de veranderingen van de afgeleide effecten worden gepresenteerd. De rapportage wordt op dit onderdeel meer beknopt en bondiger.

1.3 Onderzoeksvragen

Aan de hand van het Maatregelen- en Monitoringsprogramma worden de volgende te beantwoorden onderzoeksvragen opgenomen voor de eindevaluatie 2017.

Hoofdvraag

- wat zijn de effecten van de wijziging van de winning Mander (verplaatsing van de wincapaciteit van Manderheide naar Manderveen) voor de nadere bij het grondwaterbeheer betrokken belangen en zijn deze in lijn met de resultaten van het MER op basis waarvan de vergunning is verleend?

Onttrekkingsregime

- wat was het verloop van het onttrekkingsregime van Manderheide en Manderveen gedurende de monitoringsperiode en hoe verhoudt zich dit tot de periode ervoor?
- hoe verhoudt het onttrekkingsregime zich tot de uitgangspunten in het MER? Is de eindsituatie voor wat betreft het onttrekkingsregime reeds bereikt? Ofwel, is de inzet van de winvelden gegaan zoals in het MER verondersteld?

Grondwaterkwantiteit

- wat is het invloedsgebied waarbinnen de wijziging van het onttrekkingsregime merkbaar is?
- wat is het verloop in de tijd van de stijghoogtes, grondwaterstanden en potentiaalverschillen in het beïnvloedingsgebied?
- wat is de relatieve bijdrage van de wijziging van de winning geweest indien wordt gecorrigeerd voor variaties in neerslag, verdamping en andere winningen?
- hoe verhouden deze effecten zich tot de berekende effecten in het MER?

Oppervlaktewaterkwantiteit

- wat is het verloop van de basisafvoer van de beken door de tijd?
- is er sprake van een relatie tussen de veranderingen in het grondwatersysteem door de reallocatie en de basisafvoer van de beken?

Overige thema's (afgeleide effecten)

Daarnaast worden de volgende afgeleide effecten onderscheiden:

- grondwaterkwaliteit;
- oppervlaktewaterkwaliteit;
- macrofauna;
- terrestrische vegetatie;
- landbouw.

Voor de afgeleide effecten wordt de volgende onderzoeksvraag onderzocht: wat is het verloop in de tijd van deze afgeleide effecten in het beïnvloedingsgebied?

1.4 Globale systeemindeling van het gebied

In afbeelding 1.1, 1.2 en 1.3 zijn de belangrijkste kenmerken van het gebied weergegeven. Het gebied kan aan de hand van de ondergrond en de geohydrologie worden opgedeeld in 5 zones (zie afbeelding 1.1). Zone 1 betreft het gebied ten westen van de slenk van Reutum. Dit gebied ontvangt kwel vanuit de slenk, heeft een relatief dun watervoerend pakket en is daarom relatief nat. Het gebied is vrij sterk ontwaterd om landbouw mogelijk te maken. De oostelijke strook van dit gebied ligt voor een deel in de slenk maar is eveneens relatief nat door de sterke kwel die ontstaat door het abrupt dunner worden van het watervoerend pakket (zie afbeelding 1.3). In deze strook ontvangen de beken weer voeding vanuit het grondwater.

Zone 2 betreft het drogere oostelijke deel van de slenk van Reutum. Bovenin de slenk komen keileemlagen voor die worden bedekt door een dun watervoerend pakket. Het grondwater ligt relatief diep onder maaiveld, waardoor beken in dit gebied in principe infiltreren. De uitwisseling met het grondwater wordt deels beperkt door leemlagen in de ondergrond en slecht doorlatende bodems.

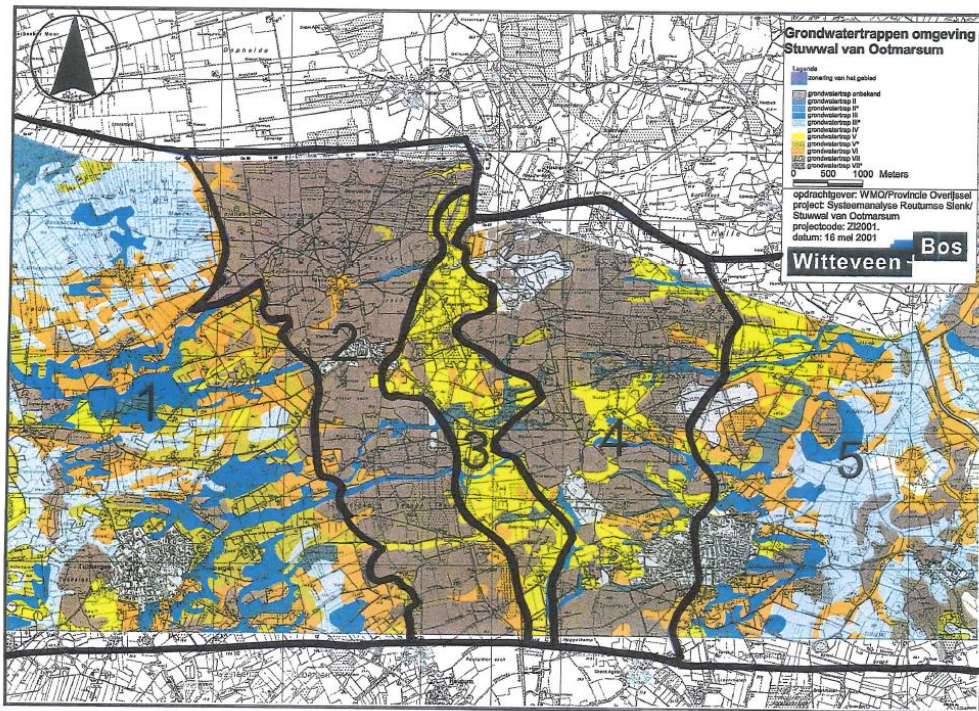
Zone 3 is de westflank van de stuwwal. Het gebied wordt gekenmerkt door het voorkomen van slecht doorlatende tertiaire kleien en keileemlagen. Door deze lagen zijn er in dit gebied diverse bronnen aanwezig en ontspringen in dit gebied diverse beken. Lokaal zijn er zandige delen en venige beekdalgronden aanwezig. Het gebied kenmerkt zich door diverse kleine lokale hydrologische systemen (boven de keileem en tertiaire kleien) en grotere diepe watervoerende pakketten waarin meer regionale grondwaterstroming plaatsvindt.

Zone 4 is het centrale deel van de stuwwal. Het hoogste deel van de stuwwal ligt rond NAP +75 m. De opbouw van de stuwwal is sterk heterogeen vanwege het voorkomen van scheefgestelde kleilagen. De stuwwal vormt de waterscheiding tussen het in dit rapport beschouwde gebied ten westen van de stuwwal (stroomgebied, Mosbeek, Hazelbekke) en het stroomgebied van de Regge en de Dinkel ten oosten van de stuwwal (zone 5).

In dit rapport wordt volstaan met deze indeling in diverse systeemzones, omdat deze van belang is bij de interpretatie van de monitoringsresultaten. Het voert in dit rapport te ver om een volledige systeemanalyse uit te voeren. Voor een volledige systeemanalyse wordt verwezen naar de volgende recent verschenen rapporten:

- Provincie Overijssel (2015). Systeembeschrijving van de stuwwal van Ootmarsum. Verslag van de deskundigenbijeenkomst op 17 december 2014;
- Tauw (2017). PlanMER voor het bepalen van voorkeurslocatie(s) voor Drinkwaterwinning Twente-Achterhoek;
- RHDHV (2016). De overgangszone tussen de Stuwwal van Ootmarsum en de Slenk van Reutum;
- Bell Hullenaar (2017). Ecohydrologische systeemanalyse brongebied van de Mosbeek.

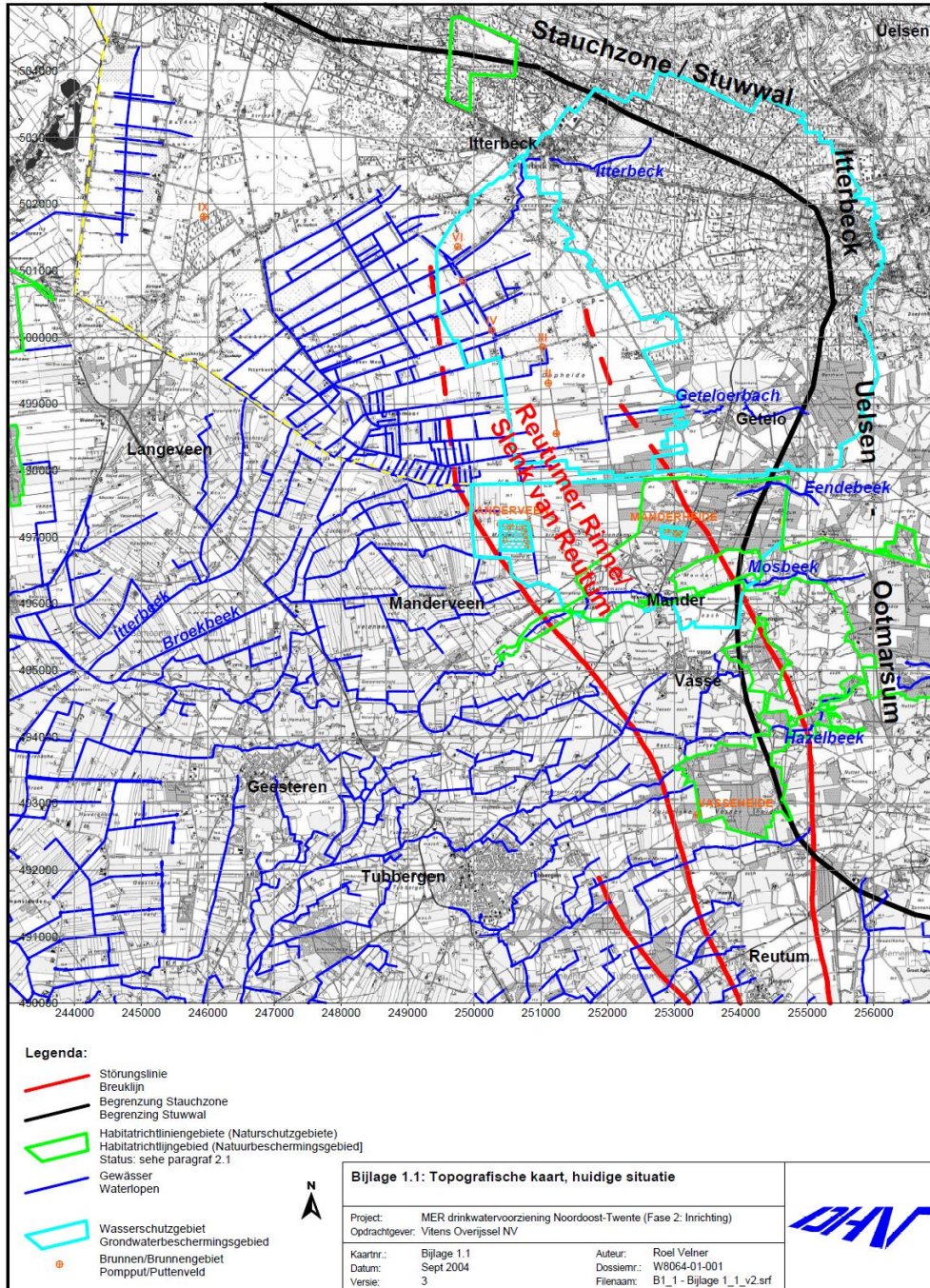
Afbeelding 1.1 Globale indeling zones op basis van grondwatertrappen (GT niet meer actueel)



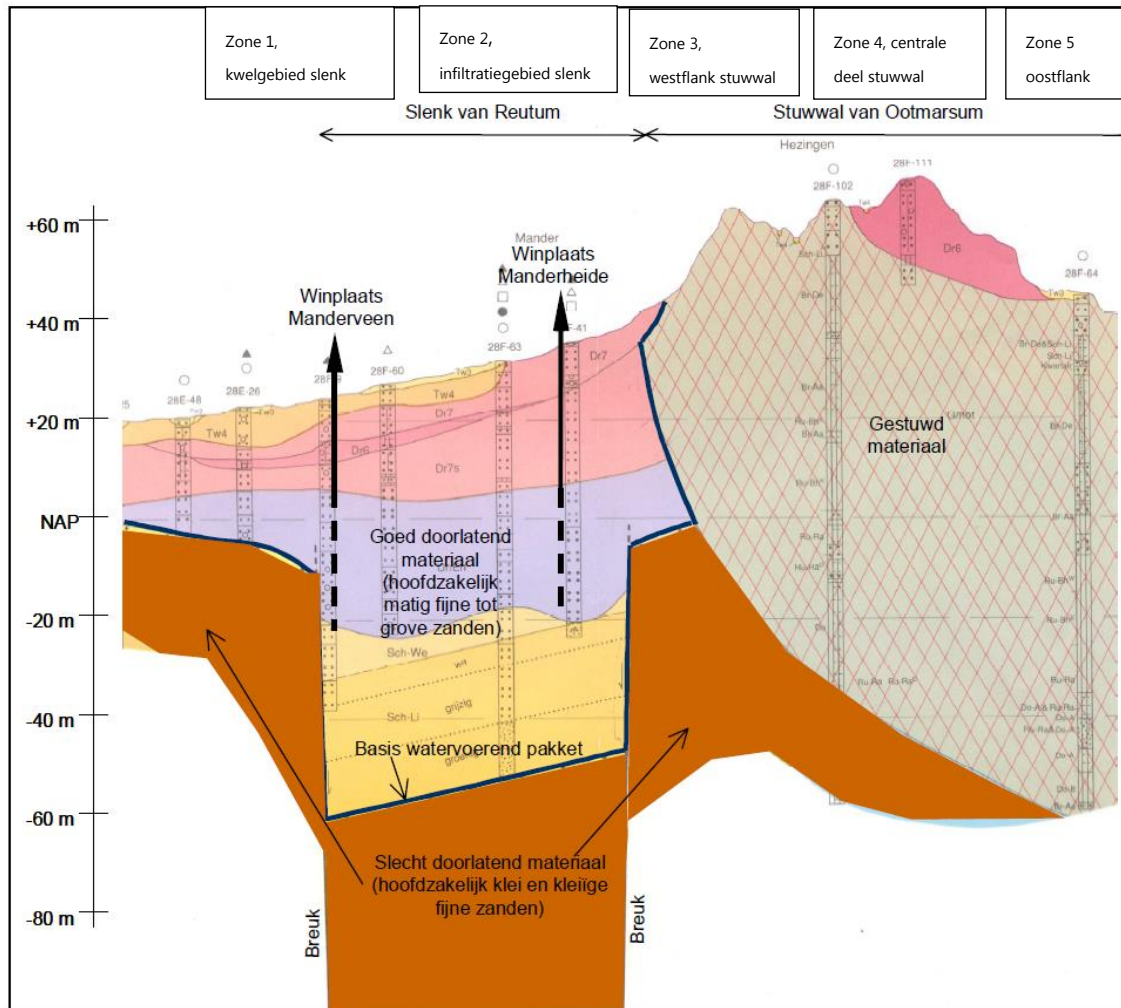
1.5 Leeswijzer

Dit rapport is thematisch van opzet. In hoofdstuk 2 wordt de analyse en validatie van de data besproken. Hoofdstuk 3 beschrijft de opzet en resultaten van de uitgevoerde tijdreeksanalyse van de grondwaterstand- en stijghoogtemetingen. In hoofdstuk 4 is de analyse van de oppervlaktewaterkwantiteit opgenomen. De opzet en resultaten van het vegetatie onderzoek zijn beschreven in hoofdstuk 5 en het macrofauna onderzoek in hoofdstuk 6. De verandering van de oppervlaktewaterkwaliteit wordt beschreven in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 worden de effecten op de grondwaterkwaliteit en de landbouw beschreven. De integrale conclusies zijn opgenomen in hoofdstuk 8. Het rapport wordt afgesloten met enkele aanbevelingen voor het vervolg (hoofdstuk 9).

Afbeelding 1.2 De omgeving van de winningen Manderveen en Manderheide (bron: DHV en KIWA 2005)



Afbeelding 1.3 Schematische weergave ondergrond winplaats Manderveen en voormalige winplaats Manderheide (inclusief zonering)



2

DATAVALIDATIE

2.1 Gebruikte gegevens

Er is een grote hoeveelheid gegevens opgevraagd bij verschillende partijen. In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de beschikbare monitoringsgegevens. In dit en het volgend hoofdstuk wordt ingegaan op de datavalidatie en analyse van de metingen van de grondwaterstanden, stijghoogten en oppervlaktewatermetingen.

Tabel 2.1 Overzicht opgevraagde gegevens

Nr.	Omschrijving	Verantwoordelijke	Meetpunten (bijlagen verwijzen naar bijlagen meetprotocol)
1.	debiet Duitse winningen	WAZ	
	debiet Vitens winningen	Vitens	
	debiet overige onttrekkingen	Provincie Overijssel (PO)	
2.1.1	grondwaterstanden in brongebieden	Landschap Overijssel (LO)	bijlage 1
		Natuurmonumenten (NM)	bijlage 1
		Vitens	bijlage 1
2.1.2	grondwaterstanden in freatisch pakket	Vitens	bijlage 1
2.2.1	kwaliteit onttrokken grondwater (winputten)	Vitens	bijlage 3
2.2.2	kwaliteit aanstromend grondwater (waarnemingsputten)	Vitens	bijlage 2
2.2.3	kwaliteit peilbuizen brongebied	Vitens	bijlage 2
		LO	bijlage 2
		NM	bijlage 2
2.3.1	peilen beken, Mosbeek en Onderbeek	WS Vechtstromen	
2.3.2	debieten/grondwaterstand beken, Mosbeek en Onderbeek	WS Vechtstromen	
2.4.1	waterkwaliteit beken	WS Vechtstromen	bijlage 6
2.4.2	macrofauna in beken	WS Vechtstromen	bijlage 6
3.2	PQ-inventarisatie (permanent quadraat)	LO	bijlage 7
		NM	bijlage 7

Nr.	Omschrijving	Verantwoordelijke	Meetpunten (bijlagen verwijzen naar bijlagen meetprotocol)
		Staatsbosbeheer (SBB)	bijlage 7
		PO	bijlage 7

2.2 Verzamelen hydrologische meetreeksen

Bij Vitens, provincie Overijssel en DINOloket zijn gegevens over de grondwaterstanden opgevraagd. Er is na analyse geen gebruik gemaakt van grondwaterstandreeksen van de provincie Overijssel (38 reeksen). Deze reeksen waren namelijk op 3 na ook aanwezig in de dataset van Vitens. Vanwege problemen met de aangeleverde data als gevolg van de export uit Menyantes waren de resterende 3 reeksen niet bruikbaar. De grondwaterstandreeksen van de provincie Overijssel zijn aangeleverd in Menyantes format. In dit format zijn afzonderlijke kolommen opgenomen voor divermetingen (hoogfrequent) en handmetingen (laagfrequent). Bij het analyseren van de data bleek dat deze scheiding niet zuiver is. Er staan handmetingen in de diver-kolom en vice versa. De oorzaak kan zowel in de onderliggende Menyantes database liggen als in de export. Op basis van de file is daar geen uitsluitsel over te geven. Deze meetreeksen van de provincie zijn in de eerdere evaluatie ook niet gebruikt.

Van Vitens ontvingen we de meetreeksen en metadata van hun peilbuizen in de omgeving van de Manderwiningen. Dit betreft 100 peilbuizen, met totaal 175 peilfilters. De meetreeksen zijn aangeleverd in 2 csv-bestanden, de eerste met handmetingen vanaf september 1965 en de tweede met loggermetingen (de eerste loggermeting is van 26 augustus 2005). De meeste peilfilters zijn tot 2005 handmatig halfmaandelijks bemeten en zijn daarna hoogfrequent bemeten met een automatische logger, op dag- en/of uurbasis. Doorgaans is van de hoogfrequente metingen 1 meetwaarde per dag vermeld, maar een aantal reeksen bevatten voor de laatste jaren alle meetwaarden (24 per dag).

Omdat het door Vitens gehanteerde data-opslagsysteem Dawaco bij elke wijziging van metadata de voorgaande overschrijft, zijn alleen de meest recente metadata van de peilbuizen en peilfilters beschikbaar. Alleen wijzigingen van de meetpunthoogte (het referentiepunt ten opzichte van NAP) worden door Vitens bewaard (in een apart bestand), aangezien die hoogte een belangrijke rol speelt bij het valideren van de loggermetingen op basis van de handmatige controlemetingen. Om toch per peilfilter een overzicht te kunnen hebben van eventuele wijzigingen in metadata zoals X- en Y-coördinaten, maaiveldhoogte en filterstelling, zijn bij DINOloket de metadata opgevraagd van alle Vitens-peilfilters in de omgeving van de Manderwiningen. In het opslagsysteem van DINOloket worden bij wijzigingen namelijk geen metadata overschreven. DINOloket bleek echter meerdere recente wijzigingen van Vitens-peilfilters nog niet te hebben doorgekregen. Eventuele veranderingen van metadata zijn van belang om te kunnen beoordelen of een meetreeks wel steeds dezelfde ruimtelijke positie (locatie en diepte) vertegenwoordigt. Als dat niet het geval is, kan er sprake zijn van een inconsistente reeks.

Verder zijn bij DINOloket meetgegevens en metadata opgevraagd van peilbuizen in de natuurgebieden in de onderzoeksomgeving, namelijk Hazelbekke, Holtsuze, Mandermaten en brongebied van de Mosbeek. Dit betreft 21 peilbuizen, met totaal 43 peilfilters. Deze reeksen bestaan alleen uit handmatige metingen, doorgaans op halfmaandelijkse basis.

Er zijn ook grondwaterstandreeksen van 13 peilfilters verkregen vanuit Duitsland, afkomstig uit de omgeving van de nabijgelegen Duitse winning WAZ. Deze reeksen starten in 2000 en bestaan uit halfmaandelijkse handmatige metingen. De 12 pompputten van de WAZ-winning komen sterk verspreid voor over een groot gebied (circa 15 km²), zodat er in feite sprake is van een stelsel verspreide deelwiningen. Het is dan niet meer verantwoord om de winning WAZ als 1 invoerreeks mee te nemen, zodat deze voor de modellering dient te worden opgesplitst in een aantal deelwiningen, op basis van de afstanden van de betreffende peilbuis tot de Duitse pompputten en de onderlinge correlaties van de onttrekkingspatronen van deze pompputten. Dit vergt echter complex en uitgebreid maatwerk voor elke afzonderlijke

grondwaterstandreeks, met bovendien weinig garantie op nauwkeurige resultaten. De peilfilters zijn van de WAZ om die reden niet bruikbaar voor deze analyse. De mogelijke invloed die de WAZ heeft op de resultaten wordt besproken in paragraaf 3.2 en 3.6.

De databron voor de waterstanden en afvoeren van de beken is een ATIS-export bestand voor beken in het gebied van Mander. Het bestand is aangeleverd door waterschap Vechtstromen en betreft 34 meetreeksen van waterstanden benedenstrooms, waterstanden bovenstrooms en debieten van 15 verschillende locaties. De metadata van de locaties is in een apart bestand aangeleverd. Van locaties 363 (Springendalbeek) en 462 (Hardenbergerweg) is geen metadata. Van meetpunt 132 (Geesterensche Molenbeek, Hardenbergerweg) is geen meetdata (waterstand of debiet) aangeleverd. Alle meetreeksen zijn gevalideerd, ook als er geen metadata aanwezig was. De metadata is overigens beperkt qua relevantie voor de validatie. Er zijn geen grenzen voor het meetbereik of waterpeil bekend. Alleen de locatie-gegevens dienen ter controle.

2.3 Controleren meetreeksen

Kwaliteit grondwaterreeksen

De reeksen zijn gevalideerd met behulp van de Dataprofeet, een datavalidatie toolbox van Witteveen+Bos. De hand- en diverreeksen zijn afzonderlijk gevalideerd. Daarbij zijn de volgende validatiestappen doorlopen. Aan elke stap is een kwaliteitslabel (code van 1 letter) toegekend, deze is tussen vierkante haken weergegeven.

- 1 [D] - Inconsistente dubbele metingen (2 metingen op het zelfde tijdstip, maar met verschillende waarden).
- 2 [X] - Niet-numerieke waarden (-999, NaN).
- 3 [M] - Meetinterval (maximaal 1 dag voor divers, maximaal 17 dagen voor handmeting).
- 4 [B] - Metingen buiten het meetbereik (op basis van meegeleverde metadata).
- 5 [R] - Vergelijking op basis van regressiemodel met de 10 dichtstbijzijnde reeksen (verwachte correlatie >0,9, test wordt op de reeks als geheel toegepast).

Voor de diverreeksen zijn daar nog de volgende validatiestappen aan toegevoegd.

- 6 [S] - Test op staptrends.
- 7 [O] - Test op outliers.
- 8 [V] - Dood signaal.
- 9 [H] - Vergelijking met de handmetingen (< 5 cm, label wordt toegekend aan de periode die er aan voorafgaat tot aan de voorgaande handmeting)

Als alle validatiestappen zijn uitgevoerd, kan tenslotte worden beoordeeld of een meting goed is of niet. Dat geeft de volgende afsluitende validatiestap.

- 10 [G] - Goede meting (geen van de voorgaande labels is toegekend).

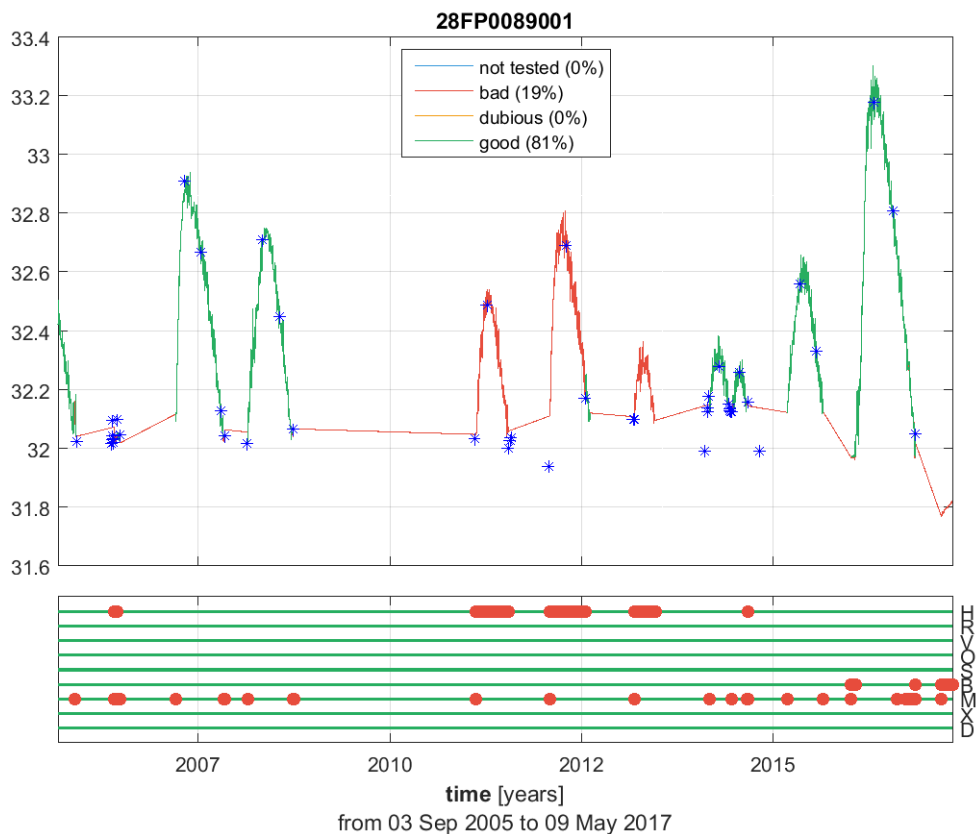
De eerste 4 testen zijn tamelijk hard. Een fout is ook echt een fout. Waarbij ten aanzien van de 3^e test (meetinterval) dient te worden opgemerkt dat elk gat in de metingen slechts 1 fout oplevert en niet direct inzicht geeft in het aantal ontbrekende metingen.

De laatste 5 testen zijn meer subjectief. De gekozen kritische waarden zijn ook bepalend voor de uitkomst van de test. De uitkomst laat ruimte voor interpretatie. Een geconstateerde afwijking (dood signaal) kan ook het gevolg zijn van de opstelling en positie van de peilbuis (om bijvoorbeeld een ondiepe schijnspiegel te meten). Voor grondwaterstanden geldt in het algemeen dat ze sterk gecorreleerd zijn en dus de regressieanalyse-test (8) zonder problemen zullen doorstaan. De grondwaterreeksen bovenop de stuwwal vertonen echter sterk locatie-specifiek gedrag, waardoor deze slechts zeer zwak gecorreleerd zijn aan andere reeksen.

De datavalidatie toolbox die is toegepast is enigszins gewijzigd ten opzichte van de versie die in de tussentijdse evaluatie is gebruikt. De algoritmes zijn grotendeels hetzelfde. Echter in de versie die nu gebruikt is, is het mogelijk dat 1 meting meerdere labels krijgt. Een meting kan dus zowel een 'dubbele meting' zijn als 'buiten bereik' liggen. De volgorde waarin de tests worden uitgevoerd, doet er daardoor niet toe. Het totaal aantal toegekende labels kan daardoor echter wel groter zijn dan het aantal metingen.

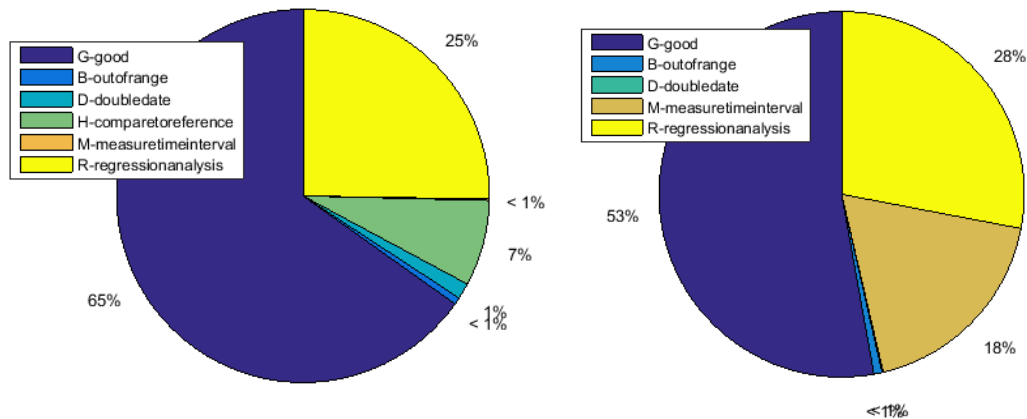
De hiervoor beschreven datavalidatie is toegepast op de reeksen met handmetingen en divermetingen. Per tijdreeks is een afbeelding gemaakt om een inzicht te krijgen in de kwaliteit van de reeksen. In afbeelding 2.1 is ter illustratie een voorbeeld gegeven van een beoordeling van een meetreeks. In deze meetreeks ontbreken er metingen en is het verschil met de handmetingen te groot.

Afbeelding 2.1 Voorbeeld beoordeling kwaliteit en toegekende labels voor tijdreeks 28FP0089001



In afbeelding 2.2 is het algemene beeld van de kwaliteit van de grondwaterstandreeksen weergegeven. Links is de kwaliteit van de divermetingen weergegeven, rechts de kwaliteit van de handmetingen. Bij de interpretatie is het goed te bedenken dat een meting meerdere labels kan krijgen, met als enige uitzondering het label 'G' (good/goed) dat per definitie overlap uitsluit. De overlap is overigens in de praktijk beperkt, waardoor deze verdelingen een getrouw beeld geeft.

Afbeelding 2.2 Percentage toegekende labels voor divermetingen (links) en handmetingen (rechts)



In de validatie zijn geen staptrends, outliers, niet-numerieke waarden of dood-sigitaal waarden geconstateerd. We zullen deze labels verder buiten beschouwing laten.

Op basis van de validatie zien we ten aanzien van de divermetingen het volgende:

- de divermetingen zijn over het algemeen van goede kwaliteit, 65 % krijgt een label 'goed';
- een kwart van de divermetingen is gemarkeerd door de regressie-analyse. Dit zijn grotendeels reeksen met een afwijkend karakter (die op zichzelf wel goed kunnen zijn) dat een direct gevolg is van de meetlocatie. Deze reeksen zijn wel van waarde voor het analyseren van lokale trends, maar zijn in het algemeen niet goed bruikbaar in de tijdreeksanalyse (vanwege het sterk niet lineaire karakter of regelmatige droogval);
- de tweede oorzaak van afwijkingen is een verschil met de bijbehorende handmeting (7 %). Deze reeksen moeten nader worden bestudeerd en mogelijk gecorrigeerd voor drift in de divermeting;
- een klein deel van de metingen (1 %) heeft label 'D' gekregen. Dit betreft inconsistente overlap tussen de reeksen van dezelfde peilbuis uit verschillende bronnen. In een van beide datasets is de data waarschijnlijk gecorrigeerd;
- een heel klein deel (<1 %) heeft label 'M' gekregen. Dit zijn gaten in de tijd. Omdat na elk gat slechts 1 meting dit label krijgt, vertekend het de compleetheit van de dataset. In het algemeen zijn de divers vrij goed bemeten. Er zijn niet veel grote gaten in de metingen. Wel is het noemenswaardig dat vanaf 2015 de meetfrequentie is verhoogd van 1 keer per dag naar 8 keer per dag.

Ten aanzien van de handmetingen constaterende we het volgende:

- meer dan de helft van de metingen is goed (53 %);
- iets meer dan een kwart van de metingen (28 %) wijkt af op basis van de regressieanalyse. Hiervoor geldt hetzelfde als voor de divermetingen. Dat heeft grotendeels met locatiespecifiek gedrag van de peilbuizen te maken (niet lineariteit en droogval);
- uit het grote aantal labels 'M' (18 %) blijkt dat er een vrij grote variatie en onregelmatigheid in de handmetingen zit. Overigens wordt dit voor een deel veroorzaakt doordat vanaf 2005 het aantal handmetingen is gereduceerd tot enkele controlemetingen per jaar. Dat beïnvloedt het beeld nogal.

Kwaliteit debieten en waterstanden oppervlaktewater

De validatie van de debieten en waterstanden is op soortgelijke wijze ingericht als de validatie van de grondwaterstandreeksen. Op een aantal onderdelen wijkt deze echter af omdat het een ander type data betreft. In de validatie zijn de volgende stappen doorlopen. Aan elke stap is een kwaliteitslabel (code van 1 letter) toegekend deze is tussen vierkante haken weergegeven.

- 1 [D] - Inconsistente dubbele metingen (2 metingen op het zelfde tijdstip, maar met verschillende waarden).
- 2 [X] - Niet-numerieke waarden (-999, NaN).
- 3 [M,I] - Meetinterval (1 meting per minuut).

- 4 [B] - Metingen buiten het meetbereik (op basis van hele ruwe grenzen NAP [-100, + 100] of m³/s).
- 5 [S] - Test op staptrends.
- 6 [O] - Test op outliers.
- 7 [V] - Dood signaal.

Nota bene, op basis van stap 3 worden 2 labels toegekend. Als een meting ontbreekt wordt deze toegevoegd (met waarde NaN) en krijgt het label 'I' (inserted) zodat er een beter overzicht ontstaat van de ontbrekende metingen.

Als alle validatiestappen zijn uitgevoerd, kan tenslotte worden beoordeeld of een meting goed is of niet. Dat geeft de volgende afsluitende validatiestap.

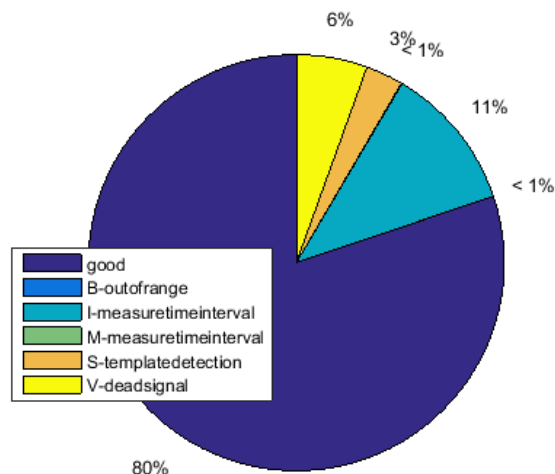
- 8 [G] - Goede meting (geen van de voorgaande labels is toegekend).

De eerste 4 testen zijn tamelijk hard. Een fout is ook echt een fout. Waarbij ten aanzien van de 3^e test (meetinterval) dient te worden opgemerkt dat elk gat in de metingen slechts 1 fout oplevert en niet direct inzicht geeft in het aantal ontbrekende metingen.

De laatste 3 testen zijn meer subjectief. De gekozen kritische waarden zijn ook bepalend voor de uitkomst van de test. De uitkomst laat ruimte voor interpretatie. Een geconstateerde afwijking (dood signaal) kan ook het gevolg zijn van de situatie ter plekke (droogvallende beek).

In afbeelding 2.3 is het algemene beeld van de kwaliteit van de reeksen van waterstand en afvoer in de beken weergegeven. Bij de interpretatie is het goed te bedenken dat een meting meerdere labels kan krijgen, met als enige uitzondering het label 'G' (good/goed) dat per definitie overlap uitsluit. De overlap is overigens in de praktijk beperkt, waardoor deze verdelingen een getrouw beeld geeft.

Afbeelding 2.3 Percentage toegekende labels voor waterstanden en afvoeren van de beken



In de validatie zijn geen outliers of niet-numerieke waarden geconstateerd. We zullen deze labels verder buiten beschouwing laten.

Ten aanzien van de oppervlaktewatermetingen constaterende we het volgende:

- een heel groot deel van de metingen is goed (80 %);
- een significant deel (11 %) ontbreekt. Het is opvallend dat de waterstandreeksen meer gaten en ontbrekende waarden bevatten dan de debietreeksen, terwijl het debiet waarschijnlijk is bepaald op basis van een Q-H-relatie. Voor de helft van de reeksen ontbreekt de data uit 2015 en 2016;

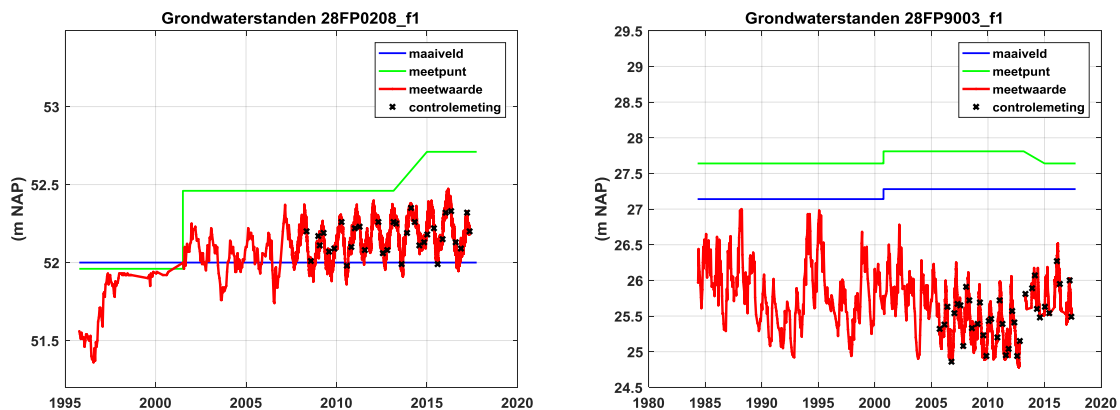
- er worden opvallend veel staptrends gedetecteerd. De metingen rondom een staptrend krijgen ook dit label. Een deel van de staptrends wordt veroorzaakt door abrupte stijgingen van het debiet of het peil (en zijn dus verklaarbaar). Een aantal beken lijkt een zomer- en een winterpeil te kennen;
- een behoorlijk deel van de metingen krijgt het label dood signaal. Bij beschouwing van de afbeeldingen betreft dit geen droogval, maar gaat het om meetfouten, bijvoorbeeld uitval van de meetsensor.

Geschiktheid grondwaterreeksen voor tijdreeksanalyse

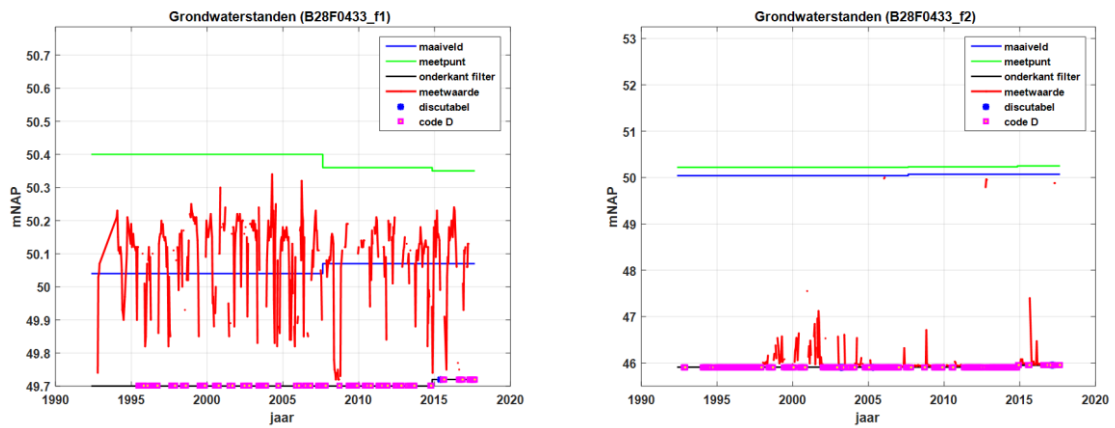
Van alle grondwaterstandreeksen zijn tijdreeksplots gemaakt, waarin ook het verloop van relevante metadata is weergegeven. Met behulp van deze plots zijn de reeksen beoordeeld, waarbij is gelet op de volgende kenmerken:

- 1 reeks te kort voor tijdreeksmodellering. Naarmate een reeks korter is, zal het moeilijker worden daar op betrouwbare wijze een effect van de reallocatie uit te filteren met tijdreeksmodellering. We gaan ervan uit dat een reeks minstens de periode 2005 tot en met 2015 dient te omvatten, met minstens circa 5 jaar vóór en 5 jaar ná de reallocatie, om aan de resultaten van tijdreeksmodellering enige zeggingskracht te mogen toekennen;
- 2 uitbijters, of vreemd verloop. Meet- en/of transcriptiefouten kunnen naar voren komen als meetresultaten die niet in het normale beeld passen (uitbijters), of een vreemd verloop van de tijdreeks. Bij de visuele beoordeling op dergelijke afwijkingen is gebruik gemaakt van hydrologische kennis en ervaring met betrekking tot grondwaterstandreeksen. Ook is nagegaan of er sprake is van verandering van reekskarakteristieken na wijziging van een of meer metadata (zie afbeelding 2.4);
- 3 grote hiaten (van enkele maanden of meer);
- 4 ontbrekende waarden door droogval, een te kort peilfilter (zie afbeelding 2.5). Soms is dit vooraf voorzien, om een tijdelijke schijngrondwaterspiegel boven een slecht doorlatende laag te kunnen meten;
- 5 sterk niet-lineair gedrag. Dit is niet te modelleren met gangbare vormen van tijdreeksmodellering (zie afbeelding 2.6).

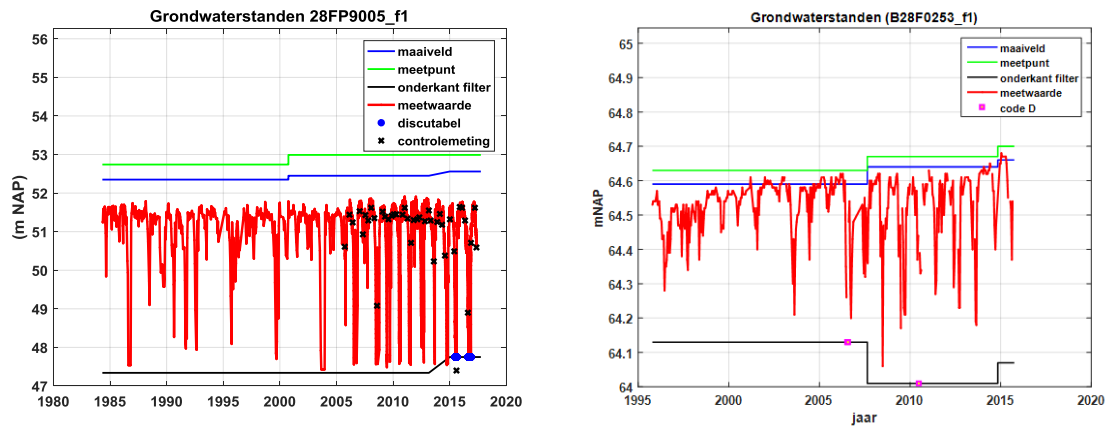
Afbeelding 2.4 Voorbeelden van meetreeksen waarbij een verandering van metadata (hier het meetpunt) gepaard gaat met een relevante verandering van reekskarakteristieken



Afbeelding 2.5 Voorbeelden van meetreeksen met veel ontbrekende waarden door een te kort peilfilter. Code D staat voor droogval



Afbeelding 2.6 Voorbeelden van meetreeksen met sterk niet-lineair gedrag



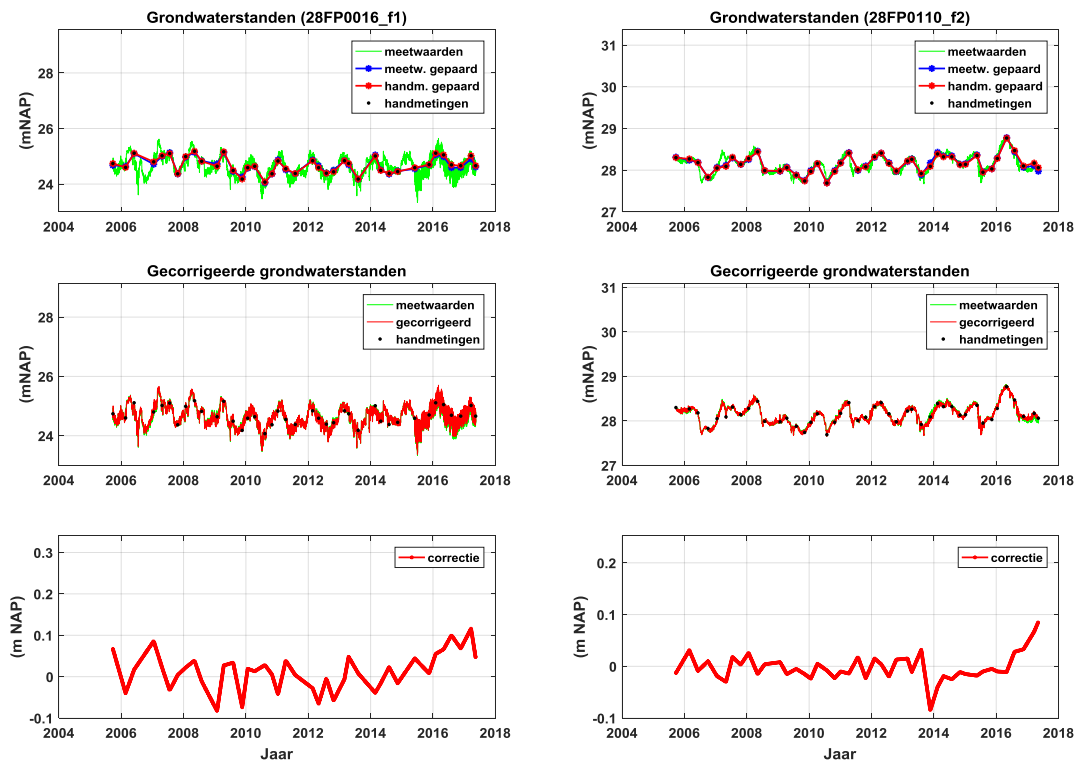
Afhankelijk van de mate waarin een meetreeks een of meer van deze verschijnselen vertoont, is de reeks als ongeschikt gekwalificeerd voor de tijdreeksmodellering. Van de 175 Vitensreeksen vielen er 55 af bij deze controle en van de 43 reeksen uit de natuurgebieden vielen 38 reeksen af (zie tabel 2.2). Veruit de meeste reeksen (58) vielen af doordat ze te kort waren. De 12 als niet-lineair geïdentificeerde meetreeksen zijn afkomstig van 8 peilbuizen, maar daarvan bevinden er zich 3 op minstens 6 km en 4 op minstens 3 km van de Manderwinningen. De dichtstbijzijnde peilbuis met niet-lineair gedrag bevindt zich op 1,5 km van Manderheide (en 3,5 km van Manderveen). Daarmee resteerden er 125 reeksen voor de tijdreeksmodellering, afkomstig van 83 peilbuizen. Bijlage II vermeldt de metadata van de 218 verzamelde grondwaterstandreeksen en – indien van toepassing - ook de reden van afvallen.

Tabel 2.2 Oordelen bij het controleren van de 218 beschikbare grondwaterstandreeksen, met onderscheid tussen de Vitensreeksen en de reeksen van de natuurgebieden (afkomstig van DINOloket)

Oordeel	Vitens	DINO	Totaal
Te kort	42	16	58
Niet-lineair	6	6	12
Hiaat	0	10	10
Filter te kort	2	6	8
Anomalie	5	0	5
Subtotaal	55	38	93
Ok	120	5	125
Totaal	175	43	218

Als tweede controlestep zijn van de resterende reeksen de reeksdelen die afkomstig zijn van loggers – dit betreft de delen vanaf ergens in 2005 - gecontroleerd op afwijkingen, door paarsgewijze vergelijking met de handmatige controlemetingen die met enige regelmaat (doorgaans circa driemaandelijks) zijn genomen. Elke handmeting hebben we daarbij gepaard met de loggermeting die zich het dichtstbij in de tijd bevindt, mits het tijdsverschil niet meer dan 2 uur bedraagt. Bij deze controle bleek dat 36 loggerreeksen relevante verschillen (> 10 cm) vertoonden tussen handmeting en loggermeting en/of een duidelijke drift vertoonden (zie de voorbeelden in afbeelding 2.7). Deze 36 reeksen hebben we gecorrigeerd, omdat er anders een reëel risico ontstaat dat bij de tijdreeksmodellering verkeerde conclusies worden getrokken over het effect van de reallocatie van de winning Mander. De correctie hanteerde een lineaire interpolatie van de reeks afwijkingen. Bijlage II vermeldt welke 36 reeksen zijn gecorrigeerd.

Afbeelding 2.7 Voorbeelden van de controle van een loggerreeks middels vergelijking met handmatige controlemetingen. Deze reeksen vertonen vanaf circa 2014 drift



Uit navraag bleek dat in 2013/2014 alle loggerreeksen van Vitens zijn gecontroleerd en zo nodig gecorrigeerd (door Artesia). Daarna is de validatieprocedure van Artesia opgenomen in het werkproces van

Vitens, maar doordat dit proces nog niet goed is ingeregeld, zijn er na 2014 achterstanden in de validatie ontstaan. Deze achterstanden worden momenteel weggewerkt.

2.4 Vorbewerken grondwaterstandreeksen voor tijdreeksanalyse

Bij de toegepaste tijdreeksmodellering volgens de Box-Jenkins-methode is het van belang dat de gebruikte tijdseenheid aansluit op de tijdschaal van de relatie van de grondwaterstand met het neerslagoverschot en de verschillende winningen. Als namelijk wordt gemodelleerd met tijdseenheden die daarvoor te klein zijn, moeten er veel modelparameters worden geschat en is er ook een groter risico dat dynamische relaties onvoldoende worden verdisconteerd. Daarom hebben we de gegevens hier geaggregeerd tot maandgemiddelden (zie ook bijlage III). Maar halfmaandelijke, dagelijkse en uurlijkse meetgegevens kunnen niet op dezelfde wijze worden geaggregeerd, aangezien de onzekerheden van periodegemiddelden dan ongelijk worden, wat indruist tegen een belangrijke vooronderstelling bij tijdreeksmodellering. Daarom hebben wij op de volgende wijze maandgemiddelden berekend:

- 1 voor een deelreeks met (min of meer) halfmaandelijke en/of dagelijkse meetwaarden zijn per maand eerst 2 meetwaarden geselecteerd, namelijk degene die het dichtst bij de 14e dag van die maand is genomen en degene die het dichtst bij de 28e dag van die maand is genomen, in beide gevallen echter niet buiten het tijdsvenster dat zich 5 dagen aan weerskanten van dat tijdstip uitstrekt. Als dit 2 meetwaarden over die maand oplevert, zijn ze gemiddeld, anders wordt het maandgemiddelde gelijk gesteld aan de ene meetwaarde, of op een ontbrekende waarde gezet (als het geen meetwaarde oplevert);
- 2 en voor een deelreeks met meetwaarden op uurbasis zijn 2 stappen uitgevoerd:
 - eerst is voor elke dag de meetwaarde genomen van het zelfde uur waarop de laatste meetwaarde op dagbasis is genomen. Als er geen voorafgaande deelreeks op dagbasis is, dan is de meetwaarde genomen van het tijdstip dat het dichtst bij 08.00 uur ligt;
 - vervolgens zijn per maand 2 meetwaarden geselecteerd, namelijk degene die het dichtst bij 12.00 uur van de 14e dag van die maand is genomen en degene die het dichtst bij 12.00 uur van de 28e dag van die maand is genomen, echter niet buiten het tijdsvenster dat zich 5 dagen aan weerskanten van dat tijdstip uitstrekt. Als dit 2 meetwaarden over die maand oplevert, zijn ze gemiddeld, anders wordt het maandgemiddelde gelijk gesteld aan de ene meetwaarde, of op een ontbrekende waarde gezet (als het geen meetwaarde oplevert).

Het verlies aan informatie over het verloop van de grondwaterstand door het middelen naar maandwaarden zal beperkt zijn, gezien de grote autocorrelatie (op te vatten als een maat voor de overlap in informatie) van halfmaandelijke meetwaarden van de grondwaterstand en de zeer grote autocorrelatie van dagelijkse en uurlijkse meetwaarden van de grondwaterstand.

3

RECONSTRUCTIE INVLOED REALLOCATIE OP GRONDWATERSTANDEN MET TIJDREEKSANALYSE

3.1 Hoofdpijnen van de aanpak

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak en bevindingen van de statistische reconstructie van de invloed van de reallocatie van de winning Mander op de grondwaterstanden en stijghoogten¹ in de omgeving. Daarbij zijn 125 grondwaterstandreeksen statistisch geanalyseerd, afkomstig uit 83 peilbuizen die zijn gelegen in de omgeving van de winning Mander.

De invloed van de reallocatie van de winning Mander op de grondwaterstanden is statistisch gereconstrueerd met tijdreeksmodellering volgens de Box-Jenkins-methode. Deze methode gaat ervan uit dat elke grondwaterstandreeks de som is van een aantal componenten die samenhangen met invloedsfactoren (zoals meteorologische omstandigheden en grondwaterwinning) en een resterende, niet te verklaren component, die wordt aangeduid als *ruis*. Van elke daarvoor geschikte grondwaterstandreeks is een tijdreeksmodel ontwikkeld met als invoerreeksen:

- het neerslagoverschot (doorgaans de belangrijkste invloedsfactor van de grondwaterstand);
- een indicatorvariabele die tot de reallocatie de waarde 0 heeft en vanaf de reallocatie de waarde 1 (dit omvat alle langdurige veranderingen die niet verklaard kunnen worden uit neerslag en verdamping, inclusief permanente debietvariaties in de winningen).

Zo kan voor elke gemodelleerde reeks de statistische relatie met de reallocatie worden geschat, uitgedrukt in cm verandering (verhoging of verlaging). Aangezien de modellering tevens het betrouwbaarheidsinterval oplevert van deze geschatte relatie, kan ook worden vastgesteld of de schatting al dan niet statistisch significant is. Door samenvoegen van alle resultaten ontstaat zo een ruimtelijk beeld van de statistische relatie van de grondwaterstand met de reallocatie.

Instrumentarium

Voor de tijdreeksmodellering is gebruik gemaakt van *Tijdreeksanalist*, een softwarepakket voor tijdreeksanalyse dat is ontwikkeld met de wiskundige programmeertaal Matlab [Van der Meulen en Baggelaar, 2016]. Het is een statistische toolbox, die onder meer in staat stelt om interactief zodanige tijdreeksmodellen te ontwikkelen, dat de modelresiduen aselechte trekkingen vormen uit dezelfde normale kansverdeling. Als niet wordt voldaan aan die belangrijke vooronderstelling kunnen er namelijk geen onderbouwde uitspraken over statistische significanties van geschatte relaties met kandidaat-invloedsfactoren worden gedaan.

¹ Voor de leesbaarheid worden beide hierna verder aangeduid als 'grondwaterstand', tenzij het onderscheid relevant is.

3.2 Invloedsfactoren van de grondwaterstand in het onderzoeksgebied

Potentieel neerslagoverschot

De belangrijkste invloedsfactor van de grondwaterstand is over het algemeen de grondwateraanvulling, maar daar zijn helaas geen meetgegevens over beschikbaar. Daarom is als theoretische benadering van deze factor het potentieel neerslagoverschot gehanteerd. Dat wordt berekend uit de neerslag en de verdamping, volgens:

$$PNO_t = N_t - E_{Makkink,t}$$

met PNO_t het potentieel neerslagoverschot, N_t de neerslag en $E_{Makkink,t}$ de Makkink-verdamping (alle in mm/tijdseenheid) en t de tijdsindex. De Makkink-verdamping wordt ook wel de referentie-gewasverdamping genoemd.

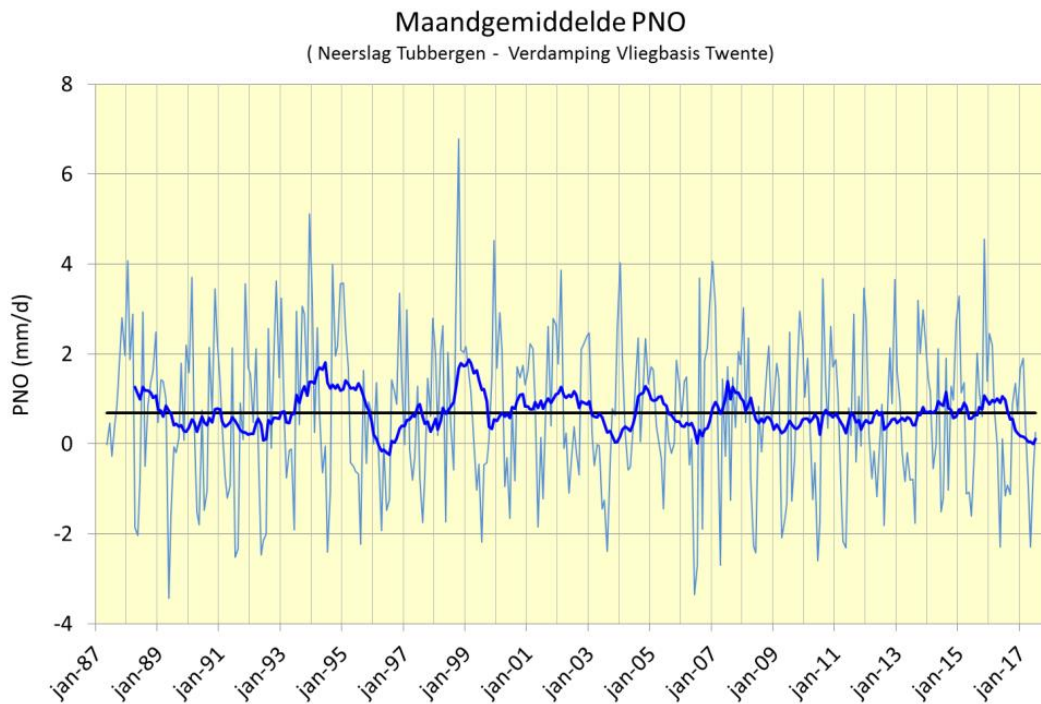
Hier is gebruik gemaakt van de neerslagcijfers van het neerslagstation Tubbergen (KNMI-station 361), afkomstig van het KNMI. Tubbergen bevindt zich circa 5 km ten zuidwesten van Mander, zodat het min of meer representatief mag worden geacht voor het onderzoeksgebied. Verdampingsgegevens worden echter alleen gemeten op weerstations en het dichtstbijzijnde is vliegbasis Twente (KNMI-station 290). Dit ligt weliswaar enigszins verder, namelijk op circa 27 km ten zuidoosten van Mander, maar verdampingscijfers hebben doorgaans betrekking op een veel grotere regio dan neerslagcijfers. Ook de verdampingscijfers van Vliegbasis Twente zijn afkomstig van het KNMI.¹

De neerslagcijfers van Tubbergen zijn beschikbaar vanaf eind maart 1971, waarbij deze op dagbasis zijn gemeten van 08.00 uur voorgaande dag tot 08.00 uur huidige dag. De vermelde registratiedatum betreft daarmee die van de laatste 8 van de 24 meeturen. Om de representativiteit te vergroten en daarmee minder problemen te creëren voor tijdreeksanalyse, is elke aldus gemeten dagsom toegekend aan de voorgaande dag. De Makkink-verdampingcijfers van Vliegbasis Twente zijn beschikbaar vanaf medio april 1987, ook op dagbasis. Maar deze zijn wél gemeten van 00.00 uur tot 00.00 uur, zodat daarvoor geen datumcorrectie nodig was.

Afbeelding 3.1 toont het verloop van het maandgemiddelde van het potentieel neerslagoverschot over de periode mei 1987 tot en met juli 2017, zoals berekend uit de neerslag op het neerslagstation Tubbergen en de Makkink-verdamping op het weerstation Vliegbasis Twente.

¹ Tot 1 januari 2008 betrof het een militaire luchtmachtbasis. Na sluiting van die basis is er alleen nog sprake van lokaal luchtverkeer (zaken- en hobbyvluchten), middels 1 start- en landingsbaan. Er zijn geen aanwijzingen dat deze functiewijziging tot inhomogeniteit van de verdampingsreeks heeft geleid.

Afbeelding 3.1 Verloop van het maandgemiddelde van het potentieel neerslagoverschot, zoals berekend uit de neerslag op het neerslagstation Tubbergen en de verdamping op het weerstation Vliegbasis Twente. Tevens is het voortschrijdend jaargemiddelde weergegeven (dikke blauwe lijn) en het gemiddelde over de hele periode (horizontale zwarte lijn)



Uit afbeelding 3.1 blijkt dat er sinds 1987 zowel relatief droge als relatief natte perioden zijn opgetreden. Drogere perioden traden op in 1989/1992, 1996, 2003, 2006 en 2016, terwijl nattere perioden optraden in 1994/1995, 1998, 2001/2002, 2004/2005, 2007 en 2015.

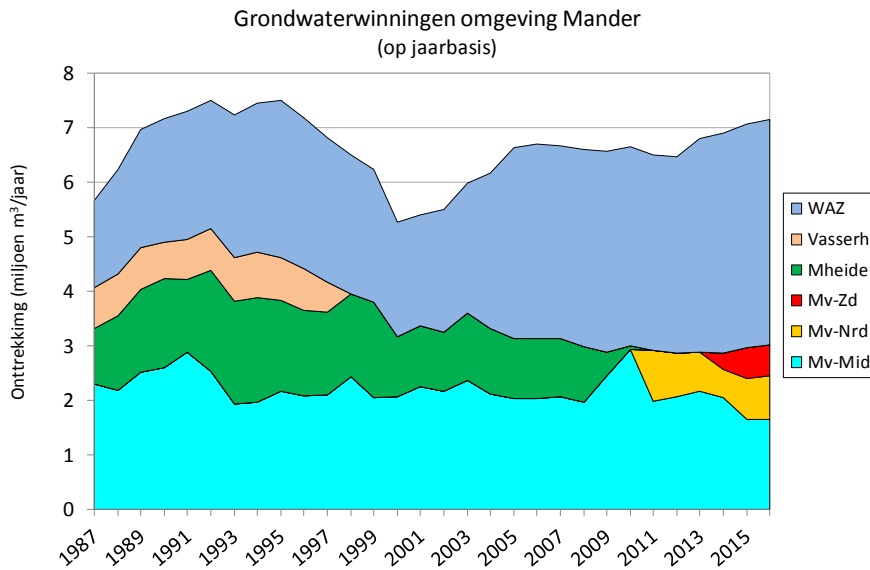
Grondwateronttrekkingen voor de openbare drinkwatervoorziening

Als we de periode van ongeveer de laatste 30 jaar beschouwen, is in het onderzoeksgebied sprake van 4 grondwateronttrekkingen voor de openbare drinkwatervoorziening:

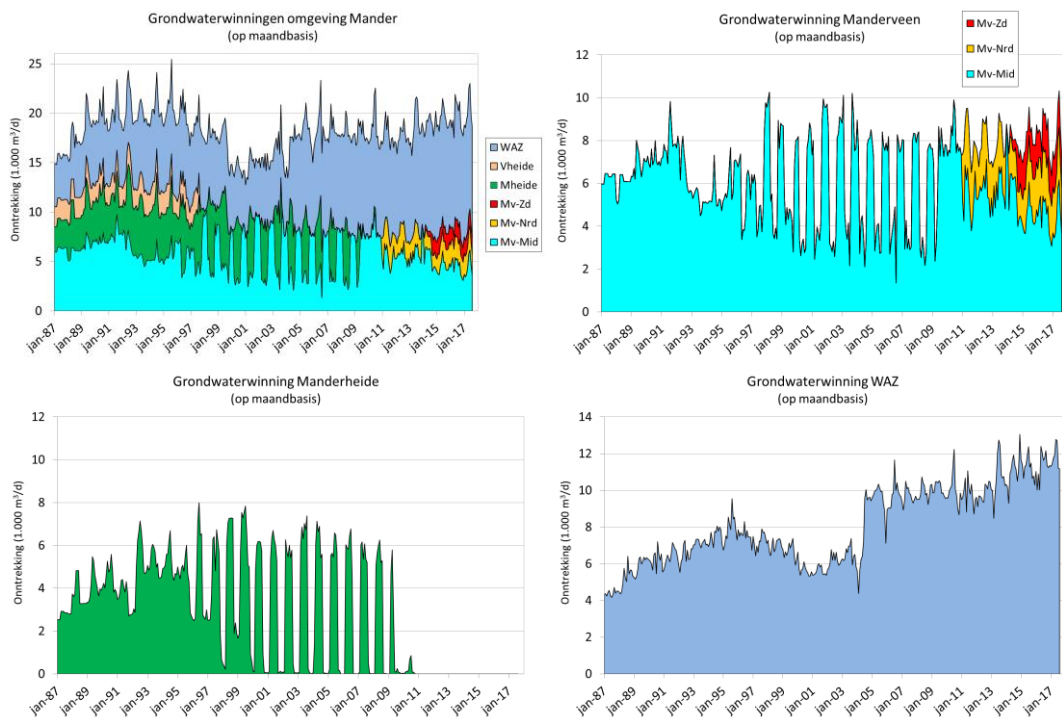
- Manderveen, bestaande uit de 3 winvelden Midden, Noord (actief vanaf januari 2011) en Zuid (actief vanaf maart 2014);
- Manderheide;
- WAZ (Duitsland);
- Vasserheide.

De winningen Manderveen en Manderheide onttrekken grondwater uit het 2^e watervoerend pakket. Het verloop op jaarbasis van deze en de overige winningen van 1987 tot en met medio 2017 is weergegeven in afbeelding 3.2. En het verloop op maandbasis is weergegeven in afbeelding 3.3.

Afbeelding 3.2 Ontwikkeling op jaarbasis van de in het gebied aanwezige grondwaterwinningen voor de openbare drinkwatervoorziening



Afbeelding 3.3 Ontwikkeling op maandbasis van de in het gebied aanwezige grondwaterwinningen voor de openbare drinkwatervoorziening



De winning Manderveen is eerst licht toegenomen van 2,3 miljoen m³/j tot 2,9 miljoen m³/j in 1991, om daarna tot en met 2009 te schommelen tussen 2,0 en 2,5 miljoen m³/j. Vanaf ongeveer 1997 gebeurde dat sterk seizoensmatig, met de maximale winning in herfst en winter (september tot en met februari). Door het bij de reallocatie overnemen van de rol van de winning Manderheide (die vooral onttrok in lente en zomer), werd door Manderveen vanaf 2010 2,9 à 3,0 miljoen m³/j gewonnen, maar zonder het sterke seizoenspatroon van daarvoor.

De winning Manderheide is van 1987 tot en met 1994 toegenomen van 1,0 tot 1,9 miljoen m³/j, om daarna stapsgewijs terug te lopen, met van 1995 tot en met 1999 winning tussen 1,5 en 1,8 miljoen m³/j en van 2000 tot en met 2008 winning tussen 1,0 en 1,2 miljoen m³/j. In 2009 bedroeg de winning nog slechts 0,4 miljoen m³/j en in 2010 (laatste jaar) 0,1 miljoen m³/j. Vanaf 1996 werd vooral in lente en zomer gewonnen (maart tot en met augustus). En vanaf 2000 is er van september tot en met februari zelfs nog maar nauwelijks onttrokken.

De bedoeling achter de seizoensmatige afwisseling van de winningen Manderveen en Manderheide was de winning Manderveen in de zomer te beperken, met als uitgangspunt dat de winning Manderheide in de zomer minder nadelige effecten zou hebben dan de winning Manderveen. Door de seizoensmatige afwisseling en het vanaf 2010 door Manderveen overnemen van de rol van Manderheide (aangeduid als *de reallocatie*), is er over de periode 1987 tot en met 2016 geen sprake van een grote en abrupte verandering van de totale winning Mander. Deze beweegt slechts geleidelijk tussen 2,9 en 4,4 miljoen m³/j.

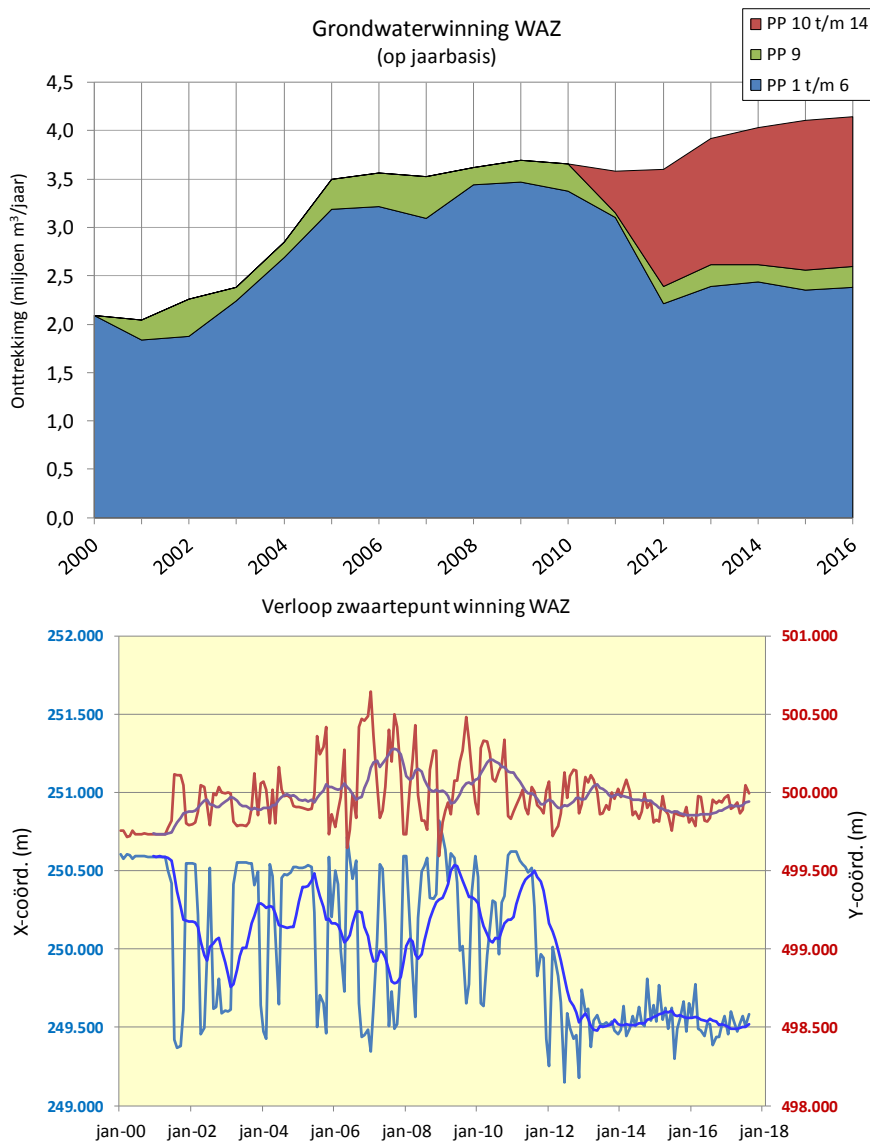
Door het veelal tegengestelde onttrekkingsregiem zijn de winningen Manderveen en Manderheide in statistische zin zeer sterk negatief gecorreleerd. Over de periode 1998 tot en met mei 2017 bedraagt de correlatiecoëfficiënt van hun maandelijkse winningen zelfs -0,90. Het is daarmee niet mogelijk om met tijdreeksmodellering de relaties van deze 2 winningen met de grondwaterstand onafhankelijk van elkaar te schatten (zie verder bijlage III).

De zuidelijk in het gebied gelegen winning Vasserheide onttrok van 1987 tot en met 1996 vrij constant tussen 0,7 en 0,8 miljoen m³/j en is gestopt in september 1997.

De noordelijk in het gebied gelegen Duitse winning WAZ is in enkele fasen toegenomen van 1,6 miljoen m³/j in 1987 tot 4,1 miljoen m³/j in 2016. De grootste sprong was daarbij van 2001 (2,0 miljoen m³/j) tot en met 2005 (3,5 miljoen m³/j). De 12 pompputten liggen echter zeer sterk verspreid over een gebied van circa 15 km², zodat er sprake zal zijn van enkele lokale onttrekkingskegels. De pompputten vormen 2 min of meer parallelle strengen van 6 pompputten elk, die zich beide uitstrekken van het zuidoosten naar het noordwesten, op 1 à 1,5 km van elkaar. Tot maart 2011 omvatte de winning alleen de oostelijke streng (PP 1 tot en met 6, met een strenglengte van 3,2 km) en de meest noordwestelijk gelegen pompput van de westelijke streng (PP 9). Daarna begonnen gefaseerd ook de 5 andere pompputten (PP 10 tot en met 14) van de westelijke streng mee te draaien. Deze streng heeft een lengte van 5,8 km. Afbeelding 3.4 toont het verloop op jaarbasis van deze 3 deelwinningen.

Aan de hand van de maandelijkse onttrekkingen van de 12 pompputten is het verloop van het zwaartepunt van de WAZ-winning gereconstrueerd, over de periode januari 2000 tot en met augustus 2017 (zie afbeelding 3.4). Het zwaartepunt blijkt in de tweede helft van 2011 circa 700 m naar het westen verplaatst, waarna tussen de 1,2 en 1,5 miljoen m³/jaar van de winning van de oostelijke streng is overgenomen door 5 pompputten van de westelijke streng. Deze 5 pompputten bevinden zich tussen 1,0 en 5,7 km afstand van het zwaartepunt van de winning Manderveen. Aangezien de zwaartepuntverplaatsing van WAZ relatief kort plaatsvond na de reallocatie van de Manderwinning, is het denkbaar dat de hydrologische effecten van deze 2 westwaartse winningsverplaatsingen in het overlappende deel van hun invloedsgebieden moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn.

Afbeelding 3.4 Boven: verloop op jaarbasis van de 3 deelwinningen van WAZ. Onder: tijdreeksen van de X- en Y-coördinaten van het zwaartepunt van de winning WAZ op maandbasis. Van beide reeksen is tevens het voortschrijdend jaargemiddelde weergegeven (dikke lijn)

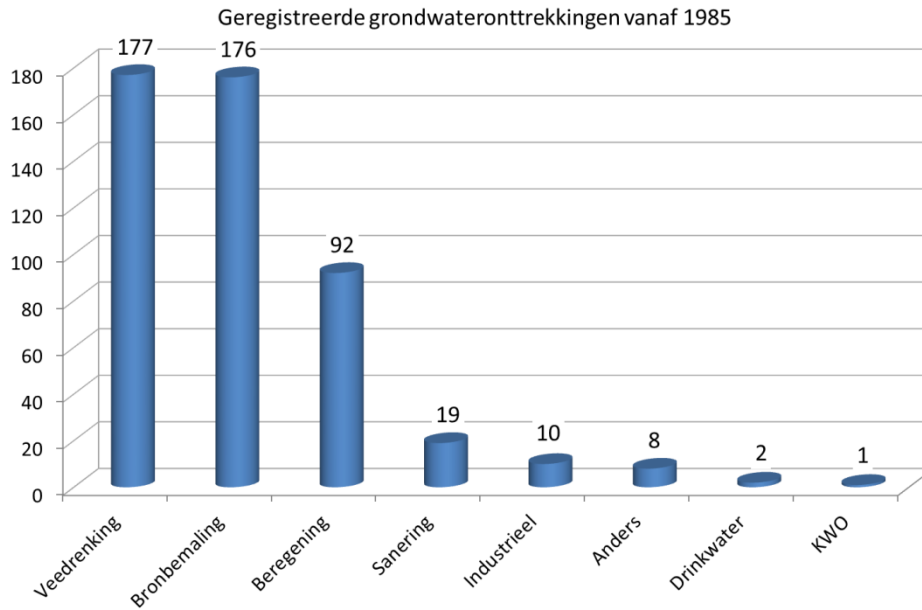


In het MER zijn berekeningen gemaakt van het effect van de reallocatie (zie bijlage VII). Daarbij is uitgegaan van een winningsgrootte van Manderveen van 3 miljoen m³/j en van de WAZ van 6 miljoen m³/j. In het MER is tevens rekening gehouden met de verplaatsing van de winputten van de WAZ. De huidige onttrekking van Manderveen ligt op het niveau dat in het MER is aangenomen, de onttrekking van WAZ is echter lager.

Overige grondwateronttrekkingen

Bij de provincie Overijssel zijn gegevens opgevraagd over alle overige grondwateronttrekkingen (nog actief of actief in het verleden) binnen een straal van circa 8 km rond Mander, die zijn geregistreerd in de periode vanaf 1985. Het bleek om 485 grondwateronttrekkingen te gaan, grotendeels voor veedrenking (177), bronbemaling (176) en beregening (92). Verder zijn er onttrekkingen voor sanering (19), industriële doeleinden (10), drinkwatervoorziening (2), koude-warmte-opslag (1) en onbekend gebruiksdoel (8). Afbeelding 3.5 toont het histogram van het aantal registraties per gebruiksdoel.

Afbeelding 3.5 Histogram van het aantal bij de provincie geregistreerde grondwateronttrekkingen in de omgeving van Mander, per gebruiksdoel. Het betreft de registraties vanaf 1985, uitgezonderd de Vitens-winningen



We beschouwen een onttrekking als mogelijk relevant voor deze studie, als zijn capaciteit meer dan 50 m³/uur bedraagt of als de onttrekking in minstens 1 jaar meer dan 5.000 m³/j bedraagt. Er bleken 83 van de 485 geregistreerde onttrekkingen te voldoen aan dit criterium (zie tabel 3.1). Daarvan is veruit het grootste deel voor bronbemaling (63).

Tabel 3.1 Het aantal bij de provincie geregistreerde grondwateronttrekkingen in de omgeving van Mander, per gebruiksdoel, tevens onderscheiden naar grote onttrekkingen (capaciteit > 50 m³/uur, of onttrekking in minstens 1 jaar > 5.000 m³/j)

Doel	Aantal	Aantal groot
Veedrenking	177	5
Bronbemaling	176	63
Beregening	92	5
Sanering	19	8
Industrieel	10	2
Anders	8	0
Drinkwater	2	0
KWO	1	0
Totaal	485	83

Er bevinden zich 5 van deze mogelijk relevante onttrekkingen op minder dan 300 m afstand van een voor de tijdreeksmodellering geselecteerde peilbuis. Het betreffen 5 onttrekkingen voor bronbemaling. Van deze ligt het voor de hand dat ze de grondwaterstand in de naburige peilbuizen hebben beïnvloed. De bronbemalingen waren echter van korte duur, zodat ze niet hoeven te worden betrokken bij de modellering.

De grootste van de andere mogelijk relevante onttrekkingen is die van de coöperatieve zuivelfabriek De Eendracht in Tubbergen, die operationeel was tot juli 1998, met maximaal 50.000 m³/jaar. Deze bevindt zich op ruim 1,3 km van de dichtstbijzijnde voor onze tijdreeksmodellering gebruikte peilbuis. Gezien de omvang van de onttrekking is er op die afstand echter geen grote invloed op de grondwaterstand te verwachten, zodat deze niet bij de modellering hoefde te worden betrokken.

De overige onttrekkingen bevinden zich op meer dan 300 m afstand van de voor de tijdreeksmodellering geselecteerde peilbuizen en gezien hun relatief beperkte omvang mogen hun invloeden op de beschouwde grondwaterstandreeksen verwaarloosbaar worden geacht.

3.3 Details van de onderzoeksanpak

In bijlage III worden voor de technisch geïnteresseerden de details toegelicht van de onderzoeksanpak van de tijdreeksanalyse. De belangrijkste keuze is dat bij het modelleren van de grondwaterstandreeksen naast het potentieel neerslagoverschot niet de verschillende winningsreeksen als modelinvoer zijn genomen, maar een indicatorvariabele, die tot de reallocatie de waarde nul heeft en daarna de waarde 1. De winningen Manderveen en Manderheide zijn niet als invoerreeksen meegenomen, omdat ze extreem sterk gecorreleerd zijn, zodat hun statistische relaties met de grondwaterstand niet onafhankelijk van elkaar zijn te schatten. En de winning WAZ is niet als invoerreeks meegenomen, omdat het een diffuus stelsel deelwinningen betreft, die een zeer groot gebied omvatten.

3.4 Resultaten van de tijdreeksmodellering

Bij de modelverificatie zijn 2 van de 125 modellen afgekeurd, vanwege een discutabele pasvorm. Daarmee resteerden er resultaten van 123 grondwaterstandreeksen. De geschatte relaties van deze reeksen met de reallocatie zijn vermeld in bijlage IV en op kaart weergegeven in bijlage V. Verder zijn in bijlage VI voor elke gemodelleerde grondwaterstandreeks kenmerken vermeld van de relatie met het potentieel neerslagoverschot, evenals verschilwaarden van reekscomponenten van vóór en ná de reallocatie.

Voor elk van de gemodelleerde grondwaterstandreeksen is zowel een schatting van zijn evenwichtsrelatie met het potentieel neerslagoverschot bepaald, alsook van zijn evenwichtsrelatie met de reallocatie, evenals de bijbehorende standaardfout (een maat voor de precisie van de schatting). Aan de hand van deze resultaten is de statistische significantie van elke geschatte evenwichtsrelatie bepaald.

We noemen een geschatte evenwichtsrelatie met 90 % betrouwbaarheid statistisch significant als de absolute waarde van de schatting groter is dan 1,645 maal zijn standaardfout. Dit komt neer op tweezijdig toetsen met 90 % betrouwbaarheid. Als wordt voldaan aan de vooronderstellingen die ten grondslag liggen aan het tijdreeksmodel, mogen we bij statistische significantie met 90 % betrouwbaarheid stellen dat de wérkelijke evenwichtsrelatie ongelijk is aan nul. Belangrijke vooronderstellingen zijn dat de modelresiduen zijn op te vatten als onafhankelijke trekkingen uit dezelfde normale kansverdeling (ze vormen dan *witte ruis*).

Bij 119 van de 123 modellen is er sprake van een statistisch significante evenwichtsrelatie van het potentieel neerslagoverschot met de grondwaterstand.

En bij 32 modellen is er sprake van een statistisch significante evenwichtsrelatie van de reallocatie met de grondwaterstand. Als het aannemelijk is dat de statistische relatie van de grondwaterstand met reallocatie een volledig causale achtergrond heeft, dan is de evenwichtsrelatie op te vatten als een schatting van de stationaire verandering van de grondwaterstand door de reallocatie. Een statistisch significante relatie is overigens geen formeel bewijs dat het ook een volledig causale relatie betreft. Dus waar in het nu volgende uitspraken worden gedaan over effecten (causale verbanden) op basis van de resultaten van de tijdreeksmodellering blijft dat een min of meer subjectieve vertaalslag.

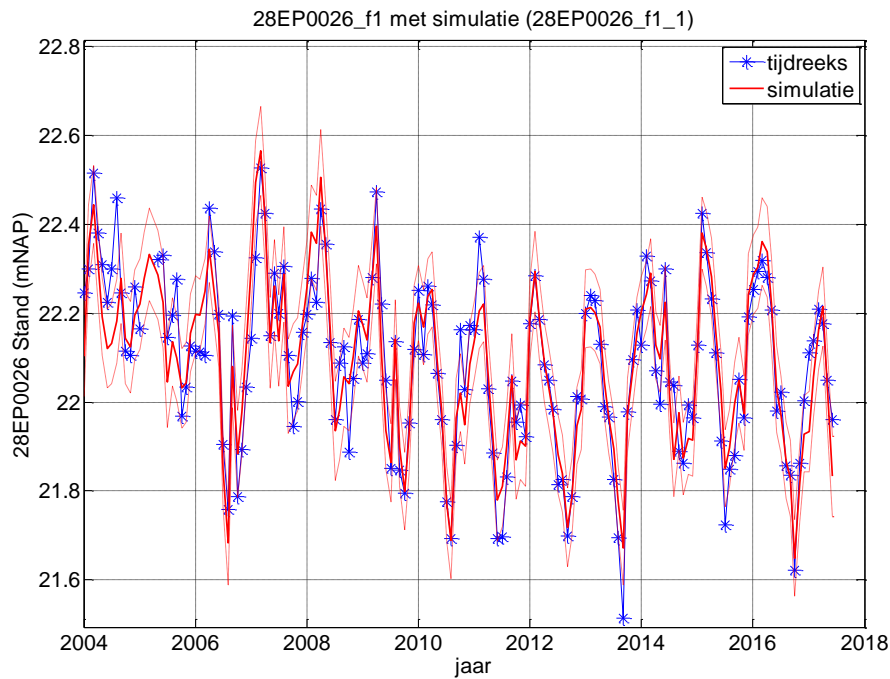
De peilfilters zijn ingedeeld op basis van het voorkomen van het filter binnen een eenheid van een formatie. Voor de indeling naar watervoerende pakketten in de slenk en het gebied ten westen van de slenk is de keileem (Laagpakket van Gieten) als grens gehanteerd tussen het eerste en het tweede watervoerende pakket. Binnen de gestuwde formaties (drc) is een onderscheid gemaakt naar de diepte van het filter, waarbij een filter met de onderkant op minder dan 20 m diepte is ingedeeld bij het eerste watervoerende pakket en diepere filters bij het tweede watervoerende pakket. Hiermee wordt voor de stuwwal een onderscheid gemaakt in ondiepe en diepere systemen.

Voorbeeld van een gemodelleerde grondwaterstandreeks

Ter illustratie van de aanpak, tonen we hier een voorbeeld van de statistische modellering van een grondwaterstandreeks. Het betreft de modellering van de grondwaterstand in peilbuis 28EP0026, met filter 1 in het 2^e watervoerende pakket, op 1,2 km ten westen van het zwaartepunt van de winning Manderveen, 3,4 km ten westen van het zwaartepunt van de winning Manderheide en 2,5 km ten zuidwesten van het zwaartepunt van de winning WAZ (zie kaart in bijlage I).

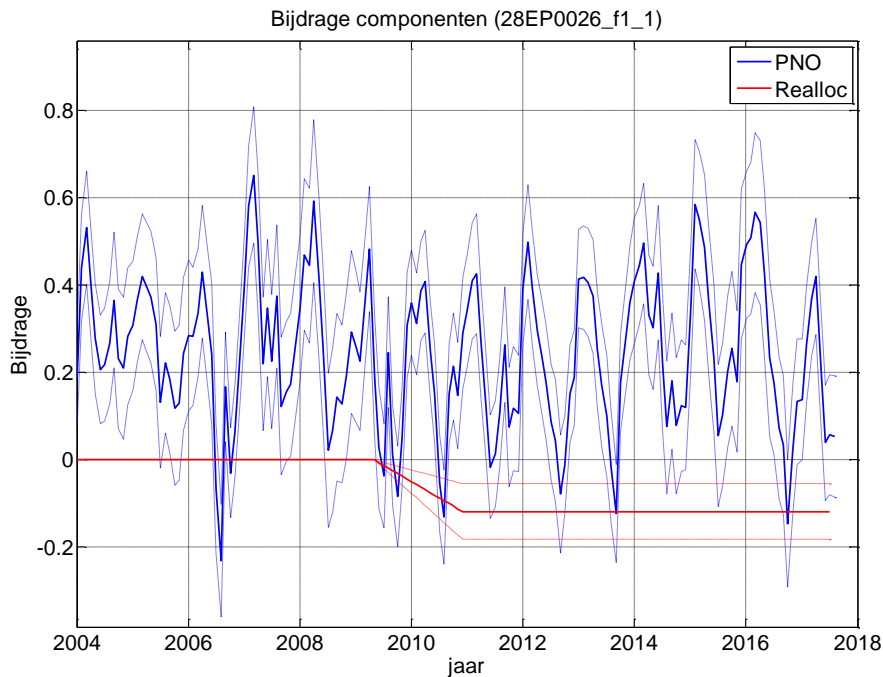
Bij de statistische modellering is de grondwaterstandreeks ontleed in 2 componenten, die de bijdragen van het potentieel neerslagoverschot en de reallocatie weergeven. Afbeelding 3.6 toont zowel het verloop van de maandgemiddelde grondwaterstand als dat van het deterministische deel van het model (dat wil zeggen het model nog zonder de ruis), dat hier bestaat uit de som van de 2 bovengenoemde componenten.

Afbeelding 3.6 Weergave van het bij de tijdreeksmodellering geschatte deterministische deel van het model van de maandgemiddelde grondwaterstand gemeten in filter 1 van peilbuis 28EP0026. De blauwe lijn is het verloop van de maandgemiddelde grondwaterstand. De rode lijn is het deterministische deel van het model, dat hier bestaat uit de som van 2 componenten, namelijk die van het potentieel neerslagoverschot en die van de reallocatie. De rode stippellijnen begrenzen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval van het deterministische deel



Het deterministische deel verklaart 84,6 % van de variantie van deze reeks. De 2 geschatte modelcomponenten zijn afzonderlijk weergegeven in afbeelding 3.7, evenals hun bijbehorende 95 %-betrouwbaarheidsintervallen (de stippellijnen). De geschatte evenwichtsrelatie met de reallocatie is statistisch significant (met 90 % betrouwbaarheid) en bedraagt -11,8 cm verandering, met een standaardfout van 3,3 cm. Ook de geschatte evenwichtsrelatie met het potentieel neerslagoverschot is statistisch significant en bedraagt 38,2 cm verandering per mm/d, met een standaardfout van 9,8 cm per mm/d.

Afbeelding 3.7 Het ontleden van grondwaterstandreeks 28EP0026, filter 1, in de componenten van het potentieel neerslagoverschot (blauw) en de reallocatie (rood). De stippelijnen begrenzen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval van een geschatte component



Van de 80 gemodelleerde grondwaterstandreeksen van het 1^e watervoerende pakket resulteerden er 18 in een statistisch significante evenwichtsrelatie met de reallocatie. En van de 43 gemodelleerde grondwaterstandreeksen van het 2^e watervoerende pakket resulteerden er 14 in een statistisch significante evenwichtsrelatie met de reallocatie.

3.5 Bij tijdreeksmodelleren geschatte relatie grondwaterstand met reallocatie

De bij het modelleren geschatte relatie van de grondwaterstand met de reallocatie is per peilfilter vermeld in bijlage IV. Tevens zijn deze schattingen ruimtelijk weergegeven in de kaarten in bijlage V, waarbij onderscheid is gemaakt naar wel of geen statistische significantie. De reden dat er diverse niet significante effecten voorkomen, is dat de reallocatie relatief beperkt is qua onttrekkingsverschillen en de winning Manderheide slechts een deel van het jaar actief was. De weergegeven waarde per peilbuis geeft het geschatte effect weer van de reallocatie op basis van metingen. Dit is (net als in het MER) een gemiddeld effect over de gehele meetperiode. Naast het effect van de reallocatie kunnen lokale ingrepen ook effect hebben op individuele peilbuizen, maar de verwachting is dat de omvang beperkt is in duur en daarmee op het gemiddelde effect.

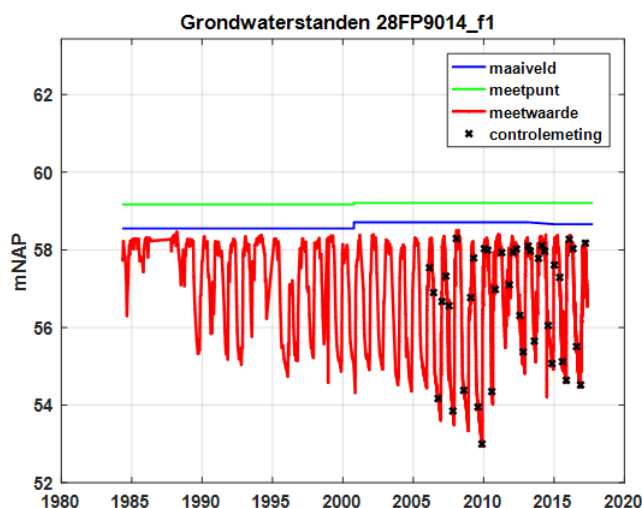
Aan de hand van de kaarten in bijlage V kunnen we het volgende vaststellen over de met tijdreeksmodellering geschatte effecten van de reallocatie van de winning Mander op de grondwaterstand.

- 1 De statistisch significant geschatte effecten van de reallocatie liggen voor het 1^e watervoerende pakket tussen -17 cm en +60 cm, met 1 uitschieter op +100 cm (zie het tekstkader hieronder voor deze laatste). Voor het 2^e watervoerende pakket liggen deze tussen -19 cm en +65 cm. Relatief het meest zijn statistisch significante effecten geschat voor het 2^e watervoerende pakket, namelijk in 33 % van de gevallen (14 van de 43 reeksen). Voor het 1^e watervoerende pakket is dat in 23 % van de gevallen (18 van de 80 reeksen).
- 2 Het merendeel van de statistisch significante effecten treedt op in de directe omgeving van de winningen Manderveen en Manderheide.

- 3 Als we nog alleen naar het teken van de geschatte relatie kijken, zonder te letten op statistische significantie, blijkt dat nabij de winning Manderveen significante verlagingen zijn geschat en nabij de winning Manderheide significante verhogingen. Dit sluit aan op de verwachting, aangezien de reallocatie een verplaatsing inhield van de capaciteit van de winning Manderheide naar de winning Manderveen.
- 4 In het deel van de slenk ten zuiden van de Manderwinningen zijn de meeste effecten geschat als verhogingen (zij het meestal niet statistisch significant), voor beide watervoerende pakketten, ook op grotere afstand van deze winningen. Bij de voorgaande Manderstudie (2013) kwam dat ook al naar voren, zij het minder duidelijk.

Peilbuis met maximaal effect

Een bijzonder resultaat is dat van 28FP9014, filter 1, met een geschatte gemiddelde stijging door de reallocatie van 100 cm (en standaardfout 56 cm). Deze peilbuis ligt 1,3 km ten oosten van Manderheide, op de flank van de stuwwal (maaiveld op 58,7 m NAP). Uit de hieronder weergegeven tijdreeksplot van de grondwaterstand is te zien dat er eerst een duidelijke invloed was van de zomeronttrekking van deze winning en later ook van het stoppen van deze winning vanaf 2010. Maar de invloeden blijken vrijwel louter op te treden in de zomer. De grondwaterstand in de winter wijzigt nauwelijks. Het is niet goed te verklaren waarom juist op deze plek zo'n groot effect wordt afgeleid uit de metingen.



3.6 Hydrologische interpretatie en synthese

Het ruimtelijke patroon van de geschatte effecten van de reallocatie van de winning Mander op de grondwaterstand sluit behoorlijk goed aan op de verwachte contouren vanuit de berekeningen in het MER, net als bij de tussenevaluatie (zie bijlage V). Rondom de winputten van zowel Manderheide als Manderveen is veelal sprake van een significant effect, op groter afstand wordt het resultaat al snel niet significant meer. Ten westen van Manderveen lijkt het afgeleide effect iets groter te zijn dan voorspeld. Rondom Manderheide en deels op de stuwwal worden verhogingen afgeleid, die soms fors oplopen. De verhogingen in het winpakket lopen op tot circa 65 cm rondom de voormalige winning Manderheide. In het zuidelijk deel van de berekende verhogingscontour uit het MER worden uit de metingen ook verhogingen afgeleid, al zijn deze veelal niet statistisch significant.

In het eerste watervoerende pakket zijn rondom Manderheide verhogingen afgeleid van circa 27-60 cm dit is veel lager dan de circa 75 cm die in het MER is berekend. Mogelijk is er sprake van de aanwezigheid van een relatief slecht doorlatende laag, waardoor de veel hogere effecten uit het 2^{de} watervoerend pakket minder doorwerken. Ten zuiden van Manderheide worden wel verhogingen afgeleid die passen in het beeld van het MER. De verhoging (> 5 cm) van grondwaterstanden rondom Manderheide wordt in zuidelijke richting in

peilbuizen teruggevonden tot op circa 3-4 km. De sterke zuidelijke oriëntatie van het invloedsgebied was in het MER ook al berekend en is met name het gevolg van de aanwezigheid van de breuken die de slenk begrenzen. In oostelijke richting wordt de invloed teruggevonden in peilbuizen op circa 1,5 km, in westelijke richting tot circa 1 km. De afgeleide verhogingen in het tweede watervoerende pakket zijn rondom Manderheide minder groot dan op basis van de berekeningen in het MER wordt verwacht.

Rondom Manderveen zijn verlagingen afgeleid in het eerste en tweede watervoerende pakket van circa 15 cm, met name rondom de nieuwe winvelden. Binnen 1 km rondom het pompstation bedragen de verlagingen ongeveer 15 cm, op 1,5 km neemt dat af tot 5 cm. Dit komt redelijk overeen met de verwachtingen uit het MER, al lijken de gemeten verlagingen wel wat groter te zijn. Ten westen van Manderveen is voor 1 peilbuis een verlaging van 10 cm afgeleid die buiten de berekende contour van het MER ligt.

Dat de verlagingen rondom Manderveen zich in een wat groter gebied voordoen (ten opzichte van het MER) en de wat minder grote verhogingen rondom Manderheide kunnen een aanwijzing zijn dat het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten in de slenk in het grondwatermodel destijds wat onderschat zijn.

Aangezien de zwaartepuntverplaatsing van WAZ relatief kort plaatsvond na de reallocatie van de Manderwinning, is het denkbaar dat nabij de Duitse grens de bij de tijdreeksmodellering geschatte relatie van een grondwaterstand met de Mander-reallocatie deels ook een relatie met de zwaartepuntverplaatsing van WAZ weergeeft.

De verwachting is dat het resultaat van deze evaluevaluatie betrouwbaarder is dan het resultaat van de tussenevaluatie, dankzij de beschikbaarheid van langere meetreeksen van ná de reallocatie en het gebruik van een directere modelleeraanpak.

3.7 Conclusies per deelgebied

In deze paragraaf worden de resultaten van de tijdreeksanalyse per deelgebied besproken.

Kwelgebied (ten) westen van de slenk

In het kwelgebied dat ten en in het westen van de slenk is gelegen is op te delen in een noordelijk en een zuidelijk deel. In het noordwestelijk deel worden vooral verlagingen afgeleid die variëren van enkele centimeters tot maximaal 19 cm. Deze verlagingen doen zich in een wat groter gebied voor dan in het MER is afgeleid. Zo worden er bijvoorbeeld ook ten westen van de breuk nog verlagingen tot circa 12 cm afgeleid. Dit is met name rondom Manderveen het geval. In het zuidwestelijk deel worden veelal kleine niet significante verhogingen afgeleid.

Infiltratiegebied in het oosten van de slenk

In het oostelijk deel van de slenk worden vooral verhogingen afgeleid. Met name in het noordoostelijk deel van de slenk (rondom de voormalige locatie van Manderheide) worden verhogingen afgeleid tot circa 65 cm in het gepompte pakket. Dit is wel lager dan berekening uit het MER, waarin grotere verhogingen werden verwacht (in het MER meer dan 100 cm in het tweede watervoerend pakket). Deze verhogingen werken in zuidelijke richting door. Gezien de aanwezigheid van breuken is dit goed verklaarbaar. De mate van verhoging is in dit zuidelijk deel soms wel groter dan in het MER is berekend.

Stuwwal

Op de stuwwal worden veelal niet significante effecten afgeleid. Opvallend genoeg zijn er echter ook een aantal significante effecten afgeleid die qua omvang kunnen oplopen van enkele decimeters tot maximaal 1 m. Ook in het zuidelijk deel van de stuwwal is dit het geval. Dit suggereert in bepaalde delen een relatie tussen de slenk en de stuwwal. De locaties waar deze verhogingen worden afgeleid, komen deels overeen met de zones in de stuwwal die in RHDHV (2016) als mogelijk gevoelig voor veranderingen in de stijghoogte in de slenk worden aangemerkt. Deze gevoeligheid kan deels worden verklaard uit de aanwezigheid van

ingesloten zandafzettingen in de stuwwal en de aanwezigheid van erosiedalen met zandige afzettingen. Anderzijds moet worden opgemerkt dat deze veranderingen deels mogelijk ook verklaard kunnen worden uit lokale hydrologische ingrepen die gelijktijdig aan de reallocatie zijn opgetreden, maar daarvan zijn onvoldoende gedetailleerde gegevens bekend.

4

VERANDERING OPPERVLAKTEWATERKWANTITEIT

4.1 Inleiding

Voor wat betreft de oppervlaktewaterkwantiteit is met name de vraag van belang wat de invloed van de reallocatie is op de afvoeren van de beken (zie afbeelding 1.2 voor de ligging). Daarbij is het van belang om te bedenken dat de afvoer van een beek wordt bepaald door diverse componenten. Grofweg kunnen de volgende componenten worden onderscheiden:

- een **neerslagcomponent**: dit is de afvoer die direct na een bui ontstaat en bestaat uit neerslagwater wat direct op of in de nabijheid van de beek valt. Daarnaast kan er water oppervlakkig afstromen indien de neerslagintensiteit de infiltratiecapaciteit van de bodem overschrijdt. Bovendien kunnen ondiepe greppeltjes en andere detailontwatering bijdragen aan een snelle afvoer;
- een **grondwatercomponent**: dit is een afvoer die wordt bepaald door de variatie in de grondwaterstanden in de omgeving van de beek. In de bodem is sprake van berging, waardoor er een afvlakking van pieken zal optreden. De grondwatercomponent kan in ondiepe systemen (bijvoorbeeld bij schijngrondwaterspiegels) vrij snel reageren op perioden met neerslag. Bij diepere grondwaterstanden of bij kwel vanuit diepere pakketten kan er een aanzienlijke vertraging optreden (met maanden tot tientallen jaren), waardoor er sprake is van een vrijwel continue bijdrage aan de afvoer. In langdurige droge perioden zorgt deze grondwaterbijdrage voor een afvoer die de basisafvoer wordt genoemd;
- een component die wordt bepaald door lozingen (bijvoorbeeld RWZI effluent) en onttrekkingen uit de beek die een geheel eigen tijdsvariatie kennen, maar naar verwachting beperkt van invloed zijn qua tijdsduur en omvang.

Voor de evaluatie van de winning is met name de vraag of de grondwaterbijdrage door de reallocatie verandert. Daarom is een analyse gemaakt van de basisafvoer op basis van metingen in diverse beken in de periode 2008-2017. De analyse methode voor het bepalen van de basis afvoer is gebaseerd op log-transformatie en wordt in de volgende paragrafen nader uitgewerkt.

4.2 Meetpunten

In tabel 4.1 zijn de meetlocaties weergegeven en is een korte omschrijving van het meetpunt opgenomen. De ligging van de meetpunten is opgenomen in bijlage I. De meetpunten 354 en 355 zijn niet ingericht als afvoermeetpunt (zie meetprotocol Mander). Bij meetpunt 355 wordt de afvoer wel gemeten, maar omdat het meetpunt hier niet specifiek voor is ingericht, zijn deze metingen niet erg betrouwbaar bij lage afvoeren. Van meetpunt 132 zijn geen metingen.

Tabel 4.1. Ligging meetpunten waar zowel afvoer als waterstanden worden gemeten. Bij meetpunt 354 worden alleen waterstanden gemeten

code	naam	x	y
356	Mosbeek, watermolen van Bels, Hezigen	254090,04	496337,05
355	Mosbeek , Bergweg, Mander	253470,93	496164,42
354	Mosbeek, Mandermaten, Mander	251783,38	496165,46
353	Mosbeek, Wennerkamp, Mander	251259,97	495811,30
359	Mosbeek, Iemsche bij vistrap	249174,24	494472,51
358	Hazelbeek, De Mast, Vasserweg, Nutter	254439,71	494066,94
357	Hazelbeek, Boakenkampsweg, Vasse	253258,81	493910,82
132	Geestersche Molenbeek, Hardenbergerweg, Geesteren	247655,74	495615,73
337	Geestersche Molenbeek, Vermolenweg, Geesteren	245497,00	494734,00
194	Itterbeek benedenloop	244609,34	495338,79
389	Itterbeek bovenloop Duitse Grens	246515,05	498807,38
388	Itterbeek bovenloop Haarsloot Duitse Grens	247160,85	498354,86
191	Broekbeek benedenloop	244897,00	495046,00
192	Broekbeek bovenloop Eendenbeek Duitse Grens	245999,36	496392,67

Onderstaand is voor alle meetpunten een korte omschrijving opgenomen van de ligging en doel van de meetpunten.

Meetpunten Mosbeek

356 Watermolen van Bels

Dit meetpunt ligt op de oostrand van de slenk van Reutum, waar de overwegend kleiige gestuwde afzettingen overgaan in de meer grofzandige smeltwaterafzettingen en keileem van het balkon. Dit meetpunt geeft een beeld van de afvoer die de Mosbeek ontvangt vanaf de stuwwal. Benedenstrooms van dit punt ligt het beektraject waar naar verwachting infiltratie naar de slenk optreedt. Vooraf was de verwachting dat de beek op dit punt altijd watervoerend zal zijn en niet droogvalt.

355 Bergweg

Dit meetpunt ligt aan de oostrand van de slenk van Reutum, direct stroomafwaarts van de grens van de gestuwde formaties die het balkon vormen. Naar verwachting infiltreert de Mosbeek ter hoogte van dit punt. Verschillen in basisafvoer met het bovenstrooms gelegen punt 356 Watermolen van Bels geven wellicht een indicatie van de mate van infiltratie van de Mosbeek op het balkon. De verwachting vooraf was dat de beek hier in de zomer jaarlijks droog valt door infiltratie naar de slenk. Een afname van die droogval zou een aanwijzing kunnen zijn van invloed van de reallocatie op de infiltratie van de Mosbeek op het balkon.

354 Mandermaten bovenstrooms van de Vleerhoekweg

Dit meetpunt ligt aan de westkant van de slenk, direct bovenstrooms van de Vleerhoekweg. Dit meetpunt meet geen debiet, maar alleen de waterstanden.

353 Wennerkamp

Dit meetpunt ligt bij de westrand van de slenk van Reutum, een paar honderd meter voordat het diepe zandige pakket overgaat in het dunnere pakket dat kenmerkend is voor het gebied ten westen van de slenk. Naar verwachting treedt kwel op vanuit de slenk. Bij dit meetpunt zou een afname van de kwel en daarmee de watervoerendheid van de beek door de toename bij de winlocatie Manderveen merkbaar kunnen zijn. Een toename van watervoerendheid ten opzichte van het bovenstrooms gelegen meetpunt 354 zou een toegenomen invloed van kwel vanuit de slenk op de watervoerendheid kunnen aangeven.

359 Iemscheweg bij vistrap

Dit meetpunt ligt ongeveer 2 km ten westen van de slenk van Reutum, naar verwachting draineert de beek in het traject tussen 353 en 359 het lokale grondwater. In het traject tussen 353 Wennerkamp en 359 Iemscheweg is geen invloed van de reallocatie te verwachten, maar bijvoorbeeld wel verschillen door jaarlijkse neerslaghoeveelheid.

Meetpunten Hazelbeek

358 De Mast

Dit meetpunt ligt ter hoogte van de plek waar de Onderbeek vanuit het Hazelbekke het landbouwgebied instroomt. Het meetpunt ligt net bovenstrooms van de rand van het balkon, dus mogelijk infiltreert de beek al in het traject bovenstrooms van dit meetpunt. De rand van de slenk ligt in het Hazelbekke, waarschijnlijk net stroomafwaarts van het trilveen.

357 Boakenkampsweg

Dit meetpunt ligt aan de westrand van de slenk. De verwachting is dat de beek hier regelmatig droogvalt als gevolg van infiltratie naar de slenk. Vergelijking van de afvoerverschillen tussen de meetpunten 358 en 357 geeft mogelijk een indruk van de grootte van de infiltratie naar de slenk.

Meetpunten Molenbeek

De meetpunten 337 en 132 zijn bedoeld om de afvoer en bijdrage van de Molenbeek te kwantificeren.

Meetpunten Itterbeek

Zowel de inkomende stroom vanaf Duitsland (meetpunten 388 en 389) als de hoeveelheid water aan het eind stroomgebied (meetpunt 194) wordt gemeten om het effect van de winning in Nederland te kunnen kwantificeren.

Meetpunten Broekbeek

Zowel de inkomende stroom vanaf Duitsland (meetpunt 192) als de hoeveelheid water aan het eind stroomgebied wordt gemeten (meetpunt 191) om het effect van de winning in Nederland te kunnen kwantificeren.

4.3 Geleverde dataset

Bij de eindevaluatie is data aangeleverd voor meetpunten die grotendeels overeenkomen met de meetpunten bij de tussenevaluatie. Er is tevens data aangeleverd voor enkele meetpunten die bij de tussenevaluatie niet beschikbaar waren (355, 363 en 462). Er ontbreekt echter nieuwe data van een meetpunt (132). Van 2 meetpunten (363 en 462) zijn geen coördinaten bekend. Op basis van de omschrijving van deze meetpunten zijn deze ingedeeld bij Broekbeek (363) en de Hazelbeek (462).

Uit de validatie van de data van oppervlaktewaterstanden en debieten is gebleken dat deze over het algemeen voldoende is. Bij nadere bestudering van de data(kwaliteit) van met name de debieten valt het volgende op:

- de gaten in de tijdreeksen van debiet en waterstand op hetzelfde meetpunt vallen niet samen, wat merkwaardig is als het debiet op basis van een Q-H-relatie wordt berekend;
- het debiet bij de meetpunten 388 en 191 maakt halverwege 2017 een merkwaardige sprong die niet waarschijnlijk is veroorzaakt door een meetfout;
- een groot deel van de reeksen heeft ontbrekende data in de periode juli 2015 tot oktober 2016.

4.4 Bepaling basisafvoer door log-transformatie

Voor het bepalen van de basisafvoer is gebruik gemaakt van een methode waarmee een continue schatting van de basisafvoer kan worden gegeven.

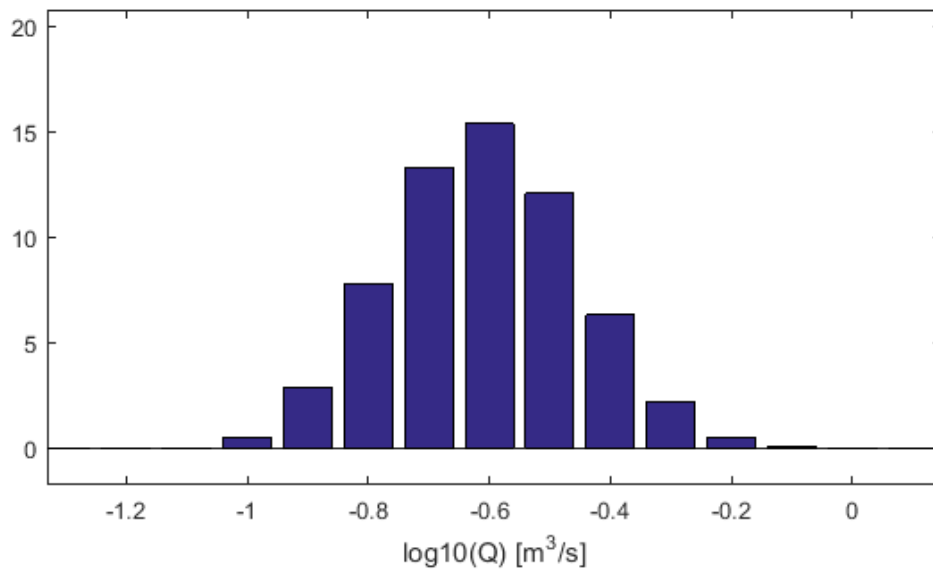
Uit de reeksen met oppervlaktewaterafvoer is een analyse van de basisafvoer gemaakt. Voor de analyse is gekeken naar de periode vanaf 1 januari 2008 tot oktober 2017 voor zover hiervoor metingen beschikbaar waren. Ter bepaling van de basisafvoer zijn de volgende stappen doorlopen:

1. voor de analyse wordt een tijdreeks met daggemiddelde afvoer gebruikt. De daggemiddelde waarden zijn bepaald uit de meetreeks met uurgemiddelde waarden. Dit heeft als voordeel dat variatie als gevolg van meetonnauwkeurigheden wordt uitgemiddeld;
2. op de afvoerreeks is een log-transformatie uitgevoerd;
3. van de log-getransformeerde afvoerreeks is een histogram gegenereerd;
4. het histogram is ontdaan van de invloed van ruis door middel van een 'smoothing filter' (afbeelding 4.1);
5. de log-getransformeerde afvoerpiek is bepaald;
6. de inverse log afvoer van de piekwaarde is bepaald. Dit is een maat voor de basisafvoer.

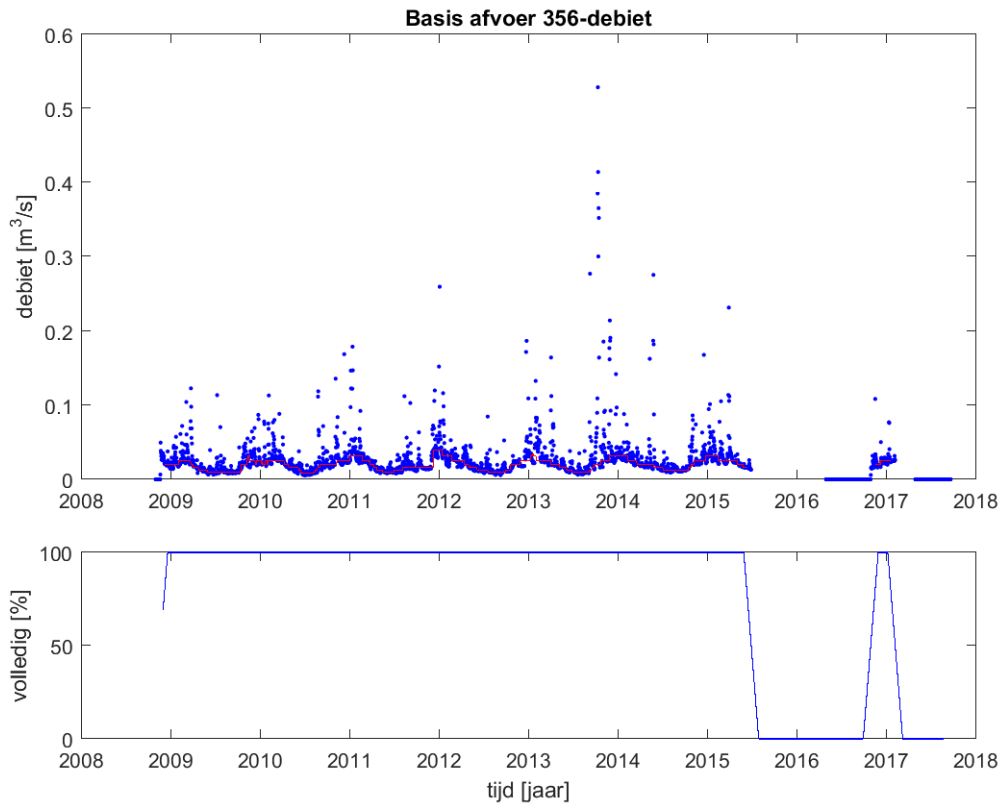
Deze methode is beschreven in Sanderson (2008). De methode gaat uit van bovenstaande bewerking in een 'moving window' van 61 dagen die wordt toegepast op de debietreeksen, zodat er een beeld ontstaat van de basisafvoer in de tijd. De aldus verkregen afvoer is gemiddeld over een maand.

De gevolgde methode geeft een benadering van de basisafvoer en gaat uit van een vereenvoudiging van de werkelijkheid. De methode zal daarom in verschillende situaties verschillend presteren. De methode geeft over een langere periode een goede benadering van de basisafvoer.

Afbeelding 4.1 Voorbeeld smoothed log-getransformeerde afvoer voor een periode van meetpunt 194 (Itterbeek benedenloop)



Afbeelding 4.2 Afgeleide basisafvoer (moving window voor 61 dagen) voor afvoerreeks 356 Mosbeek bovenloop (rode lijn) en volledigheid van de data (onder)

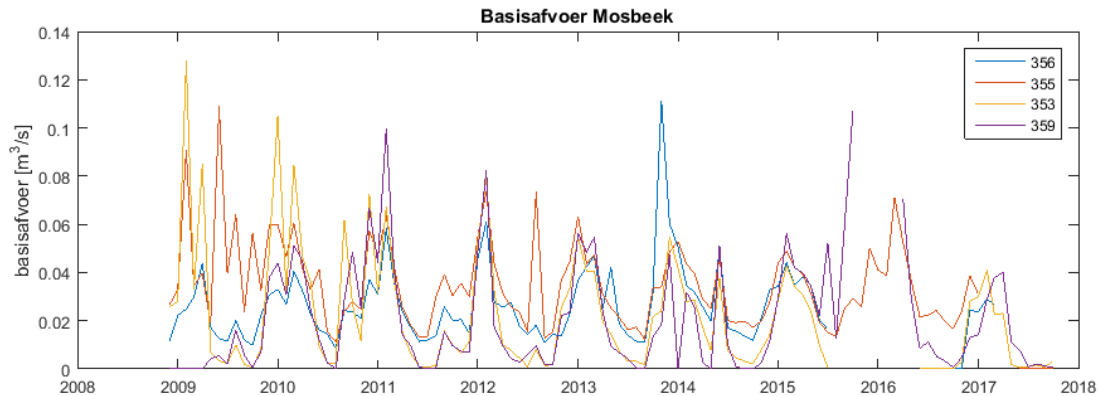


4.5 Afgeleide basisafvoer uit metingen

4.5.1 Mosbeek

In afbeelding 4.3 is de maandgemiddelde basisafvoer weergegeven. Wat hierbij opvalt is dat de basisafvoer bij meetpunten 356 (nabij watermolen van Bels, Hezingen) en 355 (Bergweg, Mander) met name in de zomermaanden hoger is dan de stroomafwaarts gelegen lagere meetpunten 353 (Wennerkamp, Mander) en 359 (Iemsche bij vistrap). Kennelijk blijft de aanvoer vanaf de stuwwal gedurende de zomermaanden in stand, maar is er in het beektraject na meetpunt 355 sprake van infiltratie. Dit is bij de tussenevaluatie ook geconstateerd.

Afbeelding 4.3 Ontwikkeling basisafvoer Mosbeek



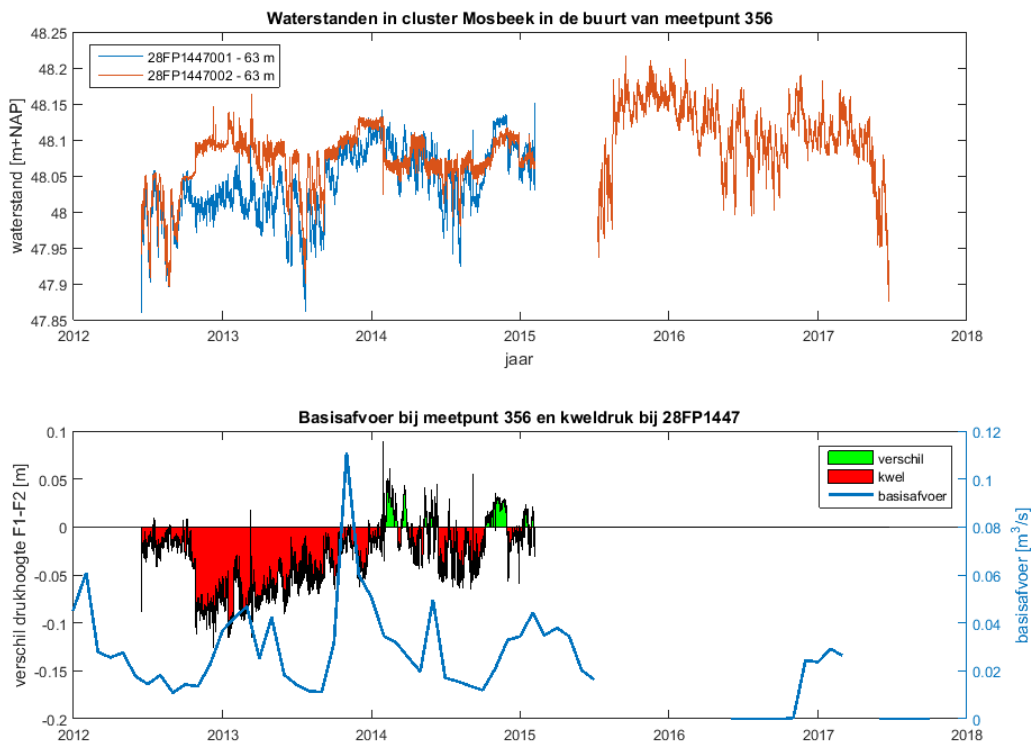
De reeksen voor de basisafvoer zijn getoetst op trends met behulp van de Seasonal Kendall test, die in staat is in reeksen met een sterke seizoensvariatie lineaire trends te detecteren. De test onderzoekt de optredende trends op maandbasis. Daartoe zet de trend alle basisafvoeren van alle januari's op een rij en detecteert of er een trendmatige ontwikkeling is. Vervolgens worden alle februari's geanalyseerd, et cetera.

In de basisafvoerreeksen van de Mosbeek heeft deze test geen significante trends geconstateerd. De natuurlijke variatie in de basisafvoer (als gevolg van variatie in neerslag) is vrij groot wat het bepalen van trends bemoeilijkt.

Bij de tussenevaluatie is een licht stijgende trend geconstateerd in de basisafvoer bij meetpunt 356 die mogelijk toegeschreven zou kunnen worden naar de in 2007 uitgevoerde maatregelen in het kader van het project 'Terug naar de Bron'. Deze trend kan op basis van de nieuwe gegevens statistisch niet worden aangetoond en lijkt ook niet door te zetten in de jaren tot 2017.

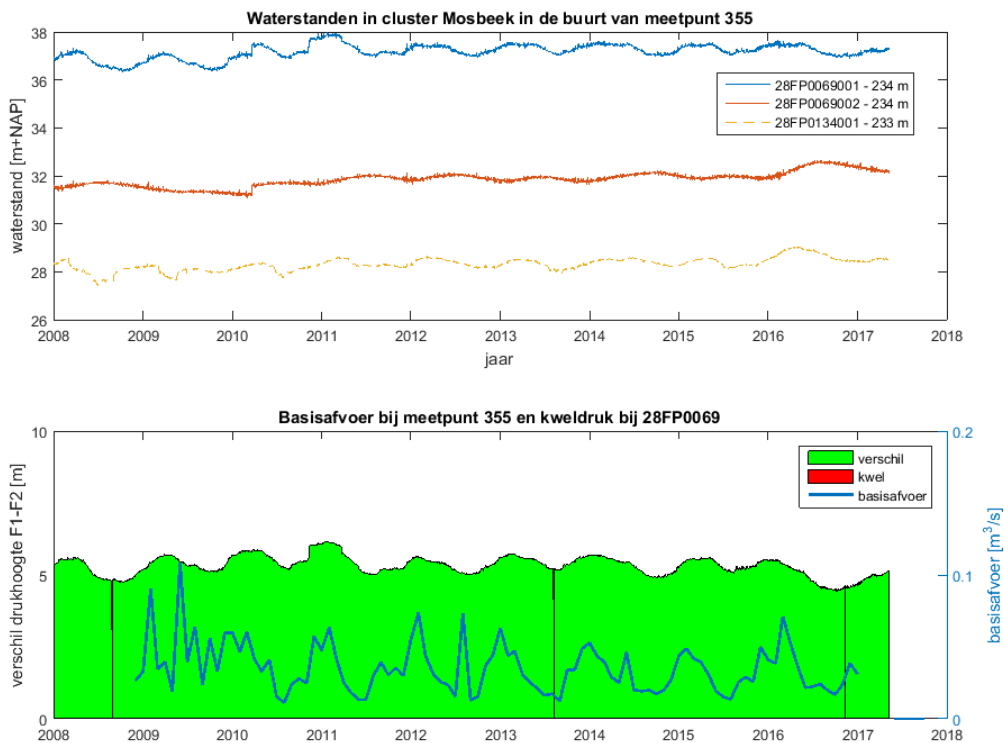
De Mosbeek heeft bij meetpunt 356 (Watermolen van Bels) een peil van circa NAP +42,6 m. Heel dicht bij dit meetpunt staat een peilbuis voor de grondwaterstand. Het peil van het ondiepe grondwater van 28FP1447 (op 63 m afstand) is circa NAP +48 m, wat meer dan 5 m boven het beekpeil ligt. Helaas is de data van dit meetpunt van slechte kwaliteit. De data van filter 1 is alleen beschikbaar in 2013 en 2014. De grondwaterstand kent bovendien een grillig verloop. Voor een groot deel van de tijd dat er data beschikbaar is van zowel filter 1 als filter 2, is er sprake van kweldruk. We kunnen dus concluderen dat de beek in dit traject zeer waarschijnlijk wordt gevoed vanuit het grondwater. Vanwege de slechte kwaliteit van de grondwaterstandsreeksen valt dit echter niet heel goed vast te stellen.

Afbeelding 4.4 Relatie grondwaterstanden en basisafvoer Mosbeek (meetpunt 356)



Bij meetpunt 355 (Bergweg) liggen 2 meetpunten voor de grondwaterstand. Peilbuis 28FP0069 ligt op 234 m afstand (2 filters) en peilbuis 28FP0134 ligt op 233 m (alleen filter 1). Het verschil in de grondwaterstand tussen beide peilbuizen is fors: circa NAP +37 m (28FP0069-1) tegen circa NAP +28 m (28FP0134-1). Hoe dan ook, de grondwaterstand ligt hier circa 2 m onder het peil van de Mosbeek bij meetpunt 355 NAP +38,9 m (boven waterstand). Er is ook geen sprake van kwel. De waterstand bij filter 2 van 28FP0069 heeft een gemiddeld niveau van NAP +32 m. In dit traject vindt infiltratie vanuit de beek naar het grondwater plaats. Voor de peilbuis 28FP0069 (zie afbeelding 4.4) is in de statistische analyse een verhoging van de grondwaterstand bepaald van circa 27 cm als gevolg van de reallocatie. Deze peilbuis bevindt zich echter ook in het traject waar de grondwaterstand circa 2-2,5 m lager is dan het beekpeil. In dit gebied zal de beek dus niet profiteren van de hogere grondwaterstand.

Afbeelding 4.5 Relatie grondwaterstanden en basisafvoer Mosbeek (meetpunt 355)



Voor het meetpunt 354 (Vleerhoeksweg) is geen nieuwe meetdata beschikbaar.

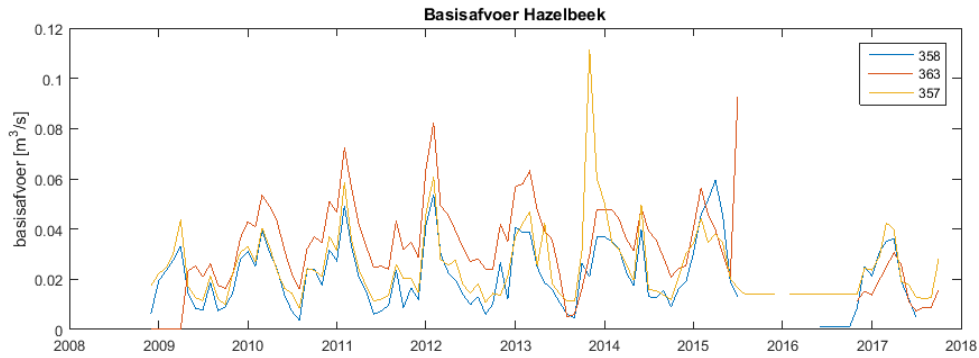
Nabij het meetpunt 353 (Wennerkamp) is de gemeten grondwaterstand bij peilbuis 28FP0015 op 381 m van het meetpunt gedurende het grootste deel van het jaar hoger dan het beekpeil. Het beekpeil ligt op circa NAP +27,3 m en de grondwaterstand varieert tussen NAP +27 en +28 m. Het verschil is het grootst in februari (bijna 1 m) en wordt licht negatief (-0,2 m) aan het eind van de zomer. Bij de tussenevaluatie was geconstateerd dat de grondwaterstand in de omgeving van de beek vanaf 2003 niet meer boven het beekpeil lag. Dat lijkt op basis van de huidige data niet te kloppen. Mogelijk is destijds vergeleken met een andere peilbuis. Bij

Het meetpunt 359 (Iemsche bij Vistrap) ligt meer stroomafwaarts. De Mosbeek heeft hier een peil van NAP +19 m. Er staan geen grondwaterpeilbuizen met goede meetreeksen dicht bij dit meetpunt. De 2 dichtstbijzijnde staan op 1.055 m (28EP9002, slechts 1 filter) en 1.302 m (28FP0135, 2 filters).

4.5.2 Hazelbeek

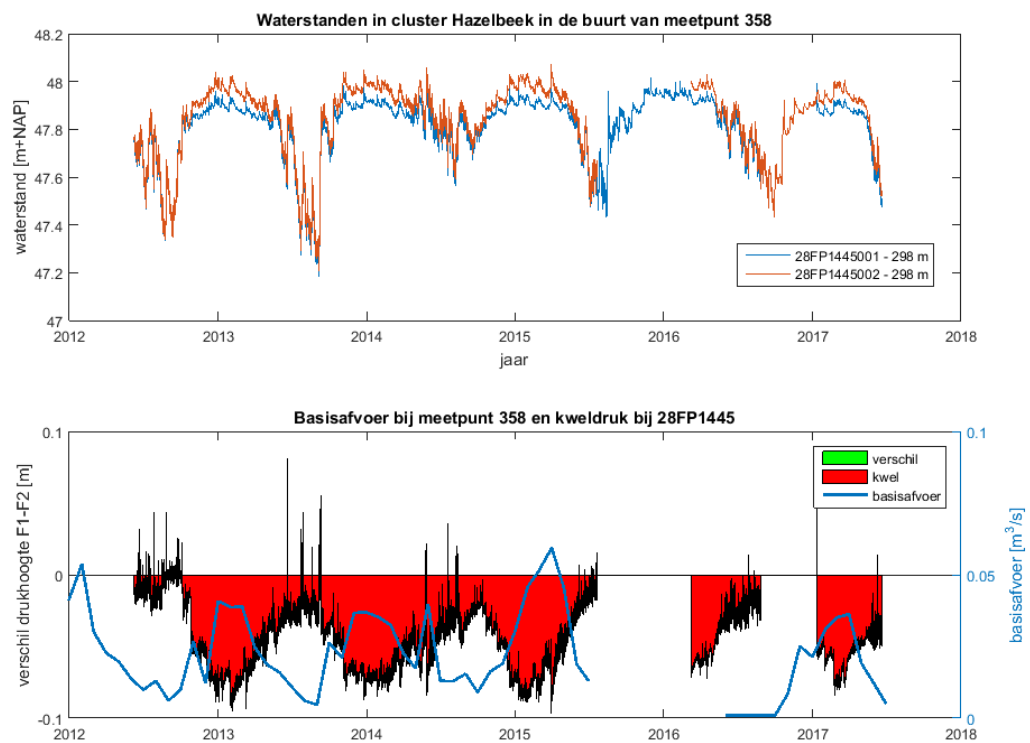
De basisafvoer in de Hazelbeek is weergegeven in afbeelding 4.6. In de Hazelbeek is geen sprake van periode met droogval (afvoer behoudens foute/verdachte metingen altijd groter dan 0). De grondwaterbijdrage in het brongebied is kennelijk zodanig dat er sprake is van een continue afvoer, ook in langdurig droge perioden. De basisafvoer vertoont een sterk seizoensmatig patroon. Met de Seasonal Kendall test zijn geen significante trends geconstateerd. Helaas ontbreekt de data van de winter 2015/2016. De basisafvoer in de winter van 2016/2017 lijkt wat lager dan de voorgaande jaren. Dit is echter niet statistisch nader kwantificeerbaar.

Afbeelding 4.6 Basisafvoer bij meetpunten in de Hazelbeek



Bij meetpunt 358 (De Mast, Vasserweg, Nutter) is het bovenstroomse beekpeil circa NAP +42,6 m. Op 298 m ligt meetpunt 28FP1445 voor de grondwaterstand waar 2 filters worden bemeten. De waterstand en de kweldruk bij dit meetpunt is weergegeven in afbeelding 4.7.

Afbeelding 4.7 Grondwaterstanden, kweldruk en basisafvoer bij meetpunt 358 (De Mast, Vasserweg) in de Hazelbeek



De grondwaterstand ligt met circa NAP +47,9 m ruim boven het waterpeil van de beek. In de zomerperiode lijkt er sprake van wegzijging waarbij het grondwaterpeil meer dan een halve meter zakt. Omdat er 2 filters zijn, kan afgeleid worden dat er sprake van vrijwel een voortdurende kweldruk. De waterdruk van het diepe filter is vrijwel altijd hoger dan het ondiepe filter. Er is sprake van een duidelijke seizoensvariatie met een hogere kweldruk in de winter en een lage kweldruk in de zomerperiode. De pieken in de basisafvoer van de Hazelbeek bij dit meetpunt vallen samen met de pieken in de kweldruk. Bij dit meetpunt kan worden gesteld dat de Hazelbeek wordt gevoed vanuit het grondwater. De data in 2015 en 2016 is niet helemaal compleet, maar er lijkt geen sprake van een duidelijke toe- of afname van grondwaterstanden, kweldruk of basisafvoer.

Het meetpunt 357 (Boakenkampsweg, Vasse) heeft een beekpeil van NAP +34,6 m. Er zijn geen peilbuizen met goede meetreeksen nabij dit beektraject.

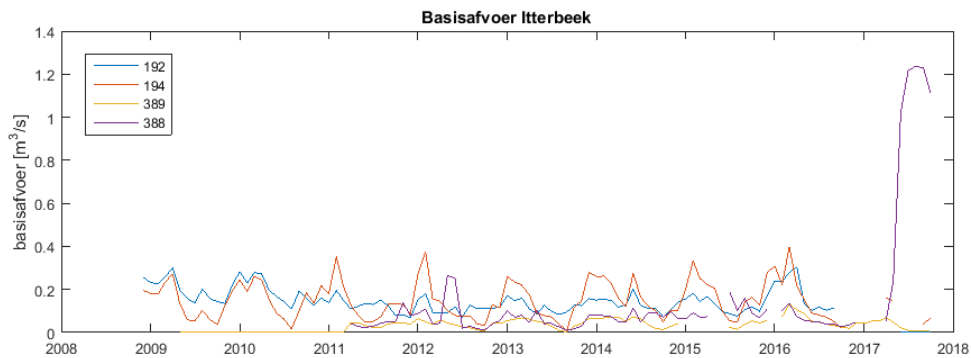
Het meetpunt 363 (Springendalbeek) heeft een waterpeil van NAP +23 m. Omdat er geen coördinaten van dit meetpunt bekend zijn, kan het niet worden vergeleken met grondwaterstanden in de omgeving.

4.5.3 Itterbeek

De basisafvoer van de Itterbeek is weergegeven in afbeelding 4.8. Deze beek heeft een deel van haar brongebied in Duitsland, waarvan de afvoer dus mogelijk wordt beïnvloed door de ontwikkelingen in de Duitse winning (WAZ). In de basisafvoer komt een regelmatig seizoenspatroon naar voren. Bij het toepassen van de Seasonal Kendall test zijn geen significante trends gedetecteerd.

Het debiet en de basisafvoer bij meetpunt 388 laat een merkwaardige sprong zien halverwege 2017. Het is zeer onwaarschijnlijk dat de basisafvoer in zo korte tijd vertienvoudigd is. Waarschijnlijk is sprake van een meet- of rekenfout.

Afbeelding 4.8 Basisafvoer bij meetpunten in de Itterbeek



Bij meetpunt 389 (Itterbeek bovenloop, Duitse grens) is sprake van een zomerpeil van NAP +17,9 m en een winterpeil van NAP +16,5 m. Uit de data blijkt dat het waterschap in 2016 het zomerpeil al vroeg in het jaar heeft ingesteld. Er zijn geen peilbuizen waar grondwaterstand wordt gemeten dichtbij dit meetpunt is.

Het gedrag bij meetpunt 388 (Itterbeek bovenloop, Haarsloot, Duitse grens) komt het gedrag sterk overeen met dat van het voorgaande meetpunt. Ook hier is sprake van een zomerpeil (NAP +17,1 m) en een winterpeil (NAP +16,8 m). In afwijking daarop wordt in 2016 gedurende de zomer het winterpeil gehanteerd.

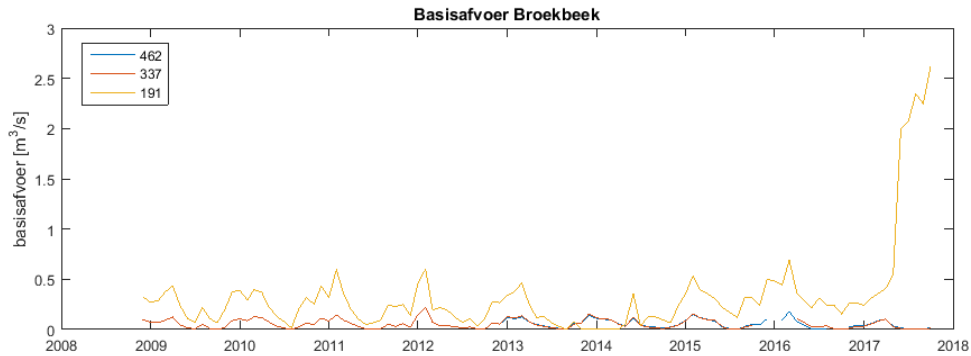
Het meetpunt 192 (Itterbeek benedenloop) zijn geen peilbuizen met goede meetreeksen beschikbaar.

4.5.4 Broekbeek

De basisafvoer van de Broekbeek is weergegeven in afbeelding 4.9. Deze beek heeft evenals de Itterbeek een deel van haar brongebied in Duitsland, waarvan de afvoer dus mogelijk wordt beïnvloed door de ontwikkelingen in de Duitse winning (WAZ). In de basisafvoer komt een regelmatig seizoenspatroon naar voren, maar er lijkt geen sprake te zijn van een trendmatige ontwikkeling.

Bij meetpunt 191 is in 2017 een merkwaardige sprong in het debiet en daarmee de basisafvoer. Er lijkt sprake van een meet- of rekenfout.

Afbeelding 4.9 Basisafvoer bij meetpunten in de Broekbeek



De meetpunten 191 (Broekbeek benedenloop) en 337 (Geestersche Molenbeek, Hardenbergerweg, Geesteren) en 462 (Hardenbergerweg) liggen in de Broekbeek. Bij deze meetpunten gelden de volgende gemiddelde waterstanden:

- 462: NAP +16,2 m;
- 337: NAP +13,2 m;
- 191: NAP +12,3 m (winter) en NAP +12,7 m (zomer).

Van het meetpunt 462 zijn geen coördinaten bekend. Dit meetpunt kan niet worden gekoppeld aan peilbuizen voor de grondwaterstand.

4.6 Verandering basisafvoer door verandering kwel of wegzijging

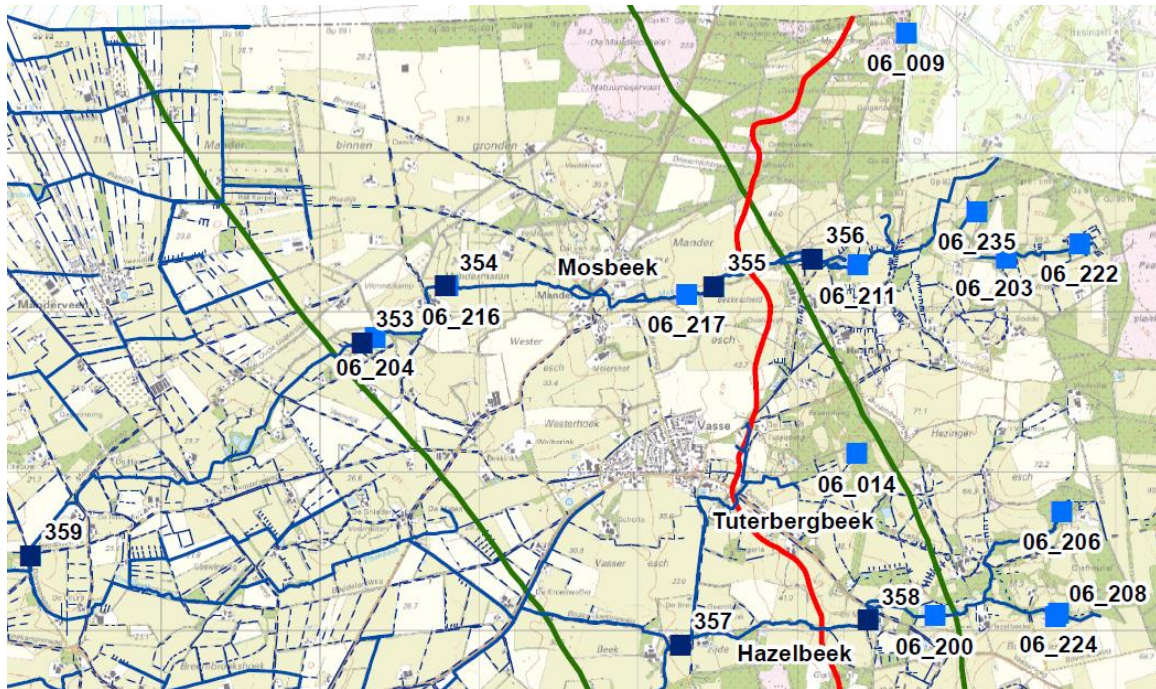
De basisafvoeren van de beektrajecten die binnen het invloedsgebied van de reallocatie liggen, zijn in deze beschouwing meegenomen als indicatie voor veranderingen van kwel vanuit of wegzijging naar het grondwatersysteem. Het betreft delen van de Mosbeek en de Hazelbeek. Voor de relatie tussen de begrenzing van de slenk/stuwwal en de ligging van de meetpunten zie afbeelding 4.10. De meetpunten 388 en 389 in de Itterbeek liggen in het invloedsgebied maar missen in de periode voor de reallocatie metingen. Hierdoor kan niet afgeleid worden of er veranderingen optreden in de kwel/wegzijging over het tussenliggende beektraject als gevolg van de reallocatie.

Allereerst is er voor de Mosbeek en Hazelbeek op basis van de beschikbare gegevens beschreven wat er kan worden afgeleid over de verandering van de basisafvoer en de relatie met het grondwater. De basisafvoeren van 2 opeenvolgende meetpunten zijn weergegeven om daarmee te kunnen bekijken:

- of de verschillen in afvoer te verklaren zijn vanuit infiltratie/kwel of andere bijdragen;
- of het verschil in afvoer tussen 2 meetpunten in de tijd verandert (voor en na 1 januari 2011). De meetperiode voor de reallocatie is echter kort (circa 2 jaar). Uit navraag bij het waterschap blijkt dat er geen aanvullende metingen voor (eind) 2008 zijn uitgevoerd.

In de Mosbeek zijn enkele beekherstelprojecten (onder ander het aanbrengen van leem op de bodem) uitgevoerd, die mogelijk van invloed kunnen zijn op de resultaten.

Afbeelding 4.10. Ligging van de afvoerveetpunten in relatie tot de maaiveldhoogte en de begrenzing van slenk en stuwwal

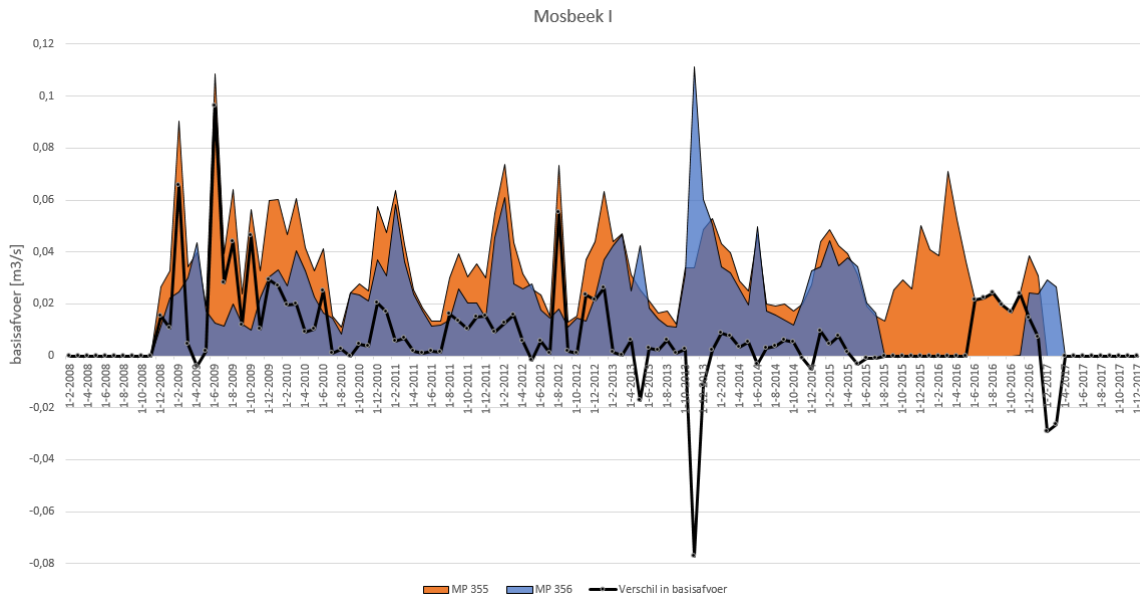


4.6.1 Mosbeek

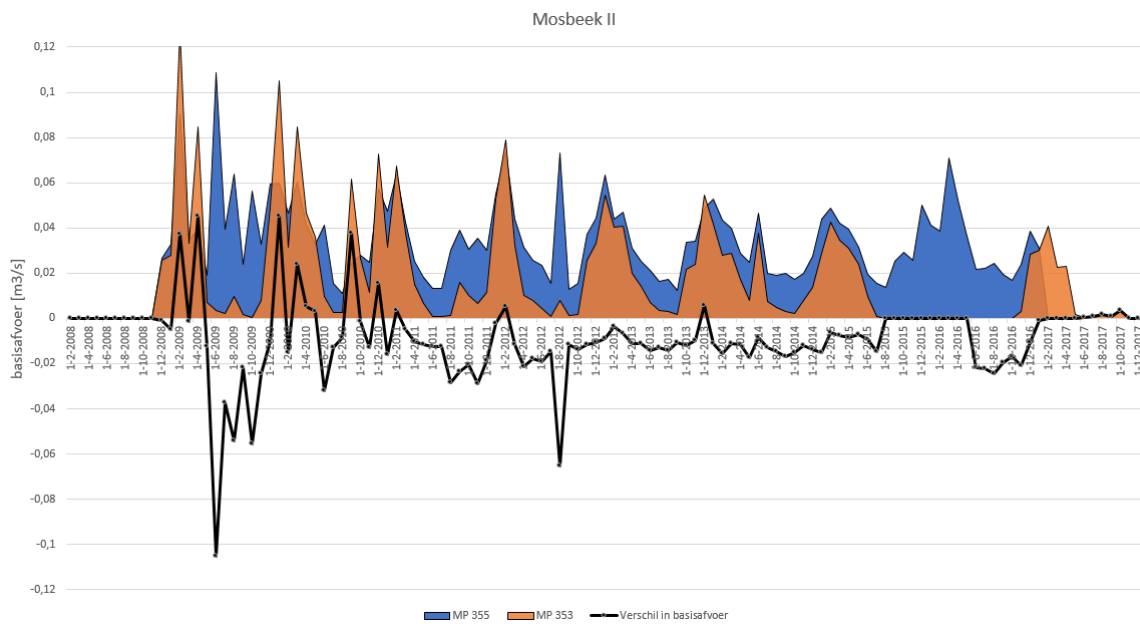
Het meest bovenstroomse meetpunt in de Mosbeek is meetpunt 356 die nabij de overgang van stuwwal naar de slenk ligt. Meetpunt 355 ligt in het oostelijk deel van de slenk waar infiltratie mag worden verwacht. De basisafvoer van meetpunt 355 is veelal hoger dan de basisafvoer in meetpunt 356. In het traject tussen meetpunt 356 vindt een overgang van kwel (356) naar infiltratie (355) plaats. Een verklaring zou kunnen zijn dat in dit traject er meer kwel de beek inkomt dan er aan infiltratie uitgaat. Een andere verklaring is dat de afvoermeting van meetpunt 355 niet erg betrouwbaar is bij lage afvoeren.

Uit een vergelijk van de basisafvoer bij meetpunt 355 en 353 blijkt de basisafvoer bij 355 vrijwel altijd hoger. Dit is conform de verwachting dat over dit beektraject infiltratie plaatsvindt. De beek verliest over dit traject een deel van de basisafvoer aan het grondwater.

Afbeelding 4.11. Het verschil in basisafvoer tussen meetpunten 355 en 356



Afbeelding 4.12. Het verschil in basisafvoer tussen meetpunten 355 en 353

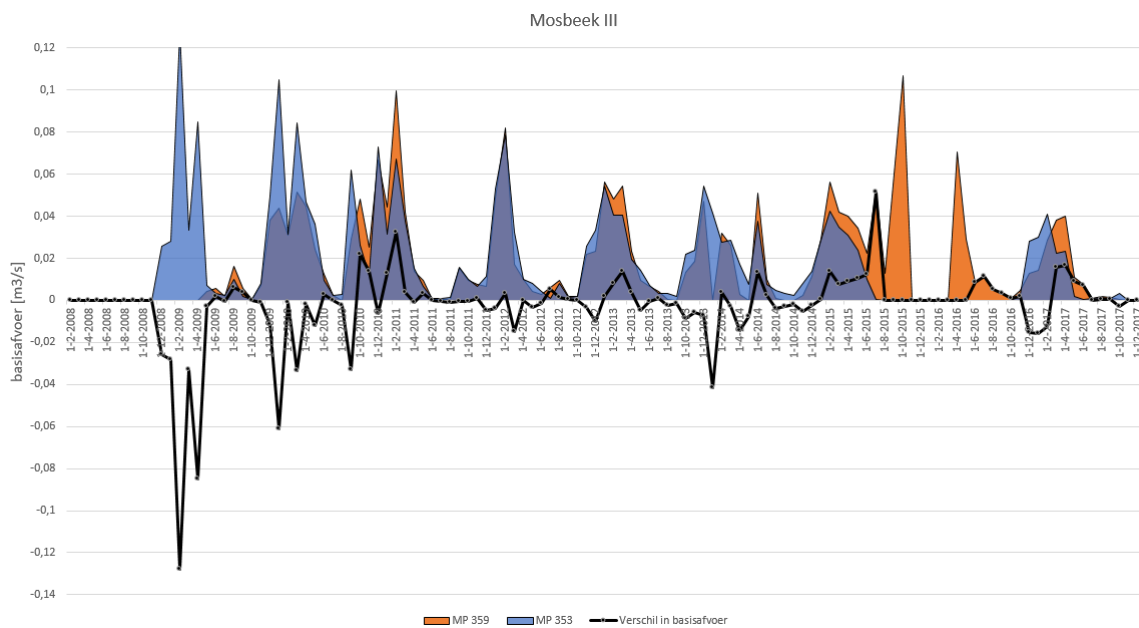


Uit een vergelijking tussen de basisafvoer van de meetpunten 353 en 359 (zie afbeelding 4.13 en 4.14) blijkt de basisafvoer van de meetpunten 353 en 359 elkaar niet veel te ontlopen. De basisafvoer van meetpunt 353 is voor 2011 vaak wat hoger dan de basisafvoer van meetpunt 359. In de periode na 2011 is de basisafvoer vrijwel gelijk. De relatie met het grondwater kan op deze meetpunten niet goed worden bepaald vanwege ontbrekende gegevens.

Afbeelding 4.13. Ligging meetpunten 353 en 359 (groene lijn is de westelijke breuk die de begrenzing van de slenk vormt)



Afbeelding 4.14. Het verschil in basisafvoer tussen meetpunten 353 en 359

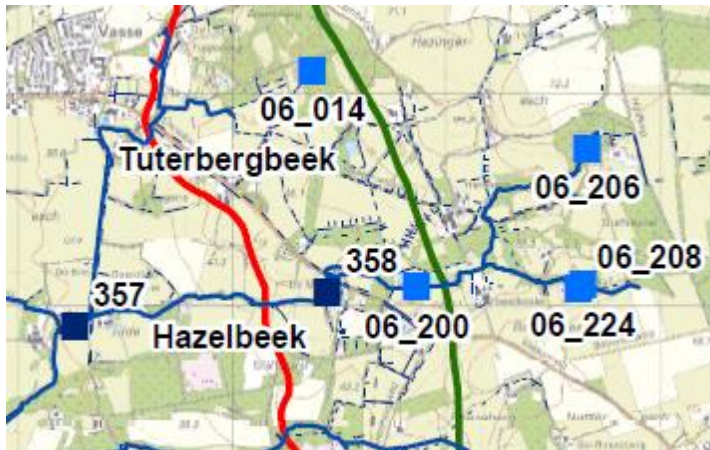


4.6.2 Hazelbeek

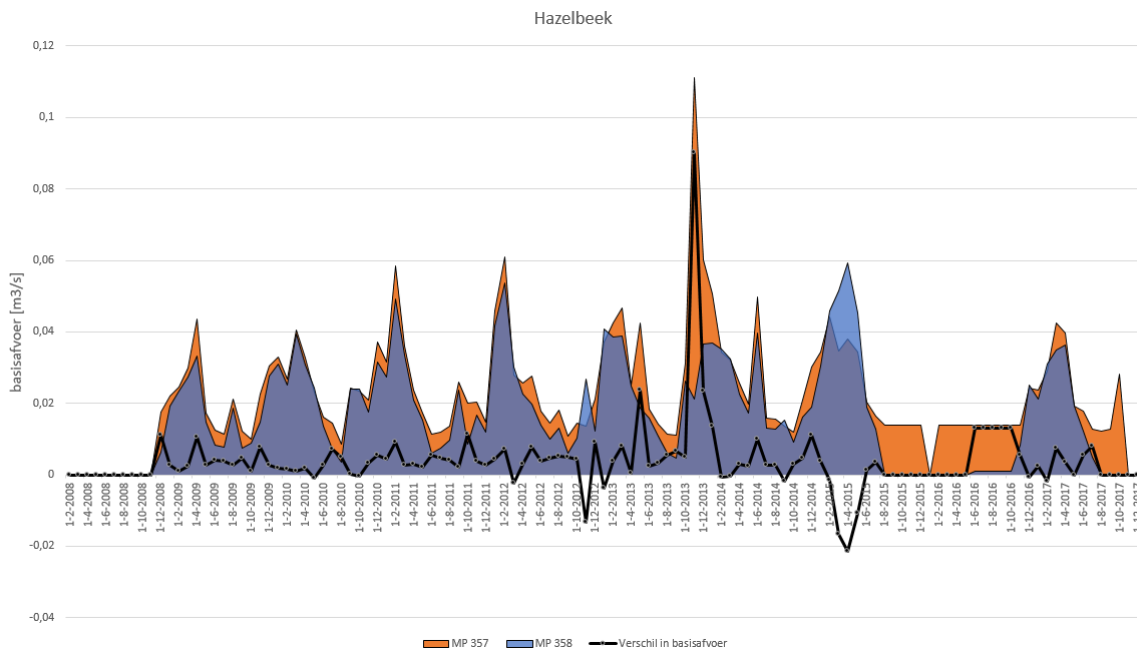
Meetpunt 358 ligt in de zone waar de gestuwde afzettingen over de slenk liggen (het balkon, zie afbeelding 4.10). Meetpunt 357 ligt in het westelijke deel van de slenk. De basisafvoer van meetpunt 357 is vrijwel altijd hoger dan dat van meetpunt 358 (zie afbeelding 3.2). Dit verschil blijft in de tijd vrijwel constant en is waarschijnlijk het gevolg van de bijdrage van de Tuterbergbeek die in dit traject aantakt op de Hazelbeek. Voor een goede verschildmeting is een extra meetpunt in de Tuterbergbeek nodig om de bijdrage van deze beek te bepalen. Dit wordt als aanbeveling voor het monitoringsplan meegenomen.

In de voorgaande paragraaf is reeds beschreven dat er in de omgeving van meetpunt 358 sprake lijkt te zijn van een kwelsituatie. In de omgeving van meetpunt 357 zijn geen geschikte peilbuisgegevens beschikbaar.

Afbeelding 4.15. Ligging meetpunten in de Hazelbeek (rode lijn is begrenzing stuwwal en groene lijn is oostelijk breuk die de slenk begrenst)



Afbeelding 4.16. Het verschil in basisafvoer tussen meetpunten 357 en 358



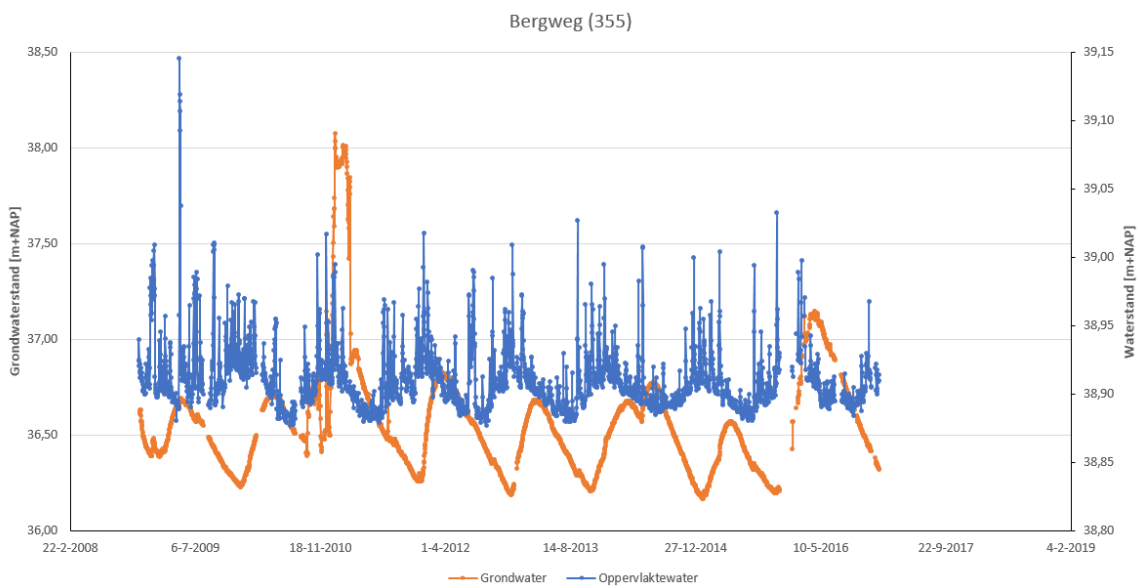
4.7 Interactie beekpeil Mosbeek en grondwaterstanden

De grondwaterstand gemeten door de 2 peilbuizen nabij de oppervlaktewater-meetpunten Vleerhoeksweg (354) en Bergweg (355) zijn weergegeven in afbeelding 4.18 en 4.19. Om een vergelijking van het verloop door de tijd van zowel beekpeil als grondwaterstanden mogelijk te maken, zijn beide op verschillende assen geplott. Het beekpeil nabij meetpunt 355 zakt nooit beneden de NAP +38,85 m en ligt daarmee altijd boven de ter plaatse gemeten grondwaterstand van maximaal NAP +38 m (mogelijk is deze uitschieter te verklaren door werkzaamheden aan de beek). Er is dus altijd sprake van een infiltratiesituatie op deze locatie. Op de enkele uitschieter na ligt het beekpeil gemiddeld 2 m hoger dan de grondwaterstand (en dus ook boven de capillaire zone van enkele decimeters tot circa 70 cm). Dat betekent dat infiltratie vanuit de beek op dit punt vooral wordt bepaald door het beekpeil en de weerstand van de beekbodem. Er is sprake van een onverzadigde zone tussen beekbodem en grondwaterstand, waardoor er geen sprake is van directe interactie. In westelijke richting komen het beekpeil en de grondwaterstand dichters naar elkaar toe en kan er wel sprake zijn van interactie.

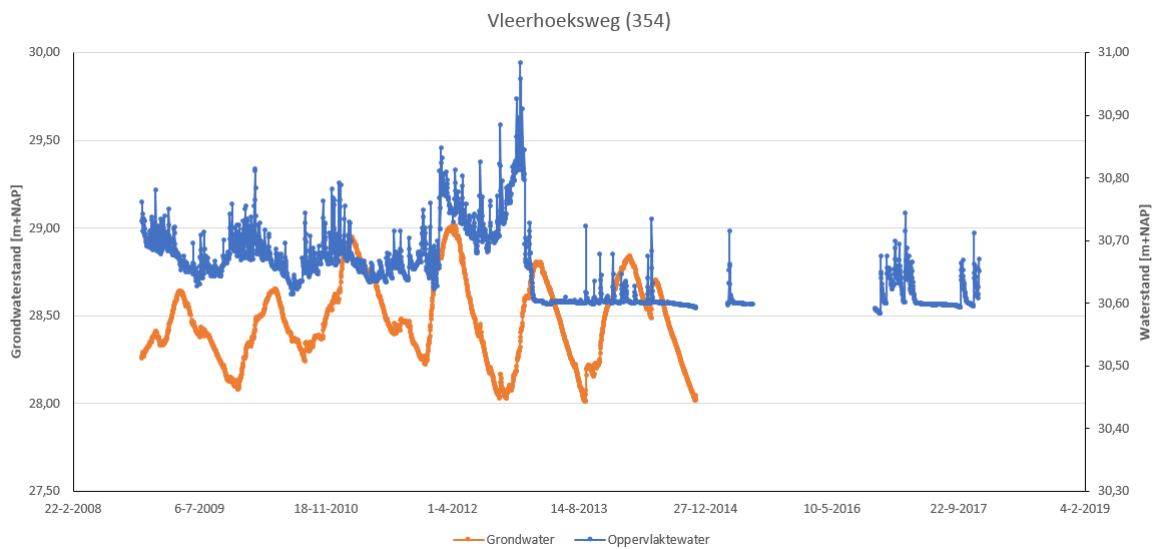
Het beekpeil nabij meetpunt 354 zakt nooit beneden de NAP 30,60 m. De maximaal gemeten grondwaterstand ter plaatse is NAP +29 m. Hier ligt het beekpeil dus circa 1,5 m hoger dan de grondwaterstand. Ook hier is sprake van een onverzadigde zone tussen beekbodem en grondwaterstand, waardoor er geen sprake is van directe interactie.

Deze metingen bevestigen de conclusie die in de voorgaande paragraaf op basis van andere peilbuisgegevens reeds was getrokken ten aanzien van de infiltratie nabij meetpunt 355, waardoor de beek per saldo water verliest als gevolg van het verschil tussen beekpeil en de grondwaterstand. Voor meetpunt 356 is een kwelsituatie afgeleid.

Afbeelding 4.17. Grondwaterstand en oppervlaktewaterstand bij meetpunt Bergweg (355). NB waterstand beek op secundaire as ligt veel hoger



Afbeelding 4.18. Grondwaterstand en oppervlaktewaterstand bij meetpunt Vleerhoeksweg (354). NB waterstand beek op secundaire as ligt veel hoger



Door de leden van de werkgroep zijn naar aanleiding van de bevindingen aanvullende vragen gesteld waarop hier het antwoord samengevat wordt weergegeven:

- 1 In welke beektrajecten is er sprake van interactie tussen het grondwater en de beek en heeft een verandering van de grondwaterstand dus mogelijk effect op de hoeveelheid water die infiltreert vanuit de beek, en in welk traject is er geen interactie omdat er vrije infiltratie plaatsvindt vanuit de beek?

Antwoord: nabij de meetpunten 356 (Mosbeek op grens stuwwal) en 358 (Hazelbeek op balkon) lijkt sprake van een kwelsituatie, waarbij het grondwater bijdraagt aan de afvoer van de beek. Nabij de meetpunten 354 en 355 (Mosbeek) is sprake van een infiltratiesituatie, waarbij het grondwater 1,5-2 m onder het beekpeil ligt (dus ruim meer dan de maximale capillaire zone van circa 70 cm waarbij nog wel enige interactie kan worden verwacht). De verwachting is dat een verandering van de grondwaterstand daardoor in dit traject geen grote invloed heeft op de infiltratie vanuit de beek, omdat dit verschil veel groter is dan de capillaire zone. Voor de overige meetpunten blijkt het niet mogelijk om op basis van betrouwbare gegevens een relatie af te leiden omdat peilbuizen te ver weg liggen, een te diep filter hebben of goede meetreeksen ontbreken. Deze analyse zou mogelijk wel op basis van de bodemhoogte van de beken en modelberekende grondwaterstanden uitgevoerd kunnen worden. Voor het monitoringsplan voor de reductie van Manderveen is dit een belangrijk aandachtspunt voor mogelijke nieuwe meetpunten.

- 2 Is de grootte van de infiltratie vanuit de beken veranderd als gevolg van de reallocatie en in welke beektrajecten is dat het geval?

Antwoord: nabij de meetpunten in de Mosbeek waar infiltratie is aangetoond, blijkt dat het verschil tussen beekpeil en grondwaterstand zodanig is dat er op deze meetpunten sprake is van een onverzadigde zone. De infiltratie op deze plekken wordt daardoor naar verwachting met name bepaald door het beekpeil en de bodemweerstand en niet door de variatie in de grondwaterstand en dus de reallocatie. In oostelijke en westelijke richting kan dit wel het geval zijn.

- 3 Hoe groot is de duur van de droogval voor en na de reallocatie en is er sprake van een verandering in droogval als gevolg van de reallocatie?

Antwoord: het aantal perioden van droogval voor de reallocatie is zeer beperkt vanwege de korte meetreeks van de afvoer voorafgaand aan de reallocatie. De metingen starten eind 2008, terwijl de afbouw van de winning Manderheide in 2010 begonnen is en de uitbreiding van Manderveen per januari 2011 actief is. Uit navraag bij het waterschap blijkt dat er geen metingen voor 2008 beschikbaar zijn. De meetreeksen van de afvoer en waterstanden van de referentiesituatie hebben dus een duur van circa 1-1,5 jaar. Dit maakt dat een goed vergelijk van de duur van de droogval voor en na de reallocatie niet goed mogelijk is. Bij voorkeur zou deze meetreeks minimaal circa 5 jaar moeten zijn.

4.8 Conclusie ten aanzien van oppervlaktewaterkwantiteit

Bij geen enkel oppervlaktewatermeetpunt is een significante trend gedetecteerd in de basisafvoer of zijn veranderingen waargenomen die verklaard kunnen worden uit de reallocatie. Daarbij moet worden opgemerkt dat met behulp van de gebruikte methode een schatting van de basisafvoer wordt verkregen en de metingen voor de reallocatie beperkt zijn, wat de nauwkeurigheid van de methode beïnvloed.

In brongebieden Mosbeek en Hazelbeek is duidelijke relatie afgeleid tussen de basisafvoer en het verloop van de grondwaterstanden en kwel. Meer stroomafwaarts en voor Itterbeek en Broekbeek is het lastiger een relatie te leggen met de grondwaterstanden. Daarbij speelt de afstand tot de grondwatermeetpunten ook een rol.

5

ONTWIKKELING TERRESTRISCHE VEGETATIE

5.1 Inleiding

De ontwikkeling in de vegetatie is onderzocht op basis van een analyse van permanente kwadraten (pq's), proefvlakken in het landschap waar herhaald vegetatie opnamen worden gemaakt zodat een verandering in de vegetatie is vast te stellen. Waar sprake is van een trend in de vegetatie-ontwikkeling is getracht deze te verklaren aan de hand van ingrepen. Omwille van de vergelijkbaarheid is zoveel mogelijk eenzelfde analysemethodiek gevolgd als gehanteerd in 2012 (Vugt et al., 2012).

Tabel 5.1 PQ's beschikbaar voor de 6 deelgebieden. Blauw = informatie afkomstig uit provinciaal meetnet verdroging

Nr	X	Y	ID	opp [m2]	Gebied	Beheerder	1999	2003	2006	2007	2010	2011	2012	2015	2017
1	254384	494770	Br_1	16/25	Braamberg	SBB				1			1		
2	254255	494800	Br_2	16/25	Braamberg	SBB				1			1		
3	254371	495114	Br_3	16/25	Braamberg	SBB				1			1	1	
4	254359	495095	Br_4	16/25	Braamberg	SBB				1			1		
5	254317	495063	Br_5A	16/25	Braamberg	SBB				1			1		
6	254317	495063	Br_5B	16/25	Braamberg	SBB				1			1		
7	254187	494921	Br_6	16/25	Braamberg	SBB				1			1		
8	255809	496459	2.17	4	Brongebied Mosbeek	LO	1			1	1				1
9	255804	496466	2.18	4	Brongebied Mosbeek	LO	1			1	1				1
10	255824	496448	2.19	4	Brongebied Mosbeek	LO	1			1			1		1
11	255810	496425	2.20	2	Brongebied Mosbeek	LO	1			1	1		1		1
12	255823	496460	2.21	9	Brongebied Mosbeek	LO	1			1	1				1
13	255818	496462	2.22	4	Brongebied Mosbeek	LO	1			1	1				1
14	255803	496422	2.23	4	Brongebied Mosbeek	LO	1			1	1				1
15	255800	496426	2.24	3	Brongebied Mosbeek	LO	1			1	1				1
16	255841	496455	OV4870	9/16	Brongebied Mosbeek	LO	1	1		1		1		1	
17	254960	494132	Ha_2	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
18	254957	494109	Ha_3	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
19	254957	494051	Ha_4	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
20	254962	494035	Ha_5	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
21	255240	494289	Ha_6	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
22	255244	494277	Ha_7	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
23	255243	494243	Ha_8	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
24	255258	494224	Ha_9	16/25	Hazelbekke	NM				1			1		
25	254178	497194	2.12	9	Holtsüze	LO	1			1			1		1
26	254207	497186	2.66	4	Holtsüze	LO				1			1		
27	254060	496275	2.15	4	Schraallanden van Bels	LO	1			1			1		1
28	254070	496265	2.16	4	Schraallanden van Bels	LO	1			1			1		1
29	252373	496481	2.02	9	Mandermaten	LO	1		1						1
30	252374	496151	2.03	9	Mandermaten	LO	1		1						1
31	252114	495932	2.04	9	Mandermaten	LO	1		1						1
32	251773	496199	2.05	9	Mandermaten	LO	1		1						1
33	251776	496417	OV4626	4/9	Mandermaten	LO	1	1		1		1		1	

Vertrekpunt voor de analyse vormen de aangeleverde pq's. Tabel 5.1 geeft aan voor welke locaties er pq gegevens beschikbaar zijn in de waarnemingsperiode. Naast deze pq gegevens zijn bij Alterra alle beschikbare vegetatieopnamen opgevraagd voor het onderzoeksgebied opgeslagen in de Landelijke Vegetatie Databank (LVD). Niet voor alle jaren bleken er pq-metingen beschikbaar te zijn. Voor de periode 1999 tot en met 2012 zijn 82 pq's beschikbaar, voor de periode daarna zijn 18 pq's beschikbaar (2015 en 2017).

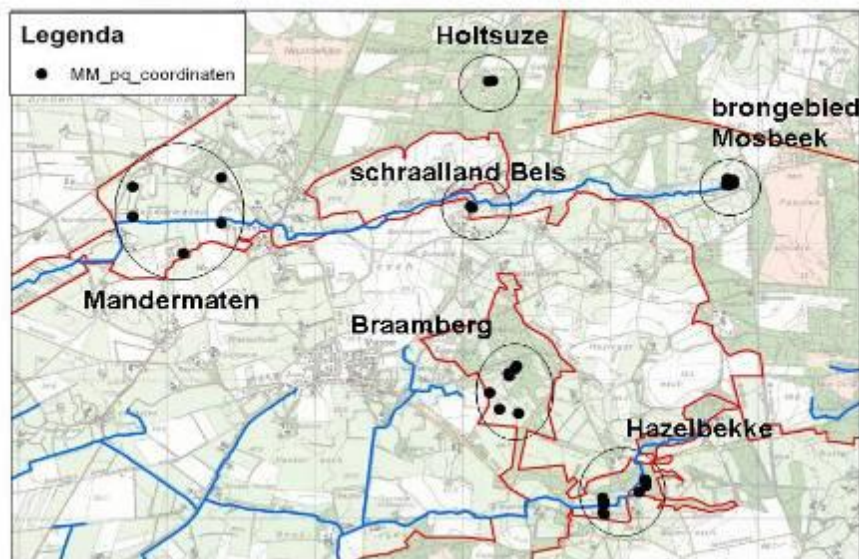
Helaas bleken voor Braamberg en Hazelbekke na 2012 geen aanvullende pq metingen te zijn uitgevoerd waardoor deze locaties niet voor de huidige situatie kunnen worden geëvalueerd. Uitzondering is pq 3 binnen Braamberg waar in 2015 nog een aanvullende meting beschikbaar bleek via het provinciale meetnet verdroging (Provincie Overijssel, 2012). De grootte van de pq's is niet altijd gelijk gebleven. Dit is het geval bij de pq's van Braamberg, Hazelbekke en pq OV4870 en pq OV4626.

5.2 Werkwijze

Locatie pq's

De ligging van de pq's zijn aangegeven in afbeelding 5.1 (W+B, 2012).

Afbeelding 5.1 Ligging van de deelgebieden en pq's voor vegetatieopnamen



De exacte coördinaten van de pq's waren niet bekend. Deze zijn achterhaald door de aangeleverde pq-informatie te analyseren. In de meeste gevallen wordt het pq-id vermeld bij opmerkingen over de pq. Daarnaast is een controle uitgevoerd op basis van x-, y-coördinaten. Door onnauwkeurigheid in de GPS metingen is hier sprake van enige variatie (ordegrootte 10 m). In enkele gevallen waren de afwijkingen groter, waarschijnlijk door een verkeerde notatie van het x-, y-coördinaat. Vervolgens is de informatie ingevoerd in een GIS zodat inzicht ontstaat in de ligging van de pq's in het landschap.

Analyse milieucondities

Tijdens de evaluatie in 2012 is de milieu indicatie voor vochttoestand, zuurgraad en voedselrijkdom bepaald met het programma INDICA (Aggenbach et al., 2002). Voor de huidige evaluatie is gebruik gemaakt van het programma ESTAR (Witte et al., 2014) wat kan worden beschouwd als een verbeterde procedure voor het afleiden van milieu indicaties (Lock et al., 2015). ESTAR (Eco-Statistical Tool to Analyse Relevés) maakt gebruik van de soortenlijst om per pq de milieu indicaties af te leiden. De bedekking wordt niet meegenomen als weegfactor bij deze bepaling. Dit zou volgens de beschrijving bij ESTAR kunnen leiden tot verkeerde uitkomsten aangezien de relatie tussen indicatiewaarden en milieufactoren ook niet op deze wijze

is afgeleid. De verschillen tussen de methode INDICA en ESTAR zijn beschreven in Lock et al., 2015. INDICA bleek voor de validatie op zuurgraad slechter te scoren dan andere methoden, waaronder ESTAR. Voor vocht geeft INDICA ten opzichte van ESTAR een oververtegenwoordiging van zeer natte en natte groepen en een ondervertegenwoordiging van de groepen vochtig en droog. KWR heeft dan ook besloten om de ontwikkeling van INDICA te stoppen en vooral in te zetten op ESTAR, wat ook vrij verkrijgbaar is en op termijn aan Synbiosys zal worden gekoppeld. Vanwege de verschillen tussen de methoden INDICA en ESTAR is er voor gekozen om de evaluatie vanaf 2007 in zijn geheel over te doen zodat de vergelijking van pq's op milieucondities over de verschillende jaren is gebaseerd op 1 methode, te weten ESTAR.






Uitvoer van ESTAR bestaat uit het aandeel soorten dat kan worden toebedeeld aan een ecologische groep. Voor de verschillende standplaatsfactoren worden de onderstaande ecologische soortengroepen onderscheiden:

Standplaats factor	Ecologische groepen
vochttoestand	(semi)aquatisch, nat, vochtig, droog
voedselrijkdom	zeer voedselrijk, matig voedselrijk (basisch), matig voedselrijk (niet-basisch), voedselarm
zuurgraad	basisch, zwak zuur, zuur, onbekend

Analyse vegetatie

Naast analyse van milieucondities is een analyse van de vegetatie uitgevoerd. Met behulp van het programma ASSOCIA binnen de applicatie Turboveg (Hennekens & Schaminee, 2001) is de pq informatie vertaald naar een indeling in plantenassociaties. Vervolgens is met SynBioSys (Hennekens et al., 2010) deze informatie ingelesen om na te gaan welke plantenassociaties het meest waarschijnlijk zijn. In veel gevallen waren meerdere vegetatietypen waarschijnlijk (afbeelding 5.2).

Afbeelding 5.2 Aanduiding van waarschijnlijkheid van plantenassociaties met Synbiosys (groen = waarschijnlijk, oranje = mogelijk, rood = onwaarschijnlijk)

	Syntaxon code
	09AA03A
	11AA01
	16AB01
	09RG02
	36AA01

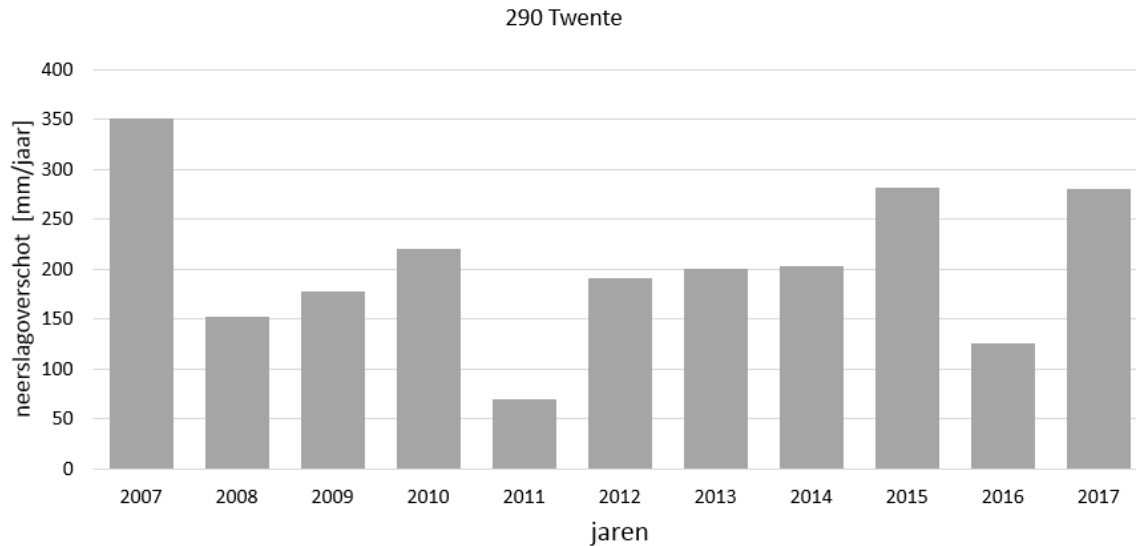
Voor een keuze is ook daarom vooral ook gekeken naar aanvullende informatie zoals de duiding van de plantenassociatie in de aangeleverde pq's en beschikbare literatuur.

Oorzaken van veranderingen

Wanneer sprake is in een verandering in de soortensamenstelling en milieu indicatie van een pq dan kan dit verschillende oorzaken hebben. Het kan samenhangen met regionale veranderingen van de diepere stijghoogte, het gevolg zijn van lokale ingrepen in de waterhuishouding, door beheersingrepen (bijvoorbeeld plaggen) en/of door een verandering in het neerslagoverschot. De informatie uit hoofdstuk 3 vormt de basis voor het inschatten van de effecten van grondwaterstandsveranderingen en verandering van het neerslagoverschot op de vegetatie. Vaak liggen de peilbuizen die worden beschreven in hoofdstuk 3 van de pq's. Daarom is gebruik gemaakt van aanvullende informatie uit DINOloket daar waar nodig. Informatie over beheersingrepen is achterhaald door navraag te doen bij de beheerder en de beschrijvingen bij de pq's na te lopen.

Het verloop van het neerslagoverschot per jaar over de periode 2007 tot en met 2017 voor KNMI meetstation 290 Twente is gegeven in afbeelding 5.3. Hieruit blijkt vooral 2011 en 2016 een lage waarde te hebben en 2007, 2015 en 2017 een relatief hoge waarde voor het neerslagoverschot.

Afbeelding 5.3 Neerslagoverschot per jaar voor KNMI station Twente



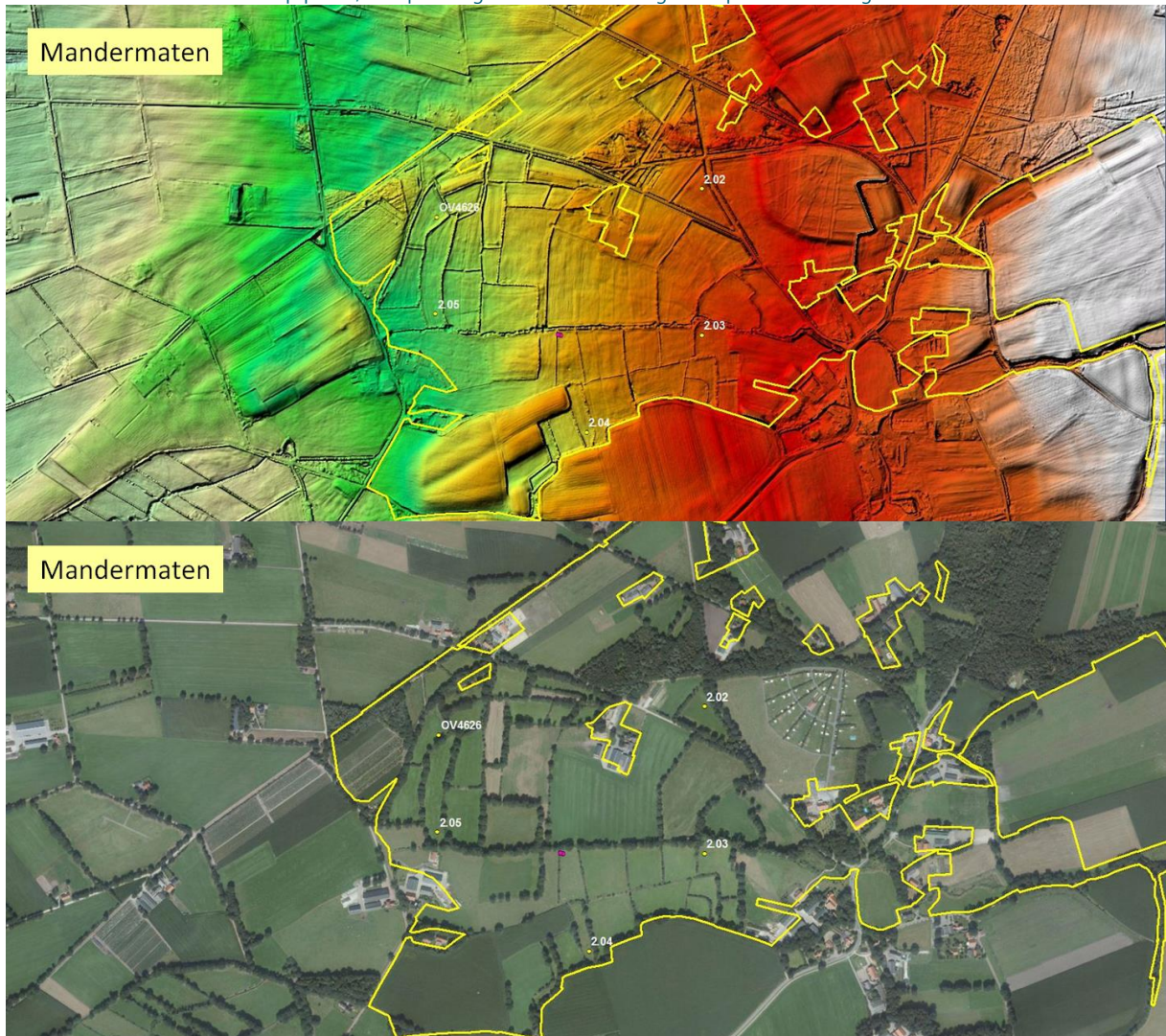
5.3 Resultaten

De resultaten (vegetatietype en milieu indicatie) voor alle pq's afzonderlijk staan vermeld in bijlage VIII. In deze paragraaf worden de meest opvallende waarnemingen toegelicht.

5.3.1 Mandermaten

Locatie: Mandermaten ligt onderaan de flank van de stuwwal van Ootmarsum op NAP +30 tot +34 m in het dal van de Mosbeek. Het landschap bestaat hier uit graslanden afgewisseld met bos dan wel boomsingels (afbeelding 5.4). Het gebied ligt in de slenk van Reutum waar ook de drinkwaterwinning plaatsvindt. Volgens de eerste evaluatie (Vugt et al., 2012) geven de peilbuizen in deze omgeving grondwaterstanden van circa 3 m beneden maaiveld. Het is daardoor niet aannemelijk dat de vegetatie sterk beïnvloed wordt door veranderingen in de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. Als er al grondwaterafhankelijke vegetatie voorkomt, houdt dat veelal verband met schijnspiegels op keileem.

Afbeelding 5.4 Locatie van de pq's afgezet tegen het maaiveldverloop (boven) en het landgebruik (beneden). Gele punten geven de onderzochte pq's aan, roze punten geven aanvullende vegetatieopnamen aan volgens de LVD



Veranderingen in trends kunnen daarom hooguit een lokale oorzaak hebben of opgetreden onder invloed van een verandering in meteorologische condities.

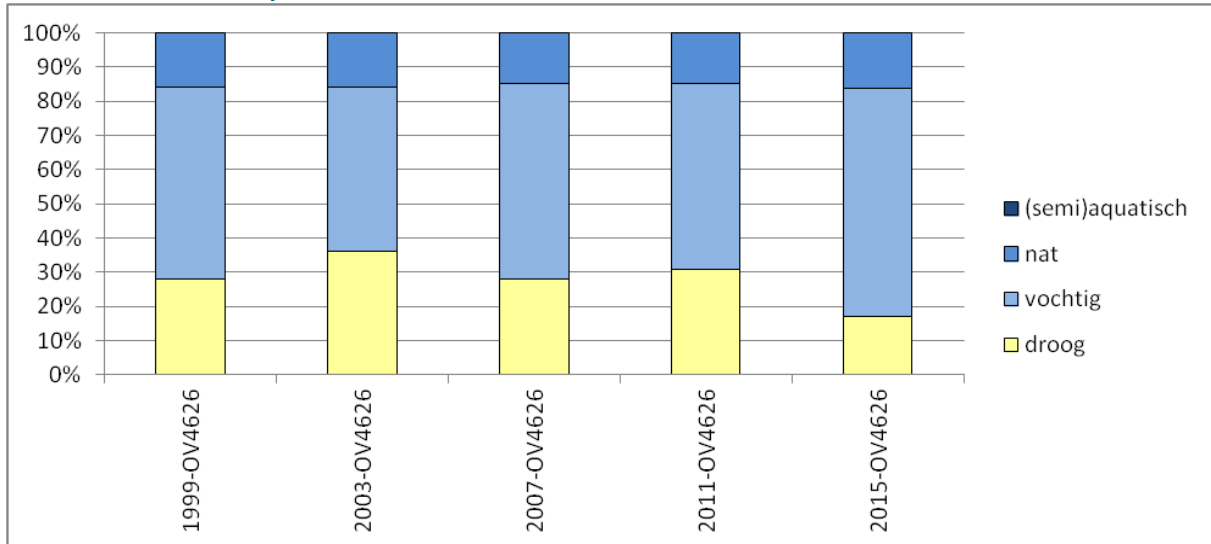
Vegetatie: de vegetatie bestaat uit (schraal)grasland dat worden begraast door koeien. Bij de pq beschrijvingen wordt opgemerkt dat het strooisel bestaat uit een mengsel van stalmeest en droog gras. Daarnaast verwijst de pq naar aanwezigheid van molshopen en naar aanwezigheid van open/droog zand in de opname.

Volgens ASSOCIA bestaat de vegetatie uit een rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Engels raaigras (16RG01). In de aangeleverde pq's staat als vegetatietype aangegeven dat het gaat om een Kamgrasweide (16BC01) maar Kamgras ontbreekt in alle opnamen. Voor locatie met pq -id OV4626 kan ook sprake kan zijn van een rompgemeenschap van Gewoon struisgras en Gewoon biggekruid (14RG06). Er is geen duidelijke verandering waarneembaar in het vegetatietype over de verschillende jaren.

Milieu indicatie: de pq's liggen op tamelijk grote afstanden van elkaar waarbij 2.03 en 2.05 het meest nabij de Mosbeek liggen. Het aandeel droge soorten in de opnamen is circa 30 % en het aandeel natte soorten 10 % met 2.05 en OV4626 het hoogste aandeel nat, circa 15 %. Deze locaties liggen het laagst op de helling. Voor pq OV4626 zijn de meeste waarnemingen beschikbaar. Er lijkt op basis van de vegetatie geen sprake te zijn van een duidelijke trend in milieu indicatie voor vochttoestand (afbeelding 5.5). Ook voor de andere pq's

is geen duidelijke trend waarneembaar. Er lijkt een verband te bestaan tussen het aandeel vochtige soorten en de meteorologische condities. Het jaar 2003 was relatief droog en 2015 relatief nat, wat correspondeert met een laag dan wel hoog aandeel vochtige soorten in de pq. De milieu indicatie van alle afzonderlijke meetpunten (pq's) is weergegeven in bijlage VIII.

Afbeelding 5.5 Aandeel aan ecologische soortengroepen voor de standplaatsfactor 'vochttoestand' in pq OV4626 over de verschillende jaren



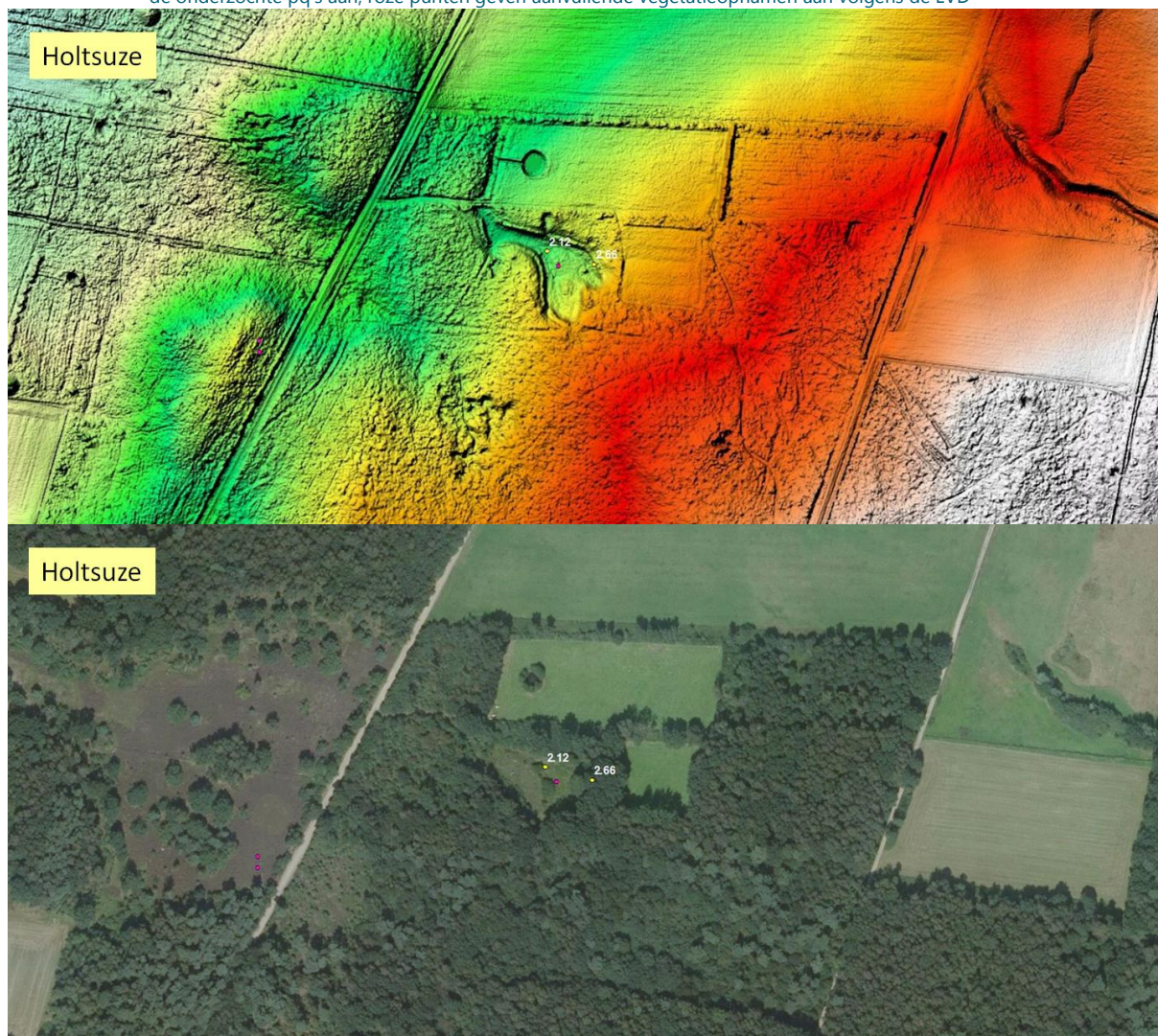
5.3.2 Holtsüze

Locatie: Holtsüze ligt in een gebied met een complexe geologie, aan de rand van waar gestuwde afzettingen voorkomen (RHDHV, 2016). Het gebied ligt vrij hoog op de stuwwal van Ootmarsum tussen NAP +50 en +52 m. Holtsüze heeft een oppervlak van 0,3 ha en bestaat uit 3 delen, namelijk:

- een oostelijk deel met bos,
- een centraal deel, dat circa 1 m lager ligt met blauwgrasland-vegetatie waar sprake is van kwelinvloed,
- een klein westelijk deel waar het water naar wordt afgevoerd en waar het in de bodem kan wegzijgen. De pq's liggen in de laagte in het centrale deel (afbeelding 5.6).

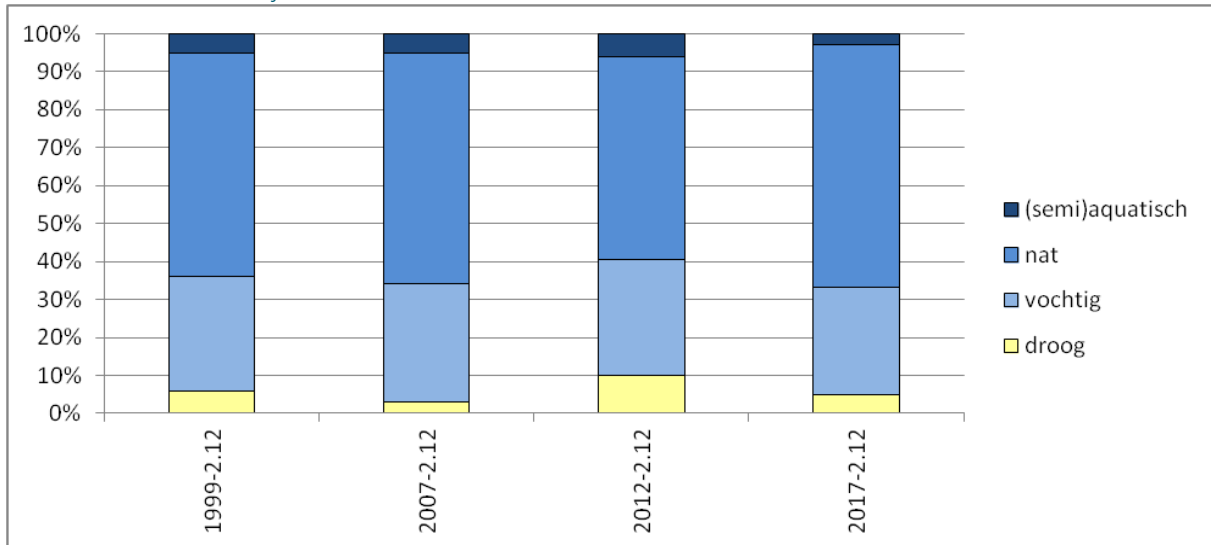
Vegetatie: pq 2.12 geeft aan dat sprake is van een Veldrus-associatie (16AB01) met Veldrus, Holpijp en Kale Jonker. In de pq beschrijving wordt gesproken over schraalgrasland (Veldrushooiland, Blauwgrasland). Voor pq 2.66 staat bij de pq dat hier in 2007 sprake is van een associatie van Vetblad en Vlozegge (09BA02). Een ASSOCIA berekening geeft hetzelfde aan, maar Vetblad en Vlozegge zijn niet waargenomen in de pq. Wel heeft deze pq een hoge bedekking aan Holpijp wat indicatief is voor basenrijke kwel. In 2012 wordt door ASSOCIA een Ass. van Moerasspirea en Echte Valeriaan; subass. met Gestreepte witbol (32AA01B) aangegeven. De pq beschrijving geeft aan dat sprake is van een bronkop met Holpijp. Circa 400 m oostelijk van Holtsüze ligt aan de voet van de Galgenberg het restant van een bron met een afvoersloot met een lengte van circa 100 m. In het provinciale meetnet Overijssel staat een meetpunt HOL02 met vrijwel identieke coördinaten als pq 2.66. De informatie is uiteindelijk niet meegenomen omdat de vegetatiesamenstelling en plotgrootte van HOL02 sterk afwijkt van pq 2.66. Het lijkt onwaarschijnlijk dat het om dezelfde pq gaat.

Afbeelding 5.6 Locatie van de pq's afgezet tegen het maaiveldverloop (boven) en het landgebruik (beneden). Gele punten geven de onderzochte pq's aan, roze punten geven aanvullende vegetatieopnamen aan volgens de LVD



Milieu indicatie: het aandeel (semi)aquatische en natte soorten in beide pq's is hoog (60-70 %). Qua vochttoestand, voedselrijkdom en zuurgraad blijkt niet dat sprake is van een duidelijke trend over de gehele periode. De vegetatie lijkt stabiel, ondanks dat gemeld is dat er sprake zou zijn van een afname in grondwaterinvoer (RHDHV, 2016). Volgens RHDHV (2016) is de kwelstroom naar Holtsüze relatief zwak en gevoelig voor trends in grondwateraanvulling en mogelijk ook voor stijghoogteverlagingen in de slenk. Vugt et al., 2012 meldt volgens gebiedskenners die zich baseren op eigen waarnemingen dat de grondwaterafhankelijke vegetatie van Holtsüze afhankelijk is van een schijnspiegelsysteem met een waterstand ver boven de stijghoogte van het 1e watervoerende pakket, waardoor is aangenomen dat de grondwaterwinning van Mander en dus ook de reallocatie geen enkele invloed kan hebben op de vegetatieontwikkeling. Volgens De Meij et al., 2015 is in de Holtsüze in de afgelopen decennia verdroging opgetreden. Zij geven aan dat de vegetatie in het gebied sinds eind jaren negentig is veranderd van een permanent natte bronvegetatie met veel Holpijp naar een vochtig schraalland waarin Holpijp veel minder voorkomt. Gevlekte orchis kwam eind jaren negentig nog met tientallen exemplaren voor en is nu helemaal verdwenen (pers. obs. L. van Tweel-Groot). Afbeelding 5.7 toont de milieu indicatie voor pq 2.12 over de periode 1999 tot en met 2017 waarbij weliswaar in 2012 sprake is van enige afwijking van andere jaren (groter aandeel droge soorten) maar voor de gehele periode niet kan worden gesproken van een duidelijke trend in de ecologische soortengroepen voor vochttoestand.

Afbeelding 5.7 Aandeel aan ecologische soortengroepen voor de standplaatsfactor 'vochttoestand' in pq 2.12 over de verschillende jaren

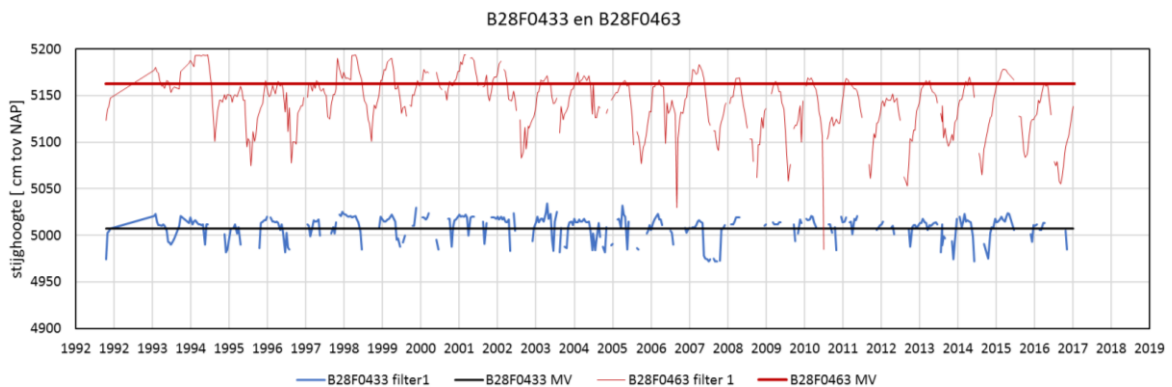


Er staan in Holtsüze volgens DINOlaket 2 peilbuizen:

- buis B28F0463 met maaiveld op 51,53 m NAP en 1 filter op 1,31 tot 1,81 m beneden maaiveld, en
- buis B28F0433 met maaiveld op 50,07 m NAP en 2 filters, filter 1 op 0,20 tot 0,35 m beneden maaiveld en filter 2 op 3,14 tot 4,14 m beneden maaiveld.

Meetreeks B28F0463 is goed. De meetreeks B28F0433 is minder compleet, met name voor het tweede filter. De metingen lijken aan te geven dat de stijghoogte in het diepere filter vrij constant op 46 m NAP zit, circa 40 cm beneden het ondiepe filter. Dat is vreemd aangezien het hier om een kwelsituatie moet gaan. De metingen voor buis B28F0433 lijken daarom niet betrouwbaar. Afbeelding 5.8 laat de metingen zien voor de 2 ondiepe filters. De grondwaterstanden in B28F0463 lijken wat lager te liggen en dieper weg te zakken na 2005, een indicatie voor verdroging. Voor B28F0433 liggen de grondwaterstanden dicht bij het maaiveld en oogt de situatie stabiel. De metingen zijn hier wel minder compleet. Gezien de vegetatieontwikkeling is het wenselijk hier een beter grondwatermeetpunt in te richten.

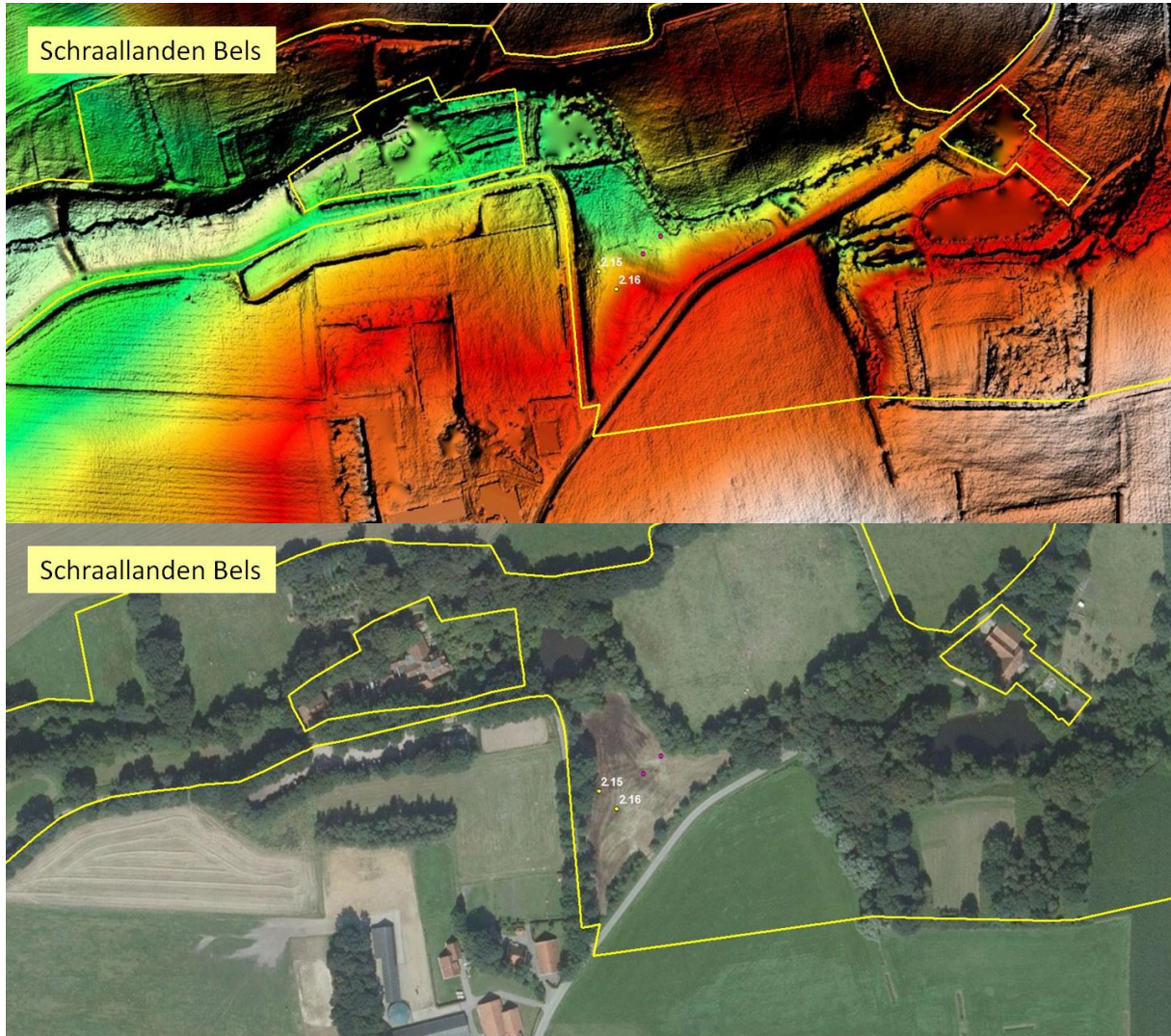
Afbeelding 5.8 Gemeten stijghoogten in B28F0433 en B28F0463 in de ondiepe filters



5.3.3 Schraallanden van Bels

Locatie: het gebied heeft een oppervlak van circa 0,5 ha en ligt ingeklemd tussen de Oosteriksweg, de toegangsweg naar de Bels en de Mosbeek. Juist ten oosten van molen de Bels ligt een bronweide, waar grondwater opkwelt. Het gebied heeft een grote helling.

Afbeelding 5.9 Locatie van de pq's afgezet tegen het maaiveldverloop (boven) en het landgebruik (beneden). Gele punten hebben betrekking op de onderzochte pq's, roze punten geven aanvullende vegetatieopnamen aan volgens de LVD



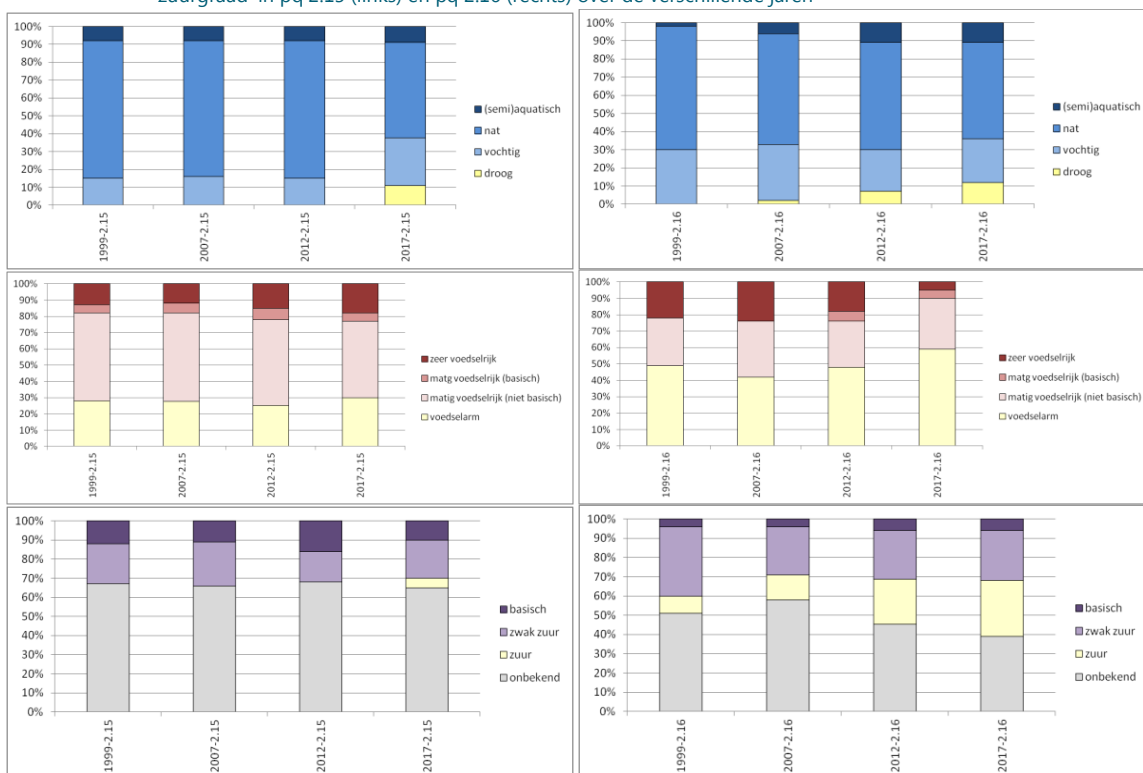
Het maaiveld verloopt van NAP+50 m aan de Oosteriksweg tot NAP+ 46 m aan de Mosbeek over een afstand van circa 100 m. De vegetatie in het centrale deel is geclassificeerd als blauwgrasland. Op het hoogste deel ligt trilveen, het middendeel is blauwgrasland, en het lage deel dotterbloemhooiland (RHDHV, 2016). Ten oosten van de bronweide liggen volgens de geologische kaart tertiaire kleien aan maaiveld. Onder de bronweide zelf ligt grijs-groen sterk siltig fijn zand met kleilaagjes tot tenminste 5 m-mv. Dit is gestuwd mioceen zand, waarschijnlijk van de Breda formatie. In de gestuwde klei en zand is, al in de glaciële periode de Mosbeek uitgesleten. In het dal van de Mosbeek is een laag van 1,5 tot 2 m grof zand en grind afgezet (fluvioglaciële afzettingen).

Vegetatie: in het gebied liggen 2 pq's, 2.15 en wat hoger op de helling pq 2.16. De pq 2.15 en 2.16 geven allebei aan dat hier een Dotterbloem-verbond aanwezig is (16AB). In de beschrijving van pq 2.16 staat dat in 2012 sprake is van een pq die erg verdroogd en verzuurd is met sterke afname in Veldrus, en een hele sterke

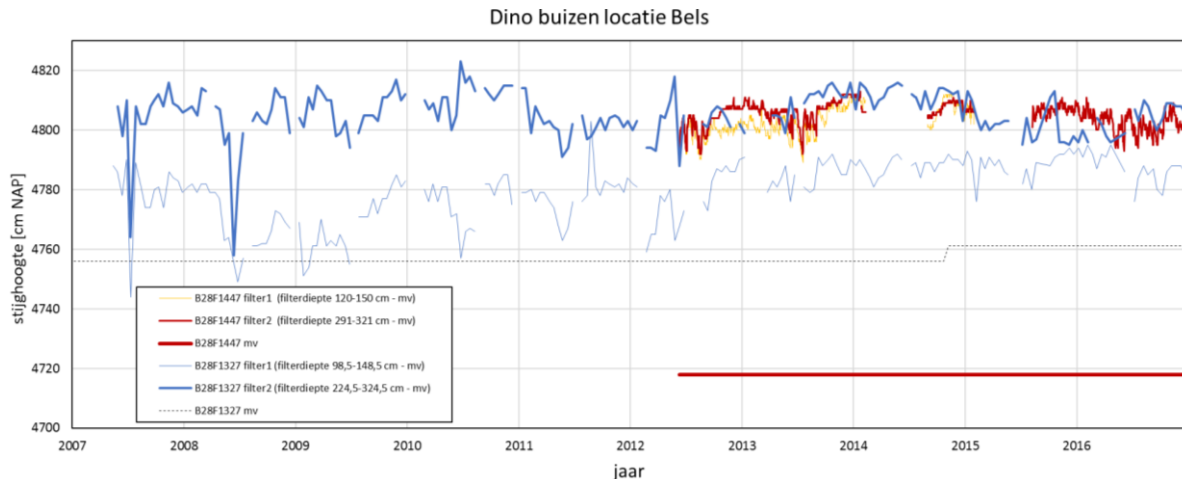
toename in Veenmos. In 2012 is al gesignaleerd dat in pq 2.15 sprake is van een afname van het aandeel van basenrijke kleine zeggen soorten en in pq 2.16 een toename in soorten kenmerkend voor natte heide en hoogvenen (toename van Veenmos) en heischrale graslanden (toename Tormentil). Soorten van dotterbloemhoiland nemen af (afname van Veldrus, verdwijnen Moerasrolklaver).

Milieu indicatie: de bronweide van de Bels is een natte locatie waar sprake zou zijn van kwel aan maaiveld. Het aandeel (semi)aquatische en natte soorten in pq 2.15 is meer dan 80 %, maar neemt in 2017 af naar 60 % ten gunste van een toename in vochtige en droge soorten. De pq 2.16 geeft minder natte condities aan (circa 70 % semi-aquatisch dan wel natte soorten) dan pq 2.15 en hier is ook sprake van een toename in het aandeel droge soorten (afbeelding 5.10). Voor pq 2.16 lijkt deze ontwikkeling al te zijn gestart in 2007. In beide pq's lijkt ook sprake te zijn van een toename in het aandeel zure soorten en neemt met name in 2.16 het aandeel voedselarme soorten toe. De ontwikkelingen geven aan dat sprake is van verdroging en een afname van gebufferd grondwater ten gunste van regenwater.

Afbeelding 5.10 Aandeel aan ecologische soortengroepen voor de standplaatsfactor 'vochttoestand', 'voedselrijkdom' en 'zuurgraad' in pq 2.15 (links) en pq 2.16 (rechts) over de verschillende jaren



Oorzaken: de onderzochte peilbuizen in de tijdreeksanalyse liggen tamelijk ver verwijderd van de pq's. In DINOloket is nagegaan of er ook dichtbij de pq's grondwaterstandsmetingen zijn gedaan. In de schraallanden van Bels zijn meerdere peilbuizen waar grondwaterstanden zijn gemeten maar het merendeel betreft korte reeksen. Voor buis B28F1327 is een lange meetreeks beschikbaar met grondwaterstanden gemeten op 1 tot 1,5 m (filter 1) en op 2,3 tot 3,3 m beneden maaiveld (filter 2). Daar vlak naast staat buis B28F1447 waar voor de periode 2014 tot en met 2017 metingen beschikbaar zijn op dagbasis. De filterdiepte is vergelijkbaar met B28F1327 maar de filterlengte is kleiner. De reeksen zijn weergegeven in afbeelding 5.11.



Vrijwel altijd staat de stijghoogte boven maaiveld (kwel aan maaiveld). Het ondiepe filter (filter 1) in buis B28F1447 ligt dicht tegen de waarde van het diepere filter aan, maar voor dit filter zijn maar weinig metingen. Het ondiepe filter in buis B23F1327 laat een lichte verhoging zien na 2012 wat mogelijk een effect heeft gehad in de mate waarin kwel aan maaiveld kan uittreden, maar het stemt niet overeen met de vochtindicatie van de vegetatie. Deze laat namelijk een toename in soorten van droge standplaatsen zien. Opvallend is het grote verschil in maaiveld tussen de buizen B28F1327 en B28F1447. Er is geen veldbezoek uitgevoerd om na te gaan hoe representatief de peilbuismetingen zijn voor de onderzochte pq's.

De diepere filters (filter 2) zijn meer compleet en laten geen dalende trend zien. Gezien de ontwikkeling van het diepere filter (geen daling) kan de verandering in filter 1 alleen verklaard worden uit lokale ingrepen en/of het neerslagoverschot. Overigens is een relatie van de verdroging met de grondwaterwinning niet aan te tonen, maar ook niet waarschijnlijk. De Bronweide ligt op de plek waar de slenk in de ondergrond ongeveer ophoudt, en de bron ligt hoog (49 m NAP) boven het niveau van de stijghoogte in de slenk (30 m NAP). Aan de oostzijde van de slenk worden voornamelijk verhogingen van de stijghoogte afgeleid uit de tijdreeksanalyse als gevolg van het sluiten van Manderheide. Bij de beheerder (Rick Staudt) is nog nagevraagd of sprake was van lokale maatregelen, maar dat was volgens de beheerder niet het geval.

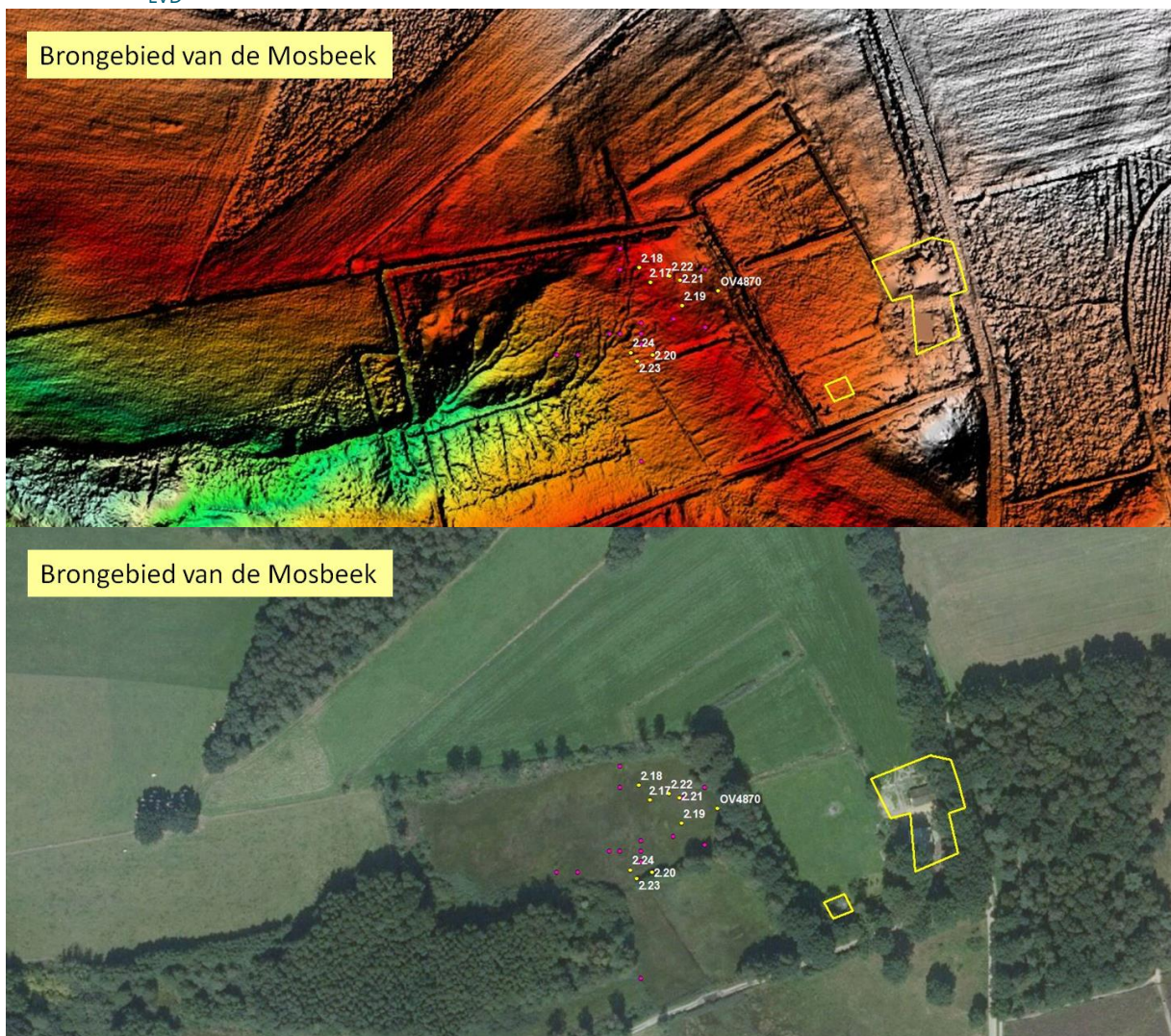
5.3.4 Brongebied van de Mosbeek

Locatie: dit gebied ligt ten noorden/noordoosten van Vasse, op de westflank van de stuwwal van Ootmarsum. De kern van de stuwwal bestaat voor een groot deel uit slecht doorlatende Tertiaire klei. Nabij maaiveld liggen geïsoleerde voorkomens van goed doorlatende afzettingen, meestal gestuwde en voor latere erosie gespaard gebleven rivierzanden van de Formaties van Enschede en Urk (Meij et al., 2015). Deze rivierzanden liggen op een dik pakket van zeer slecht doorlatende klei. Deze opbouw verklaart het voorkomen van bronnen in het brongebied van de Mosbeek en andere hoog op de stuwwal gelegen brongebieden: het regenwater dat hoog op de stuwwal in het zandpakket infiltreert kan vanwege de aanwezigheid van het dikke pakket aan Tertiaire klei (vrijwel) niet wegzijgen naar de ondergrond maar moet zijdelings uittreden. Er worden 3 deelgebieden onderscheiden in het brongebied: het bronveen, de bronweide en het broekbos (Bell et al., 2017). Het gebied is erg nat met grondwaterstanden tot aan maaiveld. In 2012 werd in de tussenrapportage op basis van analyse van PQ's geconstateerd dat in het brongebied verzuring is opgetreden. Dit werd bevestigd door herhaling van een detailkartering van indicatorsoorten (Kieskamp, 2012) waaruit bleek dat basenminnende soorten van het kalkmoeras alleen nog lager op de helling voorkwamen. Uit een ecohydrologische systeemanalyse (Bell & Hullenaar, 2017) bleek dat insnijding van de Mosbeek door terugschrijdende erosie een belangrijke oorzaak was voor afname van de kwel. Daarnaast blijkt het brongebied zeer gevoelig voor langjarige fluctuaties van de grondwaterstand in het intrekgebied en ontwatering bovenstrooms.

Vegetatie: het brongebied bestaat hoofdzakelijk uit natte heide, blauwgrasland, alkalisch laagveen en broekbos. Het blauwgrasland, het broekbos en vooral het alkalisch laagveen zijn afhankelijk van voeding van basenrijk grondwater. Er zijn indicaties dat de soortensamenstelling van het blauwgrasland, het broekbos en het alkalisch laagveen de laatste decennia is veranderd. De invloed van het basenrijk grondwater lijkt te verminderen. Deze veranderingen duiden op verzuring, mogelijk als gevolg van verdroging (Kieskamp, 2014).

De pq's liggen in 2 clusters binnen het bronveen. Het cluster met pq 2.20, 2.23 en 2.24 liggen wat lager op de helling. De pq's 2.17, 2.18, 2.19, 2.21 en 2.22 liggen wat hoger op de helling. Nog hoger ligt de pq OV4870 (afbeelding 5.12). Qua plantenassociatie geven pq 2.20, 2.23 en 2.24 allen Associatie van Vetblad en Vlozegge (09BA02) aan. Vetblad en Vlozegge komen niet voor in de opname, maar zijn wel op de locatie waargenomen (Kieskamp, 2014). Vetblad is sinds 1999 in aantal afgenomen. Deze soortenrijke vegetatie bevat veel andere soorten die kenmerkend zijn voor natte, voedselarme, zwak zure tot basische graslanden zoals Heidekartelblad, Blauwe knoop, Blauwe zegge, Spaanse ruiter en Parnassia. Ook soorten die kenmerkend zijn voor meer natte, zure condities komen voor zoals Beenbreek, Veenmos, Witte snavelbies en Gewone dophei. De vegetatie wordt getypeerd als alkalisch laagveen, met relatief weinig basenminnende soorten (Kieskamp, 2014). Pq 2.20 geeft voor 2017 aan dat het gaat om een combinatie van Blauwgrasland; typische subass. (16AA01B) en Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19AA02). De laatste geeft een meer voedselarme, zure standplaats aan.

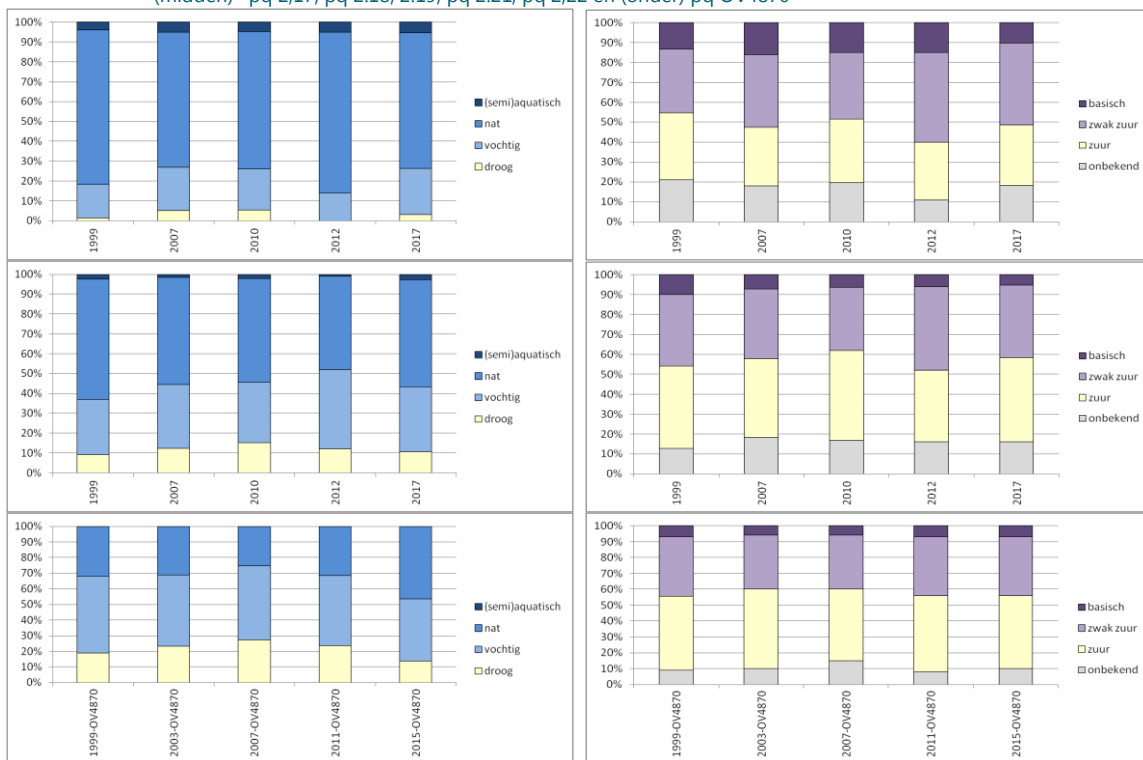
Afbeelding 5.12 Locatie van de pq's afgezet tegen het maaiveldverloop (boven) en het landgebruik (beneden). Gele punten hebben betrekking op de onderzochte pq's, roze punten geven aanvullende vegetatieopnamen aan volgens de LVD



De pq's 2.17, 2.18, 2.19, 2.21 en 2.22 geven een blauwgrasland aan Blauwgrasland; typische subass. (16AA01B) waarbij met name 2.21 en 2.22 meer zure soorten bevat (Associatie van Gewone dophei, 11AA02). Binnen pq OV4870 komt een mooie natte tot vochtige heide vegetatie voor met Beenbreek, Klokjesgentiaan, Struikhei en Gewone dophei.

Milieu indicatie: in geen van de locaties is sprake van een duidelijke verschuiving in ecologische groepen. Wel verschillen de locaties qua milieu indicatie. Het cluster van pq's 2.20, 2.23, 2.24 geeft de natste en meest basenrijke condities aan. Naarmate we hogerop de helling komen indiceren de pq's een afname in het aandeel (semi)aquatische en natte soorten en een toename in het aandeel droge soorten. Tevens neemt het aandeel soorten die kenmerkend zijn voor basenrijke en zwak zure condities af ten gunste van soorten die kenmerkend zijn voor zure condities (afbeelding 5.13). Het aandeel aan soorten die kenmerkend zijn voor voedselarme omstandigheden is het grootst op de locatie onder aan de helling. Volgens de beheerder (Rick Staudt) is Beenbreek zich aan het uitbreiden ten opzichte van andere soorten. Het lijkt erop dat het areaal met natte, zure condities zich aan het uitbreiden in ten opzichte van basenrijke milieu condities.

Afbeelding 5.13 Gemiddelde milieu indicatie per jaar voor vochttoestand en zuurgraad voor (boven) – pq 2,20, pq 2.23, pq 2.24, (midden) –pq 2,17, pq 2.18, 2.19, pq 2.21, pq 2,22 en (onder) pq OV4870



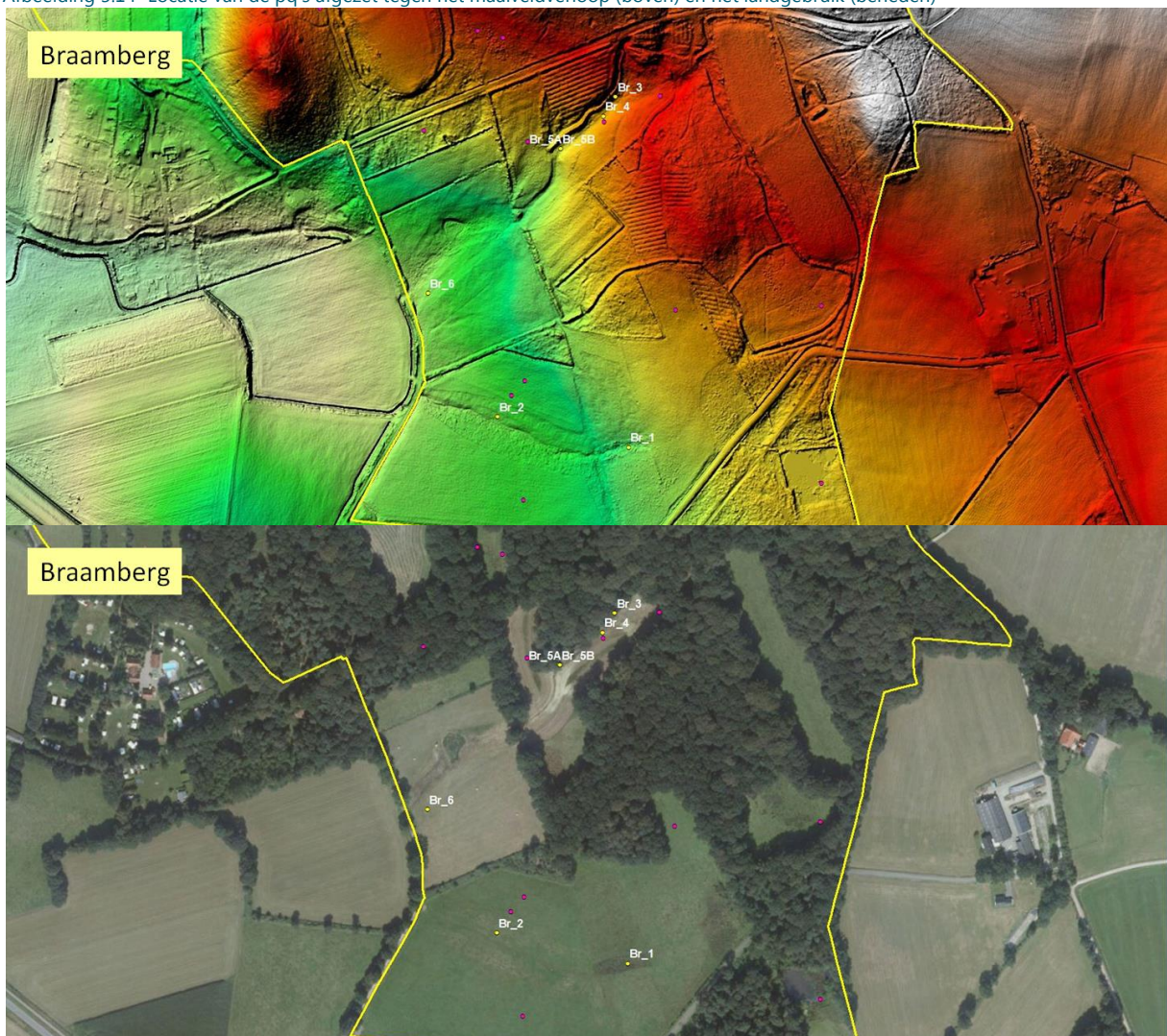
Volgens Kieskamp (2014) is sinds 2002 sprake van een verlaging van grondwaterstanden. Bell et al., 2017 spreekt van relatief lage grondwaterstanden in de periode vanaf 2006 ten opzichte van de periode ervoor. In de begeleidingscommissie is aangegeven dat in het brongebied van de Mosbeek sprake is van een afname van basenminnende en een toename van regenwater-indicerende soorten, met name in het lager gelegen deel. Dit komt niet tot uiting in de huidige pq metingen. Bij een vervolgstap moet daarom worden nagegaan of de pq's niet moeten worden uitgebreid naar een lager deel in het terrein waar vooral de veranderingen op lijken te treden. Op basis van de huidige gegevens kan geen relatie worden aangetoond met de verplaatsing van de winning. Een effect lijkt ook vrij onwaarschijnlijk gezien de afstand van de locatie tot de slenk.

5.3.5 Braamberg

Locatie: het gebied ligt op gestuwde afzettingen op de grens van de slenk van Reutum. Er ontspringen hier verschillende bronnen die samen de Tutenbergerbeek voeden. Volgens de habitattypenkaart bestaat de vegetatie in de bronzones uit blauwgrasland en trilveen. Op de Tutenberg en de Braamberg liggen gestuwde grove zanden en grind aan maaiveld. Door de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen (klei) treedt hier grondwater uit. Er is 1 boring in dit gebied waarin de gestuwde afzettingen volledig zijn opgeboord. De gestuwde afzettingen hebben hier een dikte van circa 25 m, en bestaan volledig uit klei. Onder deze gestuwde kleien ligt tenminste 20 m zeer grof tot uiterst grof grindhoudend zand. Dit is het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum. De breuk ligt waarschijnlijk juist oostelijk van de bronzone. De gestuwde kleien op het watervoerende pakket vormen het zogenaamde 'balkon'.

Vegetatie: de pq's 3,4 en 5 (A, B) liggen hoger op de helling langs de beek. Met ASSOCIA wordt vooral een associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (9AA03B) aangegeven. Daarnaast wordt ook vaak Veldrus-associatie (16AB01) aangegeven. Het provinciale meetnet verdroging spreekt bij pq 3 van een door Veldrus en Holpijp gedomineerde natte hooilandvegetatie. Meer benedenstrooms ligt pq 6 en is ook getypeerd als een Veldrus-associatie (16AB01). In een meer zuidelijk gelegen afwateringstak ligt pq 1 en 2. Voor pq 1 geeft ASSOCIA een associatie van Borstelbies en Moerasmuur (28AA02) aan, en voor pq 2 een rompgemeenschap van Pitrus (16RG04). De pq beschrijving voor pq 1 en 2 vermeldt de aanwezigheid van mest en water.

Afbeelding 5.14 Locatie van de pq's afgezet tegen het maaiveldverloop (boven) en het landgebruik (beneden)



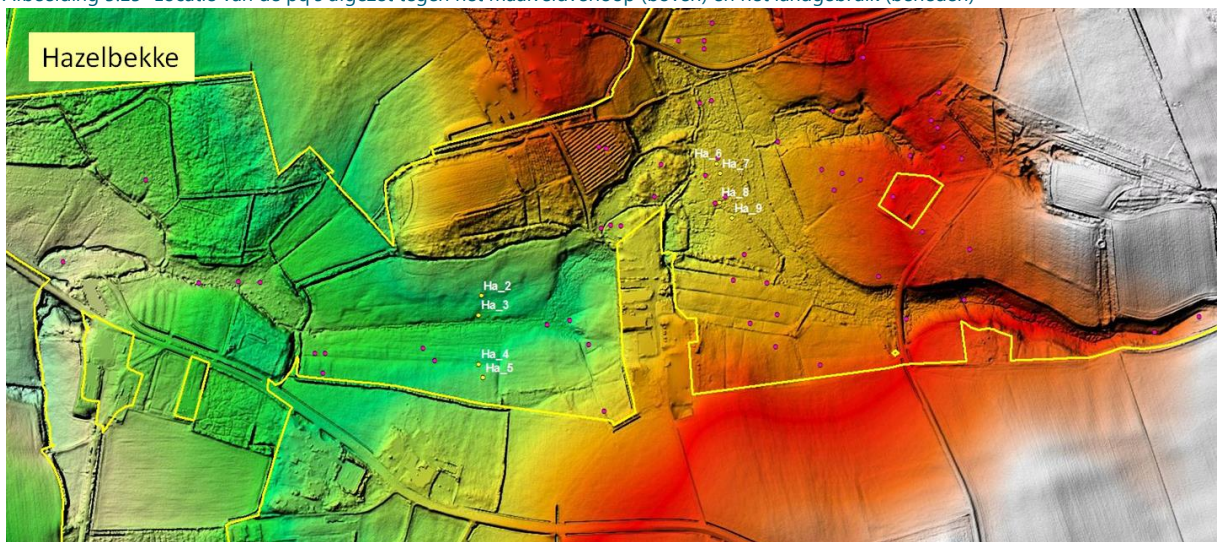
Milieu indicatie: In het kader van 'Terug naar de bron' zijn in Braamberg maatregelen uitgevoerd. Welke maatregelen zijn uitgevoerd en tot welke effecten dit heeft geleid is niet teruggevonden in de beschikbare documenten. De pq's 3, 4, 5A en 5B in 2012 geven meer droge soorten voor 2012 ten opzichte van 2007. Dit is ook het geval voor pq 1 en 2 maar niet voor pq 6 (bijlage VIII). Alleen voor pq 3 is er een aanvullende meting na 2012. Voor 2015 geeft pq 3 een duidelijke toename aan in het aandeel natte soorten, ten koste van vochtige en droge soorten. De toename in het aandeel droge soorten tussen 2007 en 2012 is te verklaren uit het verloop van de meteorologische condities. Met name het voorjaar van 2011 en in mindere mate 2012 waren droog. In 2015 is weer sprake van meer natte condities. Verder geeft pq 3, 4, 5A en 5B een meer voedselarme standplaats aan, met name in 2012, vergeleken met pq 1, 2 en 6. Door het veelal ontbreken van pq's na 2012 is een goede evaluatie van de ontwikkeling in vegetatie en milieu indicatie niet mogelijk.

5.3.6 Hazelbekke

Locatie: het Hazelbekke is gesitueerd op de westflank van de stuwwal van Ootmarsum, die hoofdzakelijk bestaat uit gestuwde tertiaire groenzanden en kleien. Door smeltwater zijn in de stuwwal diepe erosiedalen uitgesleten. In sommige delen is op de tertiaire ondergrond zand afgezet. In deze delen stroomt het infiltrerende regenwater via de dunne maar goed doorlatende oppervlakkige zandlagen af. Langs de randen van de beekdalen worden de zandlagen aangesneden wat resulteert in het optreden van laterale kwel en dagzoom-bronnen (Bell Hullenaar, 2004). Een deel van het regenwater infiltreert in de diepere ondergrond, wat zorgt voor voeding van het diepere, traag afstromende grondwater via de matig doorlatende groenzanden. Het kwelwater is basenrijk wat te danken is aan de natuurlijke aanrijking van het grondwater die optreedt bij doorstroming van de kalkrijke tertiaire afzettingen.

Vegetatie: in met name het centrale deel van het natuurgebied komen waardevolle Elzenbronbossen, natte schraalgraslanden (Veldrus-schraalland) en beekdalmoerassen voor. Hier liggen pq 6 tot en met 9. Dankzij het optreden van basenrijke kwel ontwikkelen de lage delen van de graslanden in het dal van de Onderbeek zich in de richting van dotterbloem-hooilanden. Hier bevinden zich pq 2 tot en met 5. De pq's 6 tot en met 9 geven een Veldrus-associatie (16AB01) dan wel Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (09AA03) aan. Een vergelijkbare typering wordt aangetroffen voor de meer benedenstrooms gelegen pq's 2 tot en met 5.

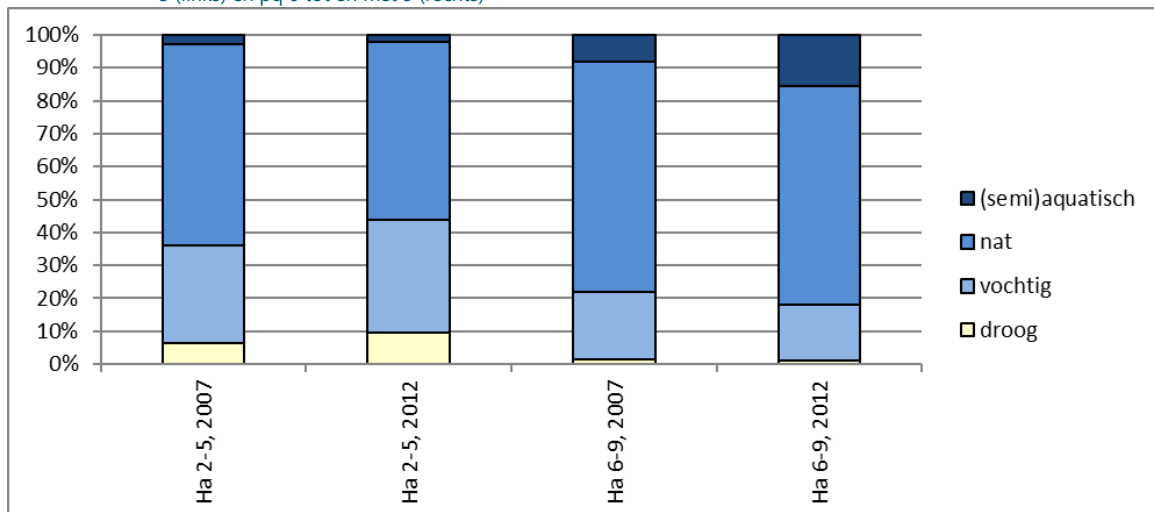
Afbeelding 5.15 Locatie van de pq's afgezet tegen het maaiveldverloop (boven) en het landgebruik (beneden)

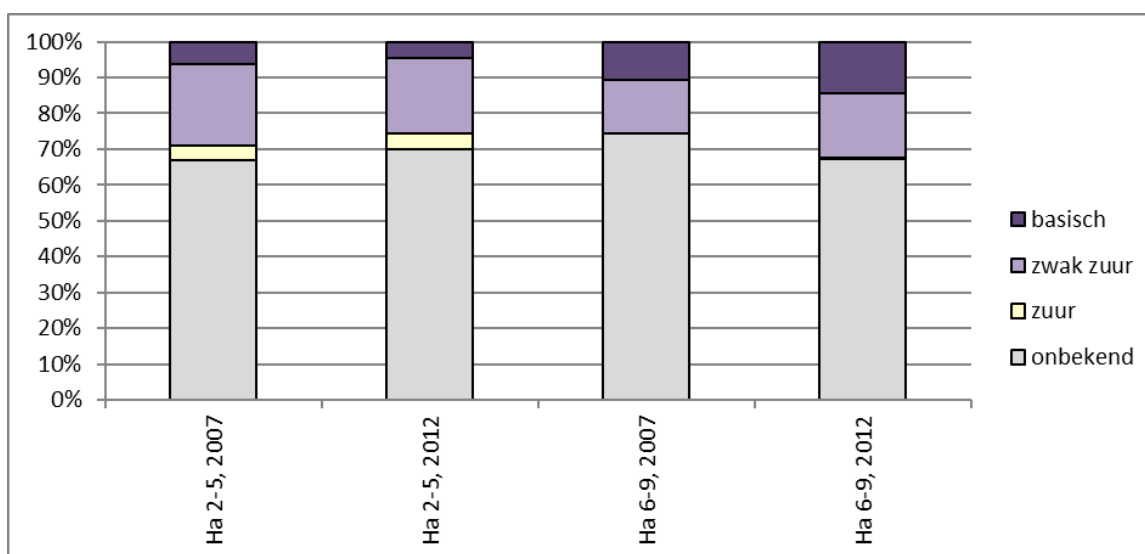
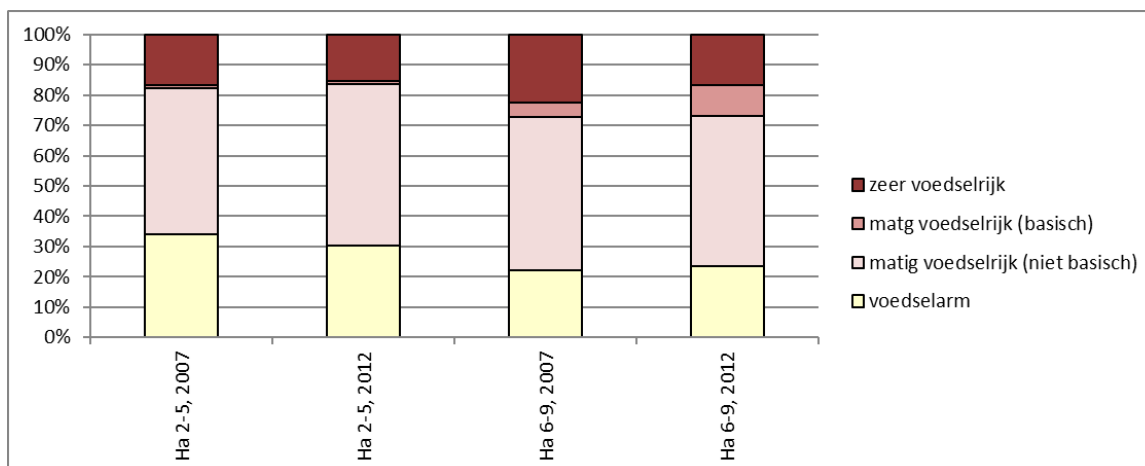




Milieu indicatie: het aandeel (semi)aquatische en natte soorten is duidelijk groter in pq 6 tot en met 9 vergeleken met pq 2 tot en met 5, gemiddeld 82 % versus 56 % (zie bijlage VIII). Tevens is het aandeel droge soorten in pq 2 tot en met 5 duidelijk hoger (gemiddeld 10 %) dan pq 6 tot en met 9 (1 %). Er zijn geen gegevens beschikbaar na 2012. Voor de pq 6 tot en met 9 lijkt eerder sprake te zijn van vernatting dan verdroging. Het aandeel (semi)aquatische en natte soorten neemt in 2012 toe ten opzichte van 2007 (zie afbeelding 5.16). Ook neemt het aandeel basische soorten toe. Voor de beschikbare pq metingen (2007 en 2012) voor pq 2 tot en met 5 is geen duidelijke trend herleidbaar.

Afbeelding 5.16 Gemiddelde milieu indicatie per jaar voor vochttoestand, voedselrijkdom en zuurgraad voor de pq's 2 tot en met 5 (links) en pq 6 tot en met 9 (rechts)





5.4 Conclusies terrestrische vegetatie

Om de ontwikkeling van de terrestrische vegetatie te onderzoeken zijn pq metingen onderzocht voor de locatie Mandermaten, Holtsüze, Schraallanden van Bels, Brongebied van de Mosbeek, Braamberg en Hazelbekke. Effecten van verplaatsing van de winning zijn vooral te verwachten in en nabij de slenk van Reutum. Mandermaten ligt in de slenk van Reutum. Holtsüze, Schraallanden van Bels, Braamberg en Hazelbekke liggen op gestuwde afzettingen nabij de slenk en het Brongebied van de Mosbeek ligt op gestuwde afzettingen ver verwijderd van de slenk van Reutum.

Voor geen van de locaties is op basis van de beschikbare gegevens een duidelijke relatie gevonden tussen de geconstateerde veranderingen in de terrestrische vegetatie van de pq's en de invloed van de reallocatie. Een goede evaluatie voor de ontwikkelingen in de Braamberg en Hazelbekke was nauwelijks mogelijk door het ontbreken van pq waarnemingen na 2012.

In Mandermaten is geen duidelijke trend zichtbaar in de milieu indicatie op basis van de vegetatie. De grondwaterstanden liggen relatief diep (circa 3 m-mv) waardoor weinig tot geen effect is te verwachten op de vegetatie.

Voor Holtsuze is aangegeven dat de vegetatie wel achteruit is gegaan, maar dit komt niet sterk tot uiting in de milieu indicaties binnen de pq's. Ook de beschikbare grondwaterstandsmetingen lijken niet erg betrouwbaar. Dit verdient nadere aandacht bij vervolgstappen voor de aanpak van de monitoring.

In de schraallanden van Bels is wel sprake van een duidelijke trend in milieu condities geïndiceerd door de vegetatie. Het aandeel soorten dat kenmerkend is voor droge en zure milieu omstandigheden neemt toe ten

koste van natte basenrijke standplaatsen. Dit is een indicatie voor verdroging (afname invloed basenrijke kwel). Er is nog geen goede verklaring voor de ecologische verandering. De diepe stijghoogte lijkt stabiel, maar het ondiepe filter laat een vernatting zien met mogelijke gevolgen voor de kwel. Voor het brongebied van de Mosbeek kan op basis van de pq gegevens niet worden geconcludeerd of sprake is van een duidelijke trend in milieu condities. Volgens de beheerder breidt de soort Beenbreek zich uit in het bovenste deel van het brongebied. Dit wijst op vernatting met zuur regenwater.

De oorzaak hiervoor is niet nader onderzocht. Daarnaast lijkt het meetnet niet voldoende representatief voor de gehele locatie. Er zou buiten de pq's wel degelijk sprake zijn van verdroging en verlies van basenrijke standplaatscondities. Dit komt waarschijnlijk niet tot uiting in de vegetatiemetingen doordat de veranderingen optreden in een deel van het terrein waar nu geen pq's liggen. In Braamberg en Hazelbekke ontbreekt het aan pq metingen (na reallocatie) om het effect van de winning goed te kunnen duiden. Ook hier moet nader gekeken worden naar de pq's in relatie tot de representativiteit voor het terrein. Mogelijk treden hier wel effecten op die nu niet in de metingen terug komen.

6

VERANDERINGEN MACROFAUNA

6.1 Inleiding

Net als bij de tussenevaluatie in 2012 richt de evaluatie van de macrofauna zich op veranderingen in de gemeenschap in de loop van de tijd. Het betreft de periode 2008-2016. Hiertoe zijn de macrofaunagegevens eerst geanalyseerd in relatie tot kenmerken van de meetlocaties, waarna vervolgens per locatie de verandering in de macrofaunagemeenschap is bekeken.

6.2 Werkwijze

In tabel 6.1 is weergegeven welke macrofaunagegevens zijn gebruikt. Het betreft 15 locaties, die in de periode 2008-2016, met wisselende frequentie in voor- en najaar zijn bemonsterd. De meeste locaties vormen reeds onderdeel van het (reguliere) meetnet van waterschap Vechtstromen, 3 locaties in de Mosbeek zijn ten behoeve van de evaluatie nieuw toegevoegd. De ligging van de locaties is aangegeven in afbeelding 6.1, grofweg kunnen de volgende groepen van meetpunten worden onderscheiden.

Mosbeek, van bron naar beneden:

- 06_222, Mosbron Midden, Hezingen;
- 06_203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen;
- 06_211, Mosbeek, bovenstrooms Molen van Frans, Hezingen;
- 06_216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg), Mander, Bovenstrooms Vleerhoeksweg;
- 06_217, Mosbeek, Bergweg, Mander;
- 06_204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, Benedenstrooms weg.

Bronnen 'noord':

- 06_009, Eendenbeek Galgenberg, Streuweg, Hezingen;
- 06_235, Oerbekke Oost Bron, Hezingen.

Bronnen 'zuid':

- 06_014, Braamberg Bron Oost, Vasse, Tutenbergerbeek bron;
- 06_206, Braakhuizen Bronbeek, Oosterveldsweg, De Breuker, Hezingen, meetpunt is daar waar drietal bronbeekjes samengekomen zijn;
- 06_208, Hazelhof Bronbeek, Slenkeweg, Nutter;
- 06_224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter;
- 06_200, Hazelbeek, nabij Vasserweg, Nutter, Benedenstrooms boerderij Hazelbekke in schraalgrasland.

Overig, lager gelegen meetpunten:

- 06_020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen,
- 06_018, Broekbeek_Eendenbeek, Vasserdijk, Manderveen, Broekbeek bovenloop

De permanent watervoerende locaties zijn in voor- en najaar bemonsterd. Enkele bronnen met een matige afvoer, kennen een wisselende grondwatervoeding (de debieten variëren tussen seizoenen en jaren, deels van nature). Derhalve is er voor gekozen deze alleen in het voorjaar te bemonsteren (mededeling waterschap

Vechtstromen). In totaal zijn het 171 bemonsteringen en ruim 700 taxa. Van deze locaties zijn ook veldgegevens (circa 165 parameters, waarvan 86 met een dekking van meer dan 80 % van de macrofaunamonsters) en waterkwaliteitsgegevens gebruikt. Al met al heeft de dataset dus een behoorlijke omvang, daarom is voor de volgende aanpak gekozen:

- 1 verzamelen, voorbereiden en analyseren van de soortgegevens met multivariate technieken (ordinatie en clustering) om de variatie in soortensamenstelling te onderzoeken. Hiermee is bekeken of er op individuele locaties de afgelopen jaren duidelijke veranderingen zijn opgetreden. Tevens is een doorkijk gegeven van de relatie tussen de soortensamenstelling van de macrofauna en de belangrijkste kenmerken van de monsterlocaties en de abiotische milieuparameters;
- 2 nadere analyse met milieu-indicatiewaarden voor macrofauna voor stroming en droogval.

In de volgende paragrafen worden de aanpak en resultaten besproken.

Tabel 6.1 Beschikbare data macrofauna

	code	x	y	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
				voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar
Mosbeek	06-222	255769	496433	1		1		1		1		1		1		1		1		1	
	06-203	255309	496345	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	06-211	254381	496300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	06-216	252035	496165	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	06-217	253301	496117	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
06-204	251342	495842	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
bron noord	06-009	254679	497755	1						1						1					
	06-235	255125	496635	1						1						1					
bron zuid	06-014	254369	495112	1						1						1					
	06-206	255658	494748	1	1					1	1					1	1				
	06-208	255618	494088	1	1					1	1					1	1				
	06-224	255639	494108	1		1		1		1		1		1		1		1		1	
	06-200	254860	494093	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
overig	06-020	246474	497777	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	06-018	247672	497243	1	1					1	1					1	1				

Afbeelding 6.1 Ligging meetpunten, de geel gemarkeerde punten zijn nieuwe meetlocaties



6.3 Stap 1. Analyse van de variatie in soortensamenstelling in de dataset

6.3.1 Voorbewerken gegevens

Bij het gebruik van de multivariate analysetechnieken die in dit onderzoek zijn toegepast, wordt een aantal eisen gesteld aan de te gebruiken gegevensbestanden. Daarom moeten de data voor de analyse een aantal voorbereidingen ondergaan, het betreft:

- de afstemming van het taxonomisch niveau van de macrofaunagegevens. Vaak komen verschillende taxonomische niveaus (bijvoorbeeld soort en genus) naast elkaar voor, waardoor het (tijdens de analyse) lijkt alsof er sprake is van 2 verschillende soorten. De reden hiervoor is bijvoorbeeld dat jonge of beschadigde individuen niet tot op soort kunnen worden gedetermineerd. Soms is dezelfde soort aanwezig met verschillende stadia (adult, larve) of met een andere naam. Afstemming is nodig om de data onderling vergelijkbaar te maken. Van de ruim 700 taxa, zijn er na taxonomische afstemming nog 387 taxa over;
- het omzetten van de macrofaunagegevens en de gegevens over de milieuvariabelen om ze geschikt te maken voor de analyse. De gebruikte analysetechniek gaat uit van 'normaal verdeelde' data. De eerste stap is het vertalen van kwalitatieve of semi-kwantitatieve data (bijvoorbeeld klassen met namen) naar kwantitatieve data (getallen). Ten tweede gaat het om het transformeren van aantallen en meetwaarden om een normale verdeling na te streven.

In bijlage IX wordt een nadere toelichting gegeven op alle voorbereidingen die uitgevoerd zijn op de gegevens.

6.3.2 Variatie binnen de gehele dataset

Voor de analyse is gebruik gemaakt van het softwarepakket CANOCO versie 5.0, Ter Braak & Šmilauer (2012). Voor een toelichting op de gebruikte ordinatietechnieken uit dit pakket wordt verwezen naar bijlage IX. Afbeelding 6.2 geeft het resultaat weer van een Detrended Correspondence Analysis (DCA) met alleen soortendata. Bij deze analyse wordt een onderlinge vergelijking gemaakt van de macrofaunasamenstelling van de individuele monsters. Daarbij worden de monsters geordend (vandaar de term ordinatie) op basis van overeenkomsten en verschillen in de aanwezige soorten en de aantallen van die soorten. Monsters met een vergelijkbare samenstelling staan dicht bij elkaar, monsters die sterk verschillen ver uit elkaar. De grootste variatie in soortensamenstelling wordt uitgezet op de eerste ordinatie-as, de volgende assen laten de resterende spreiding variatie zien.

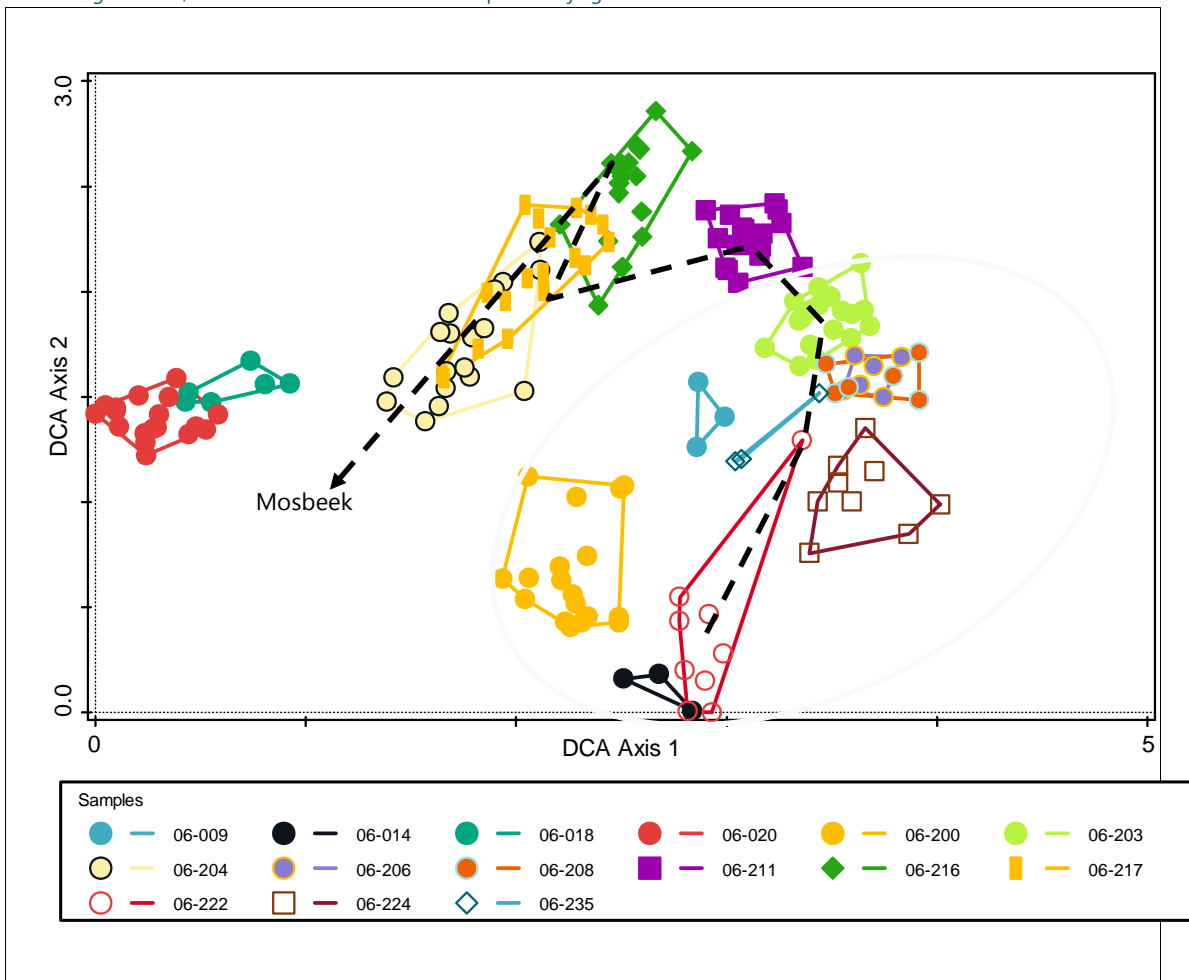
In afbeelding 6.2 is de ligging van de monsters op de eerste beide ordinatie-assen weergegeven. De monsters van dezelfde locatie (1 monster per meetjaar en seizoen: voor- en najaar) zijn door middel van dezelfde symbolen weergegeven en de buitenste punten met lijnen verbonden. De afbeelding laat zien dat in de meeste gevallen de monsters per locatie dicht bij elkaar liggen en dat de variatie tussen locaties veel groter is dan de variatie per locatie in de tijd.

De afbeelding laat verder zien dat:

- de monsters in en nabij de brongebieden (06-200, Hazelbeek, nabij Vasserweg, 06-014, Braamberg Bron Oost, Vasse, 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-224, Hazelhof Bron Noord, 06-009, Eendenbeek Galgenberg, 06-235, Oerbekke Oost Bron, Hezingen, 06-206, Braakhuizen Bronbeek, 06-208, Hazelhof Bronbeek en 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen) allemaal globaal rechtsonder in de figuur liggen (binnen de blauwe ellips);
- de monsters in de Mosbeek, van bron naar beneden (respectievelijk 06-222, Mosbron Midden, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-211, bovenstrooms Molen van Frans, Hezingen, 06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg), 06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander en 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander) vrijwel exact op volgorde in de figuur liggen (langs de zwarte stippellijn). Alleen 06-216 en 06-217 wijken wat af van de volgorde;
- de meetpunten 06-018, Broekbeek-Eendenbeek, Vasserdijk, Manderveen en 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen duidelijk gescheiden liggen van de rest, deze liggen verder van de bron in akkerbouwgebied en hebben dieper water;

- de grootste variatie tussen jaren en seizoenen lijkt te zitten in het traject van de Mosbeek waar de meetpunten 06-217, -216 en -204 liggen.

Afbeelding 6.2 DCA, alleen soorten as 1 en 2. De meetpunten zijn gelabeld

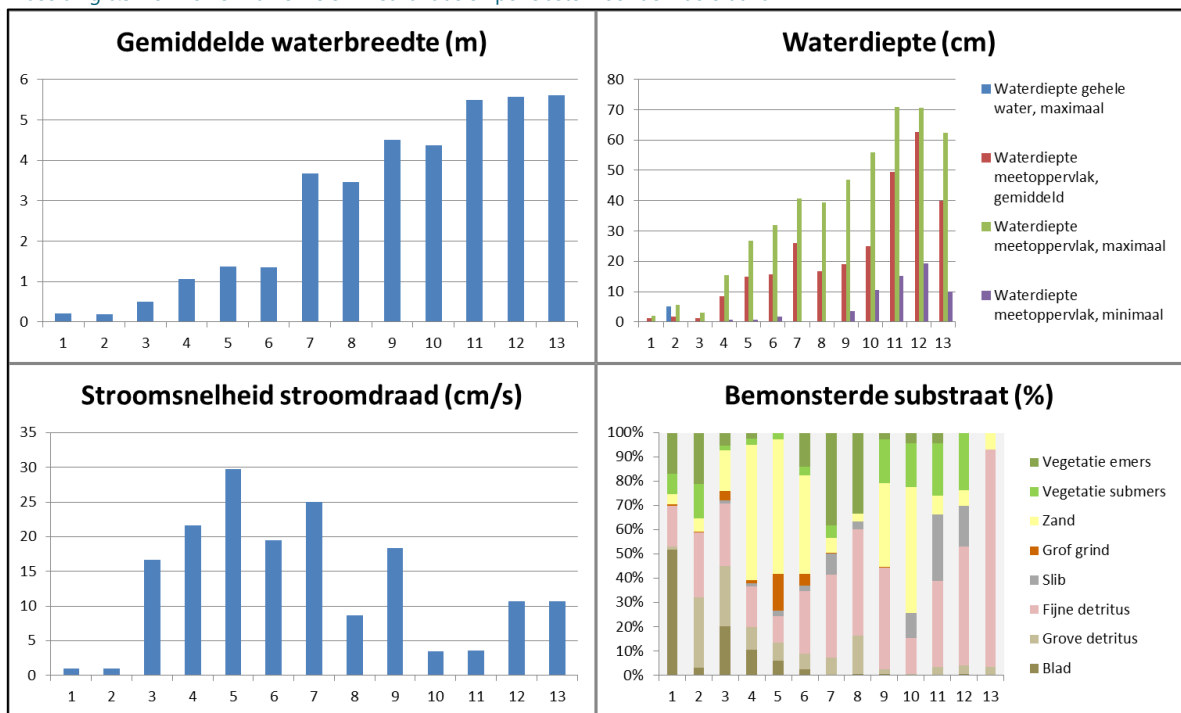


De aanwezige macrofauna weerspiegelt dus voor een belangrijk deel de landschappelijke ligging van de monsterlocaties (overigens bijna letterlijk, de ligging in de ordination lijkt erg sterk op de topografische ligging). Deze relatie met het landschap is logisch en komt nog iets duidelijker naar voren in het resultaat van een cluster-analyse met dezelfde dataset. Hiermee kan wat beter naar de specifieke soorten worden gekeken die bepalend zijn voor de verschillen in soortensamenstelling. Bij de clustering worden de macrofaunamonsters ingedeeld in groepen met een vergelijkbare soortensamenstelling en abundantie. Deze zijn wederom geordend volgens de mate van overeenkomst. De clustering is uitgevoerd met TWINSpan (WINTWINS versie 2.3), de samenvattende clustertabel, met de gemiddelde abundantie van de meest indicatieve soorten per cluster, is opgenomen in bijlage X. Het resultaat is een indeling in 13 clusters, die een logisch verband vertonen met enkele relevante milieukenmerken. Hieronder wordt dit weergegeven door middel van de toedeling van monsters aan de clusters in tabel 6.2 en de figuren in afbeelding 6.3. Tabel 6.2 laat zien dat de monsters per monsterlocatie en seizoen vaak sterk zijn gekoppeld aan 1 cluster, soms afwisselend in 2 clusters. Uitzondering is locatie 06-217 die vanaf 2012 'vershuift' van cluster 6 naar cluster 5, en daarmee meer gaat lijken op het meetpunt 06-216. Soorten die vaker en/of met hogere abundantie voorkomen in cluster 5 zijn enkele 'echte' stromend water soorten als: de kokerjuffers *Chaetopteryx villosa*, *Plectrocnemia conspersa* en *Sericostoma*, terwijl meer algemene soorten als de haften *Athripsodes aterrimus* en *Caenis horaria* en de muggenlarven van het geslacht *Chironomus* juist vooral in cluster 6 voorkomen.

Tabel 6.2 Clusterindeling macrofauna

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
06-009, Eendenbeek Galgenberg, Streuweg, Hezingen	V	4			4			4		
06-014, Braamberg Bron Oost, Vasse	V	1			1			1		
06-018, Broekbeek-Eendenbeek, Vasserdijk, Manderveen	N	10			10			10		
	V	9			9			9		
06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen,	N	11	11	12	11	11	11	11	11	11
	V	13	13	13	12	9	12	12	12	12
06-200, Hazelbeek, nabij Vasserweg, Nutter	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	V	7	7	8	8	7	8	7	7	7
06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	V	4	4	4	4	4	4	4	4	4
06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander	N	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	V	6	6	6	6	6	6	6	6	6
06-206, Braakhuizen Bronbeek, Oosterveldsweg	N	4			4			4		
	V	4			4			3		
06-208, Hazelhof Bronbeek, Slenkeweg, Nutter	N	4			4			4		
	V	4			4			4		
06-211, Mosbeek, bovenstrooms Molen van Frans, Hezingen	N	5	4	5	4	5	4	4	5	5
	V	4	5	5	5	5	5	5	4	5
06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg)	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	V	5	5	5	5	5	5	5	5	5
06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander	N	6	6	6	6	6	5	5	5	5
	V	6	6	6	6	5	5	5	5	5
06-222, Mosbron Midden, Hezingen	V	2	2	2	2	2	2	2	4	2
06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter	V	3	3	3	3	3	3	3	3	3
06-235, Oerbekke Oost Bron, Hezingen	V	4			4			4		

Afbeelding 6.3 Kenmerken van enkele milieuv variabelen per cluster voor de macrofauna

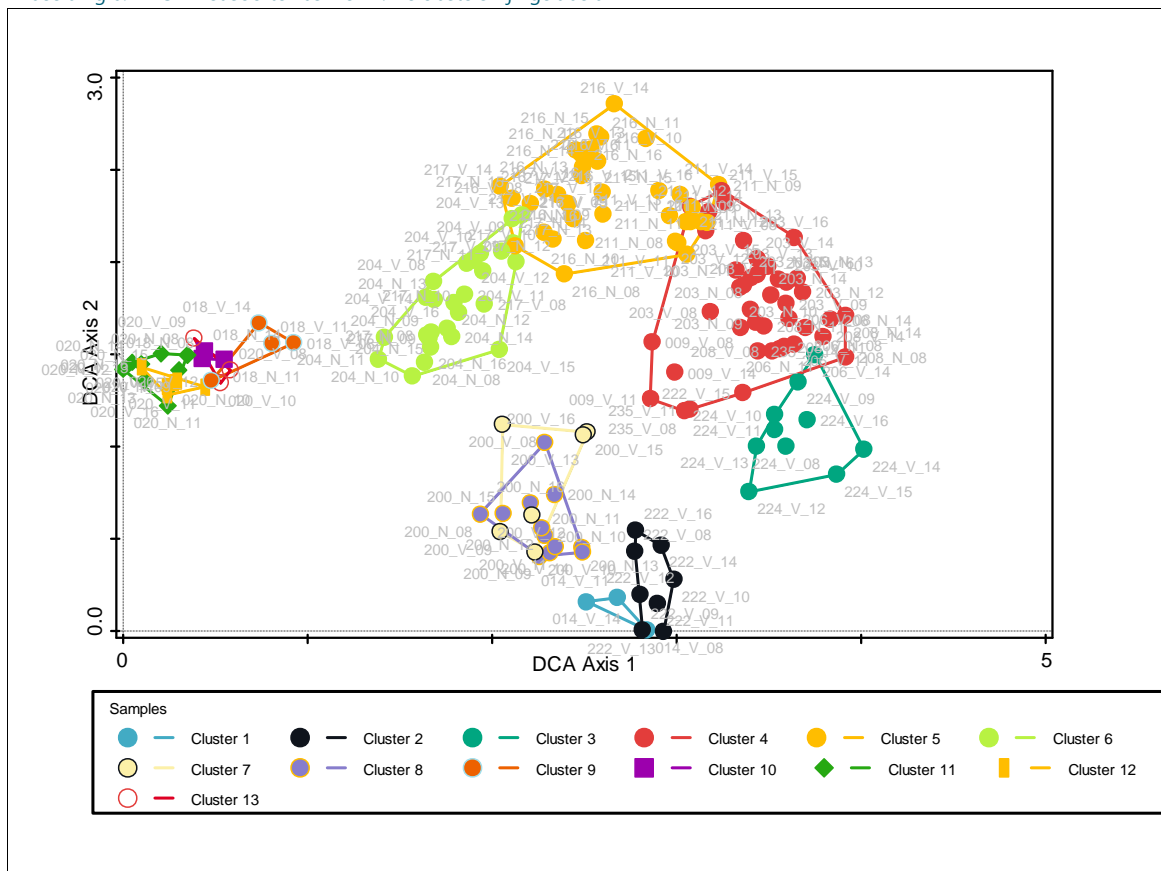


Afbeelding 6.3 laat enkele milieukenmerken per cluster zien (gemiddelden). Daarvoor zijn de clusters gekoppeld aan de veldgegevens van de meetpunten en is per cluster het gemiddelde berekend. De clustering laat zeer duidelijk een gradiënt in dimensie (breedte en diepte) zien, waarbij de gemiddelde breedte en diepte van de meetpunten toeneemt van cluster 1 (links in de tabel in bijlage X) tot cluster 13 (uiterst rechts). De stroomsnelheid vertoont een optimum in cluster 5. Voor het (bemonsterde) substraat zijn de 8 meest voorkomende substraten geselecteerd, hiervan is per monster het relatieve aandeel bepaald en per cluster gemiddeld. Het substraat varieert van vrijwel volledig grof organisch materiaal (blad, grove

detritus en planten) in cluster 1 en 2, naar een groter aandeel zand en grind in de clusters 3 tot en met 6, 9 en 10) naar meer slib en fijn detritus in cluster 11 tot en met 13. Afwijkend in deze reeks zijn cluster 7 en 8, met juist relatief weinig zand en veel emerse vegetatie en fijn detritus.

Ten slotte is nog een vergelijking gemaakt van de ordinatie en de clustering, hieruit komt naar voren in hoeverre beide methode overeenkomen in de ordening en indeling van de monsters op basis van de soortensamenstelling. Afbeelding 6.4 geeft het resultaat weer van de DCA, waarbij de monsters zijn gelabeld met het clusternummer. De ligging van de monsters op de eerste beide assen is dus gelijk aan afbeelding 6.2. Nu zijn alleen de monstercodes ook vermeld volgens het stramien 'code_seizoen_jaar', de clusters zijn weer met een lijn omgeven. De clusters zijn in de afbeelding duidelijk herkenbaar en liggen netjes op volgorde, met uitzondering van cluster 7 en 8. Deze liggen in de ordinatie logisch op basis van hun landschappelijke ligging en zijn ze in de clustering logisch geordend op een gradiënt van breedte en diepte. Qua substraat liggen ze echter minder logisch. De verschillen zijn echter klein, het overwegende beeld is duidelijk en goed verklaarbaar.

Afbeelding 6.4 DCA met soorten as 1 en 2. De clusters zijn gelabeld



6.3.3 Variatie per meetlocatie

Een eenvoudige manier om te kijken of er veranderingen zijn opgetreden in de macrofauna op de meetlocaties is om te kijken naar het verloop van het aantal taxa (vaak soorten, soms hogere taxonomische eenheden zoals geslacht of familie) en het aantal individuen per monster. Afbeeldingen 6.5 tot en met 6.9 laten dit zien voor respectievelijk aantal taxa in het voorjaar, aantal taxa in het najaar, aantal individuen in het voorjaar en aantal individuen in het najaar. De 'nieuwe' locaties in de Mosbeek zijn door middel van een dikkere lijn aangegeven. De figuren laten het volgende zien:

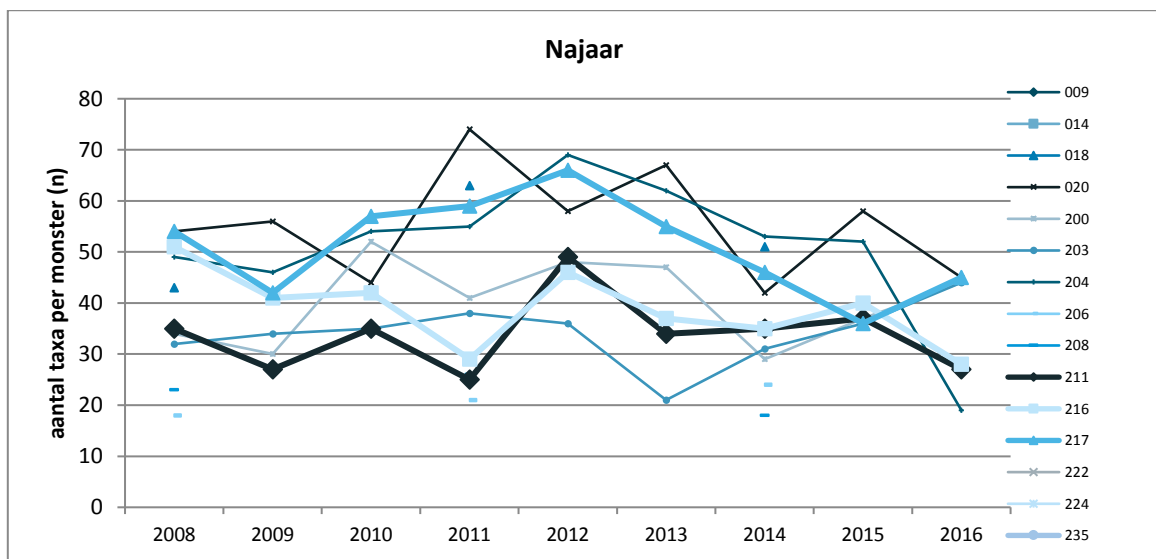
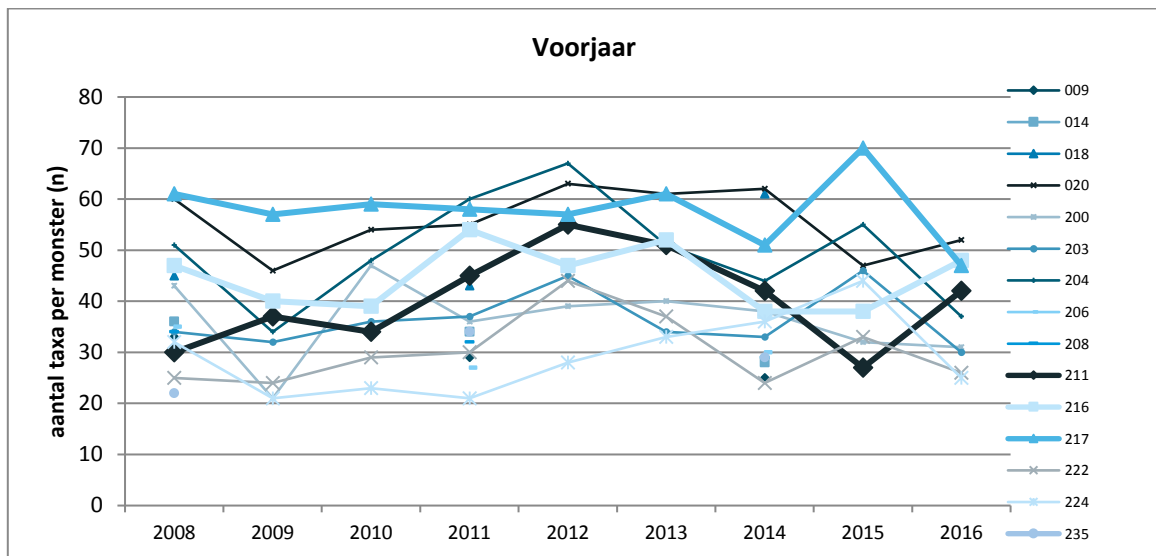
- voor het aantal taxa in het voorjaar, valt op dat de verschillen per locatie tussen de jaren vaak nog groter zijn dan de verschillen tussen locaties. Opvallend is bijvoorbeeld het grote verschil tussen locatie 06-211

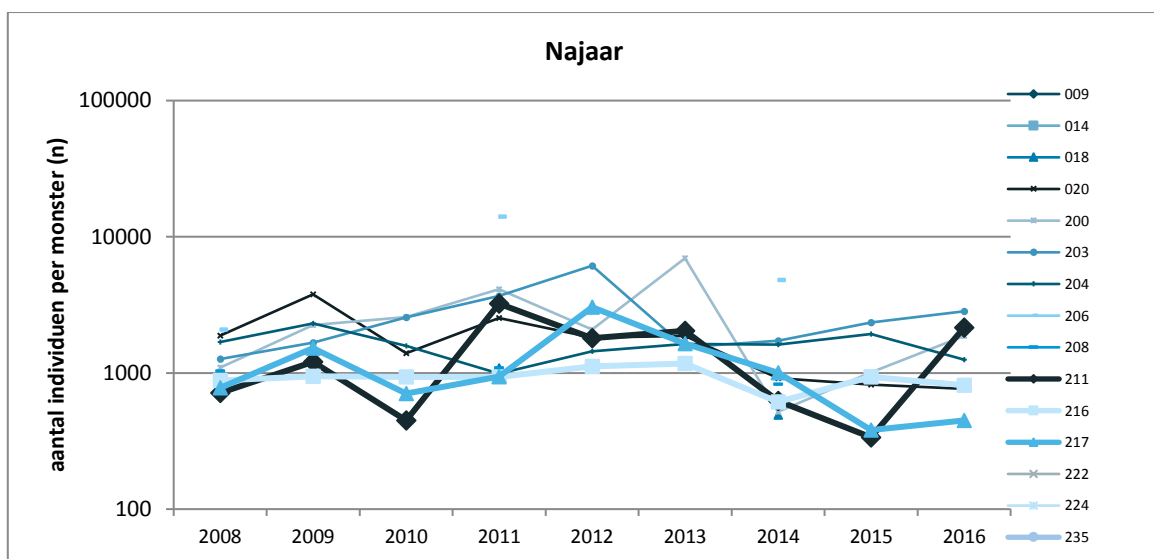
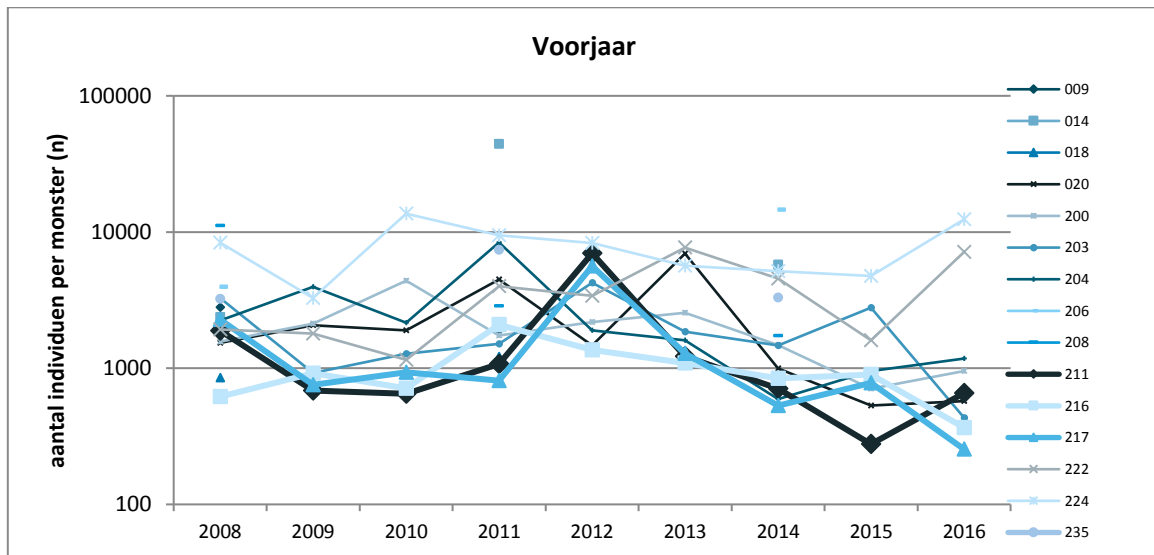
en 06-217 in 2015 (respectievelijk circa 25 en 70 taxa), terwijl ze in de jaren er voor en er na ongeveer evenveel (40-50) taxa hadden. Er zijn geen duidelijke, eenduidige trends zichtbaar;

- het aantal taxa in het najaar lijkt voor locatie 06-204 (en 06-217) sinds 2012 een dalende trend te vertonen;
- het aantal individuen lijkt vooral voor de locaties 06-211 en 06-217 in het voorjaar een dalende trend te vertonen sinds 2012.

Al met al zijn er geen zeer duidelijke trends waarneembaar.

Afbeelding 6.5 tot en met 6.8 Aantal taxa en aantal individuen per meetlocatie voor de periode 2008-2016. Locaties: 06-009, Eendenbeek Galgenberg, Streuweg, Hezingen, 06-014, Braamberg Bron Oost, Vasse, 06-018, Broekbeek-Eendenbeek, Vasserdijk, Manderveen, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen, 06-200, Hazelbeek, nabij Vasserweg, Nutter, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-206, Braakhuizen Bronbeek, Oosterveldsweg, 06-208, Hazelhof Bronbeek, Slenkeweg, Nutter, 06-211, Mosbeek, bovenstrooms Molen van Frans, Hezingen, 06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg), 06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander, 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter 06-235, Oerbekke Oost Bron, Hezingen





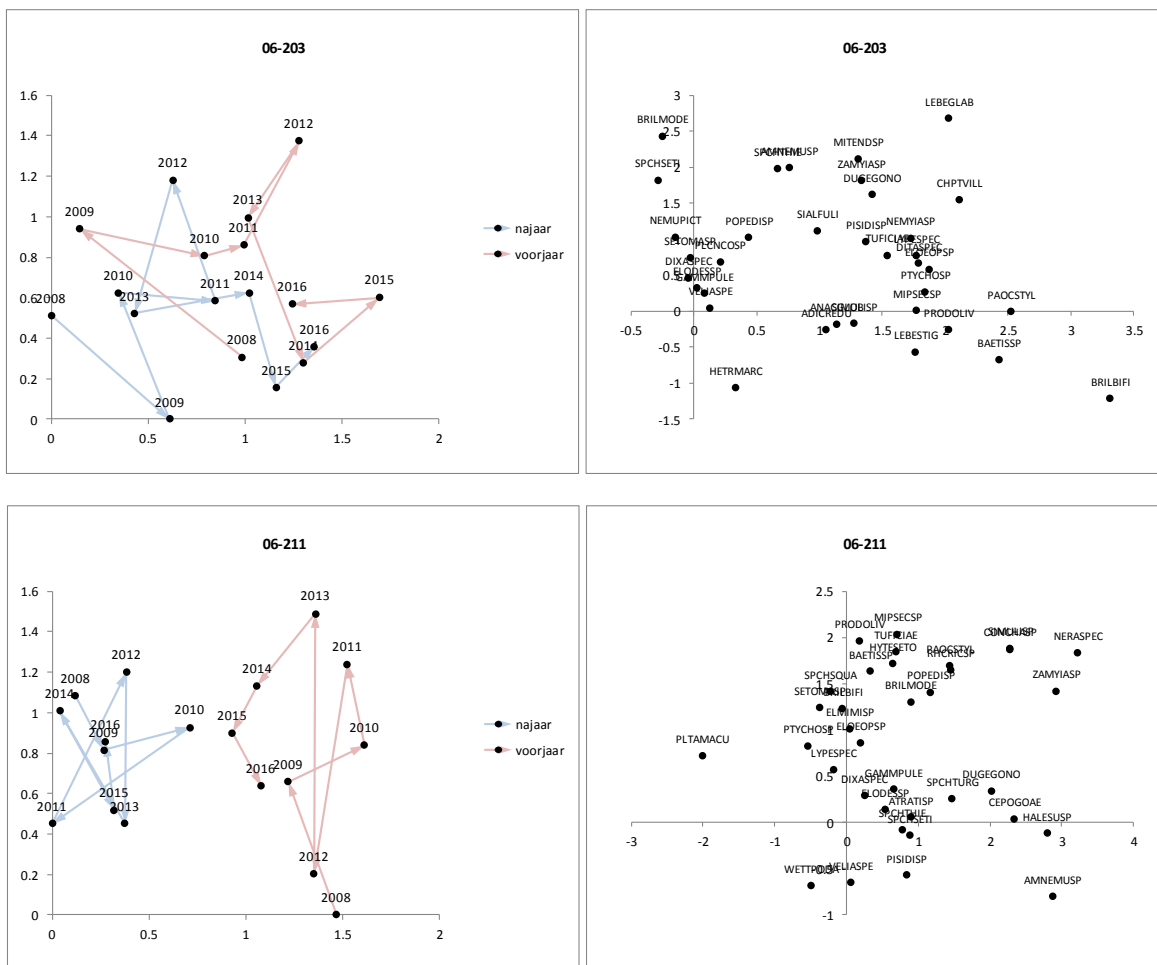
Om te onderzoeken in hoeverre de samenstelling van de macrofaunagemeenschap op individuele locaties is veranderd, is een analyse uitgevoerd van de soortensamenstelling per locatie. Dit is weer met CANOCO uitgevoerd, waarbij alleen de locaties zijn gebruikt die jaarlijks zijn bemonsterd. Onderstaande figuren geven de richting van de veranderingen weer per jaar, door in het ordinatiediagram (as 1 en 2) telkens de opeenvolgende jaren door middel van een pijl te verbinden. Zo is de ontwikkeling in de tijd inzichtelijk gemaakt, uitgesplitst naar voorjaars- en najaarsmonsters. De corresponderende soorten staan weergegeven in het rechter deel van de figuur (afkortingen). Eerst wordt de ontwikkeling in de Mosbeek gepresenteerd, in stroomafwaartse richting (respectievelijk 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-211, Mosbeek, bovenstrooms Molen van Frans, Hezingen, 06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander, 06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg) en 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander). Hieruit blijkt dat voor de Mosbeek:

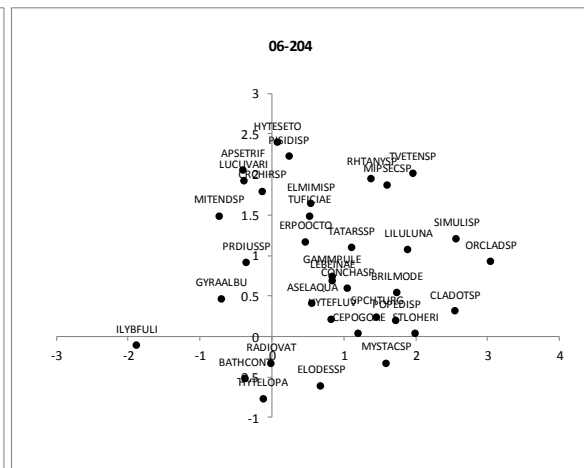
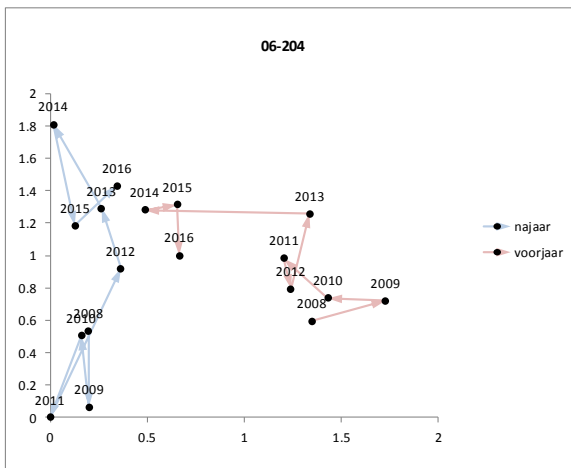
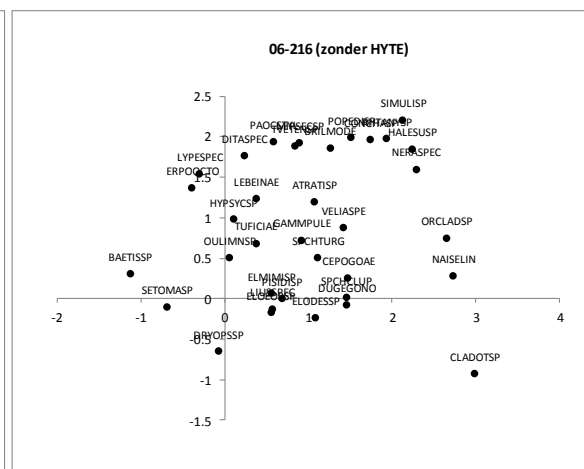
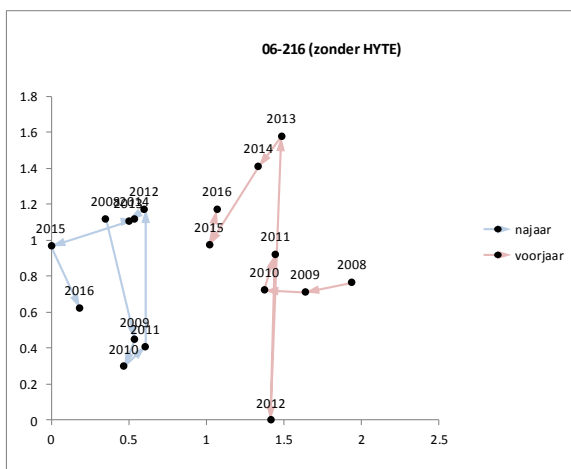
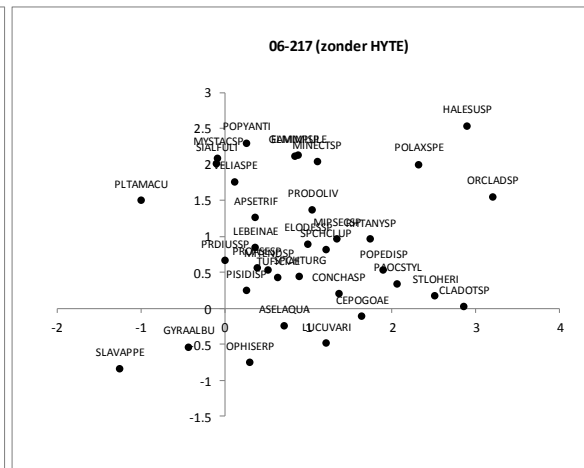
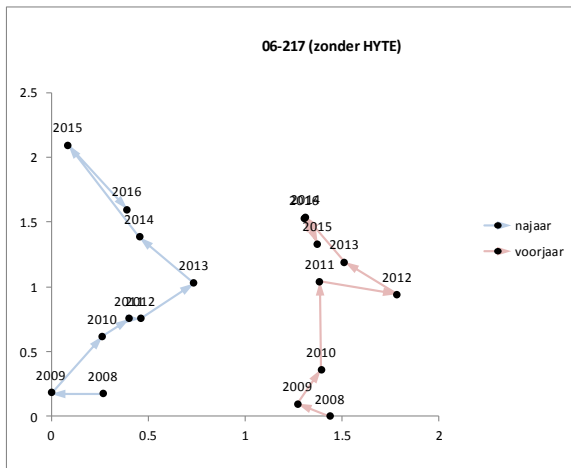
- in het algemeen het verschil tussen voorjaar en najaar groter is dan het verschil tussen de jaren, dit is te zien doordat de voor- en najaarsmonsters op as 1 vaak duidelijk van elkaar gescheiden zijn;
- voor locaties 06-203 en 06-211 (meest bovenstrooms gelegen) er geen duidelijke richting zit in de ontwikkeling van de macrofauna;
- er op locatie 06-217 wel een gerichte verschuiving lijkt plaats te vinden op as 2, de monsters 'kruipen' omhoog. Er lijkt een verschuiving op te treden van soorten van meer slib en detritusrijke milieus (bepaalde soorten slakken, wormen, muggenlarven en waterpissebedden), naar meer soorten van stromend water (bepaalde soorten kokerjuffers, vlokreeften en muggen van stromende wateren);

- er voor de voorjaarsmonsters op locatie 06-216 ook een min of meer gerichte verschuiving naar links en naar boven lijkt plaats te vinden, uitzondering is het voorjaar van 2012. Afgezien daarvan lijken ook hier de soorten wat betere stromingscondities te indiceren;
- op locatie 06-204 is een duidelijk verschuiving te zien van de voorjaarsmonsters naar links in het diagram, ze gaan steeds meer op de najaarsmonsters lijken. Overigens lijken de soorten hier niet per sé een verbetering van de stromingscondities te indiceren. Er zijn links in de figuur (en dus met name in de najaarsmonsters) meer slakken en wormen aanwezig.

Samenvattend, er lijken op de locaties 06-217, -216 en -204 (het meest benedenstroomse deel van het onderzochte traject van de Mosbeek) gerichte, maar geringe verschuivingen in de soortensamenstelling van de macrofauna op te treden. Deze verschillen zijn echter niet zeer groot en vooral zichtbaar in de voorjaarsmonsters. Deels lijken ze betere stromingscondities te indiceren.

Afbeelding 6.9 tot en met 13 DCA per meetlocatie as 1 en 2 voor de locaties in de Mosbeek, in stroomafwaartse richting. Links monsterscores, rechts soorten





Overige locaties

Op de overige locaties (06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen, 06-200, nabij Vasserweg, 06-222, Mosbron Midden, Hezingen en 06-224, Hazelhof Bron) zijn de veranderingen onderstaand weergegeven. Ook hier lijken de duidelijkste veranderingen op te treden in het voorjaar (NB! 06-222 en -224 zijn alleen in het voorjaar bemonsterd):

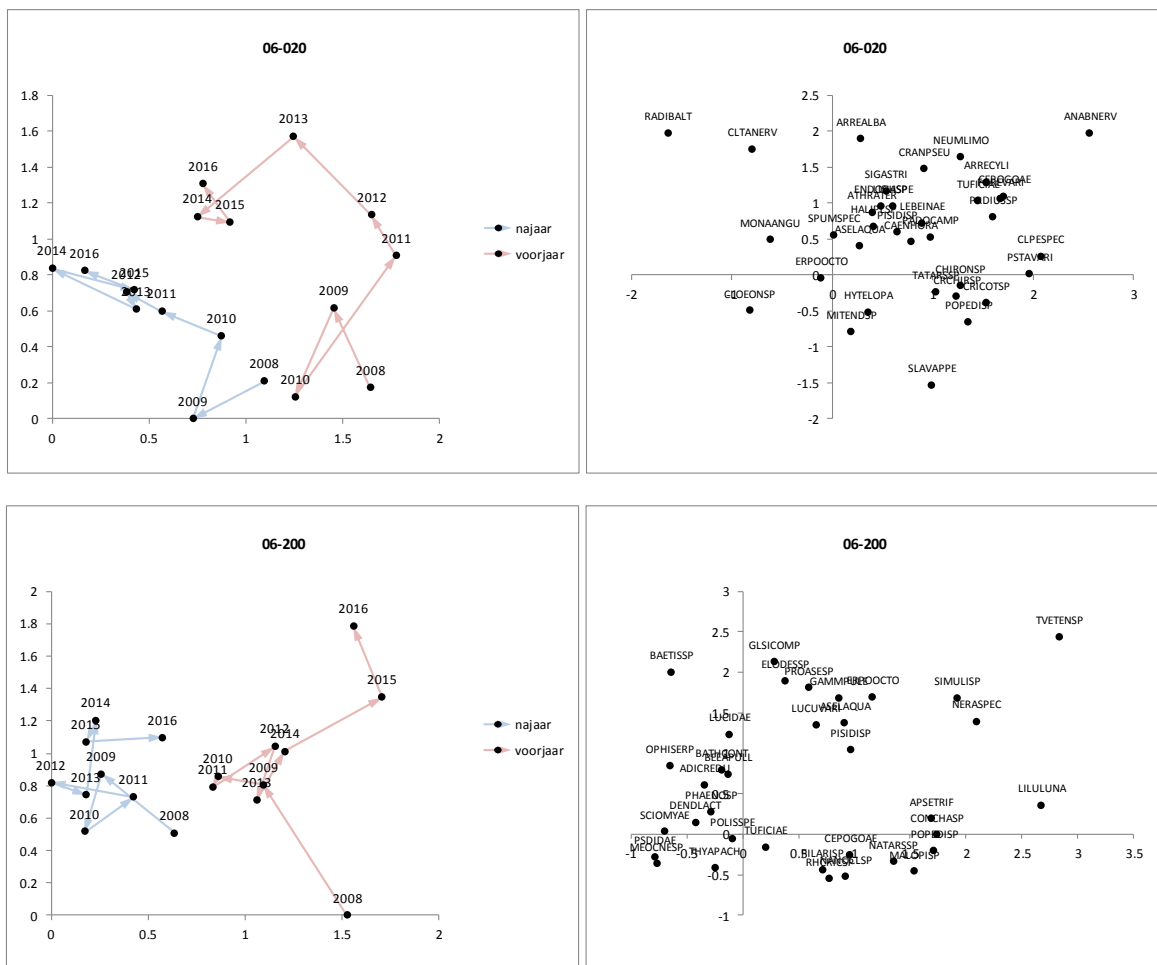
- op locatie 06-020 is er voor zowel voor- als najaar een verschuiving zichtbaar naar links, het voorjaarsmonster vertoont bovendien een duidelijke verschuiving omhoog. Dit punt ligt overigens het

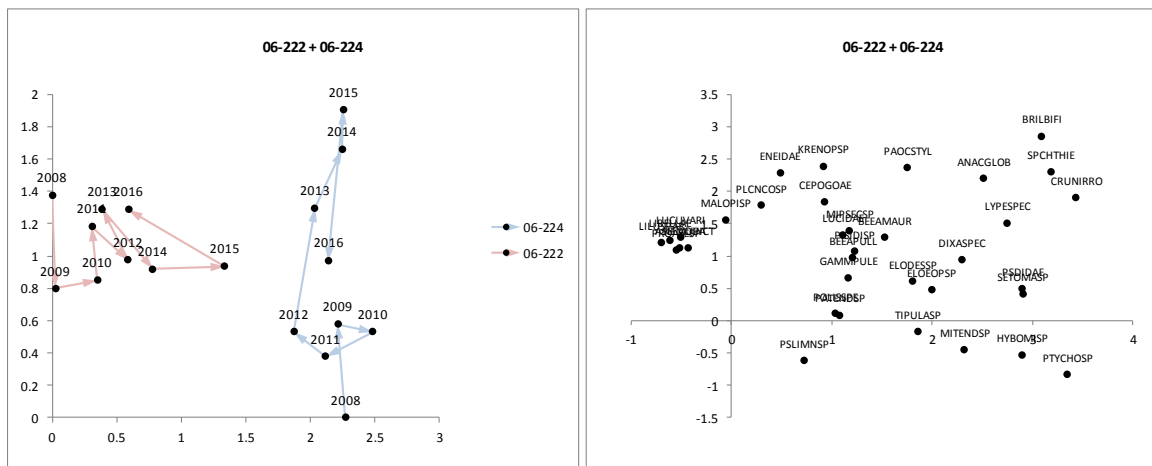
verst van de brongebieden af en ligt in akkerbouwgebied, de soorten geven weinig houvast voor de duiding van de verschuiving;

- op locatie 06-200 is er in het voorjaar een duidelijke verschuiving omhoog zichtbaar. Soorten als pissebedden en wormen lijken te wijzen op meer slib en detritus, andere soorten juist op meer stroming. Het beeld is ook hier niet duidelijk;
- beide locaties met alleen voorjaarsmonsters (06-222 en -224) zijn gezamenlijk geanalyseerd, locatie 06-224 wijkt daarbij dermate af van 06-222 dat de variatie in de laatste nauwelijks tot uitdrukking komt. Op locatie 06-224 lijkt wel een duidelijke gerichte verandering op te treden, bovenin de diagram zijn wat typische bronsoorten zichtbaar (een muggenlarve van het geslacht *Krenopelopia* en de kokerjuffer *Crunoecia irrorata*). Hier lijkt een verbetering op te treden.

Samenvattend lijken op de overige locaties wel gerichte veranderingen op te treden, vooral in het voorjaar. De veranderingen zijn echter op basis van alleen de soorten nog lastig te duiden.

Afbeelding 6.14 tot en met 16 DCA per meetlocatie as 1 en 2 voor de overige locaties. Links monsterscores, rechts soorten





6.3.4 Resultaten en conclusies stap 1

Ten aanzien van de variatie in de soortensamenstelling kan worden geconcludeerd dat:

- verschillen tussen monsterlocaties zijn in het algemeen groter dan verschillen per locatie tussen jaren; er zijn geen zeer grote veranderingen;
- echter, variatie in dataset vrij groot, veranderingen kunnen worden overschaduwd;
- analyse van individuele meetpunten laat soms wel soms niet eenduidige ontwikkelingen zien;
- op meetlocaties 06-204, 06-216, 06-217 en 06-224 lijkt mogelijk wel iets te gebeuren;
- vervolgstap: focus op relatie met specifieke parameters (soortindicaties) en maak een koppeling met waargenomen directe effecten.

6.4 Stap 2. Milieu-indicaties

In de tweede stap is gewerkt met milieu-indicatiewaarden van macrofaunasoorten voor stroming (stroomsnelheid), droogval (periode), substraat (onder andere zand, grind, slib, planten et cetera) en saprobie (zegt iets over organische belasting, afbraakprocessen en zuurstof). Voor een toelichting op de gebruikte milieu-indicatiewaarden wordt verwezen naar bijlage IX.

De milieu-indicatiewaarden werken met een klassenindeling per parameter. Tabel 6.3. geeft de klassenindeling weer voor alle in dit geval gebruikte parameters: droogval, stroming, saprobie en substraat. De klasse met substraat is iets aangepast ten opzichte van de oorspronkelijke indeling. In de nieuwe indeling lopen de klassen van organisch naar mineraal substraat en daarbinnen van fijn naar grof.

Tabel 6.3 Klassenindeling van de gebruikte parameters voor de milieu indicatie van de macrofauna

Parameter	Klasse	Waarde	Parameter	Klasse	Waarde
saprobie	1	Oligosaproob	droogval	1	niet droogvallend
	2	A-mesosaproob		2	korter dan 6 wk
	3	B-mesosaproob		3	6 wk - 3mnd
	4	Polysaproob		4	3-5 mnd
substraat	0	overig	stroming	5	langer dan 5 mnd
	1	slib		1	stilstaand

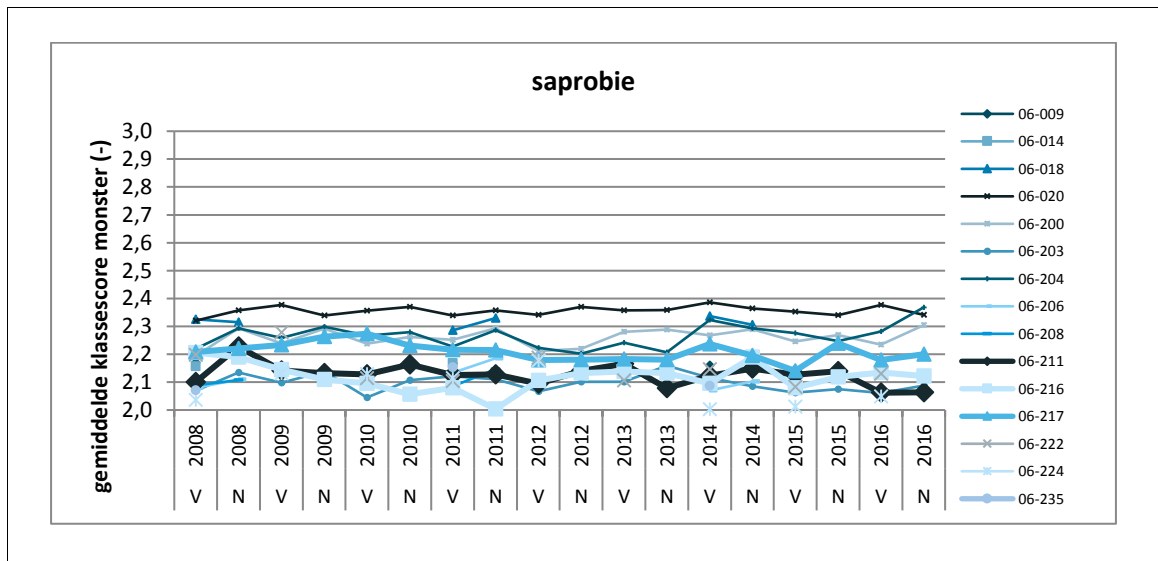
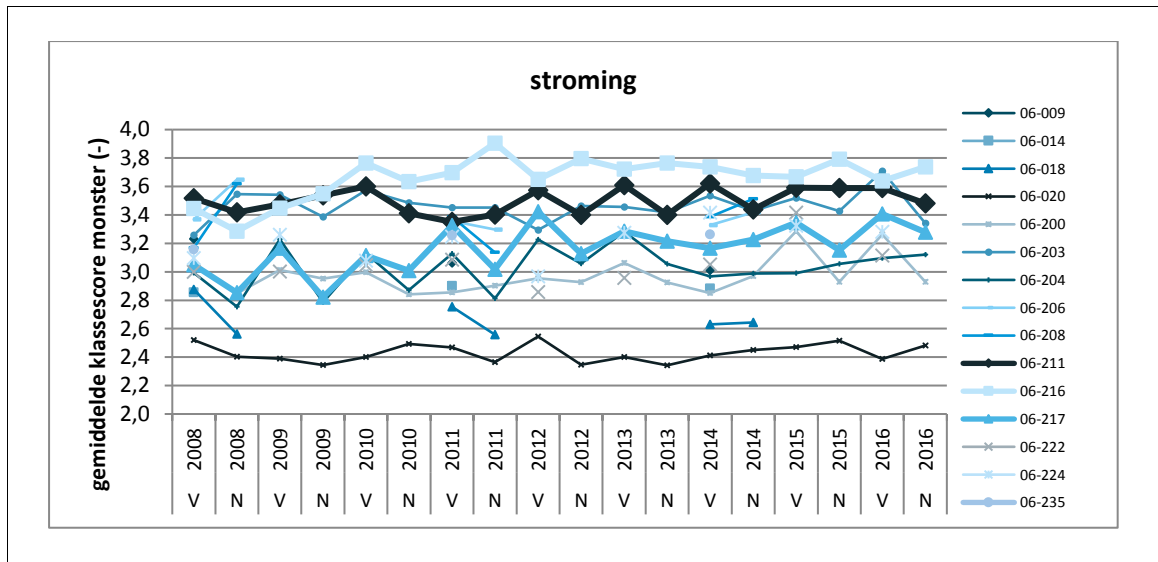
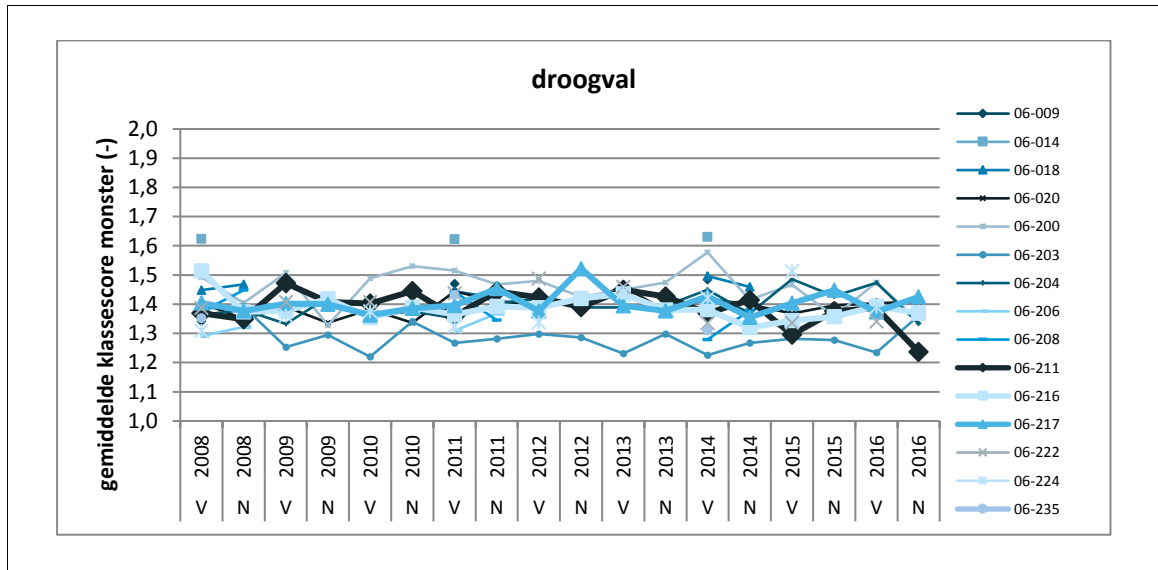
Parameter	Klasse	Waarde	Parameter	Klasse	Waarde
	2	fijne detritus		2	zeer langzaam stromend
	3	grove detritus		3	langzaam stromend
	4	hout		4	matig stromend
	5	waterplanten		5	snel stromend
	6	klei & leem			
	7	zand (fijn & grof)			
	8	grind (fijn, matig & grof)			
	9	stenen			

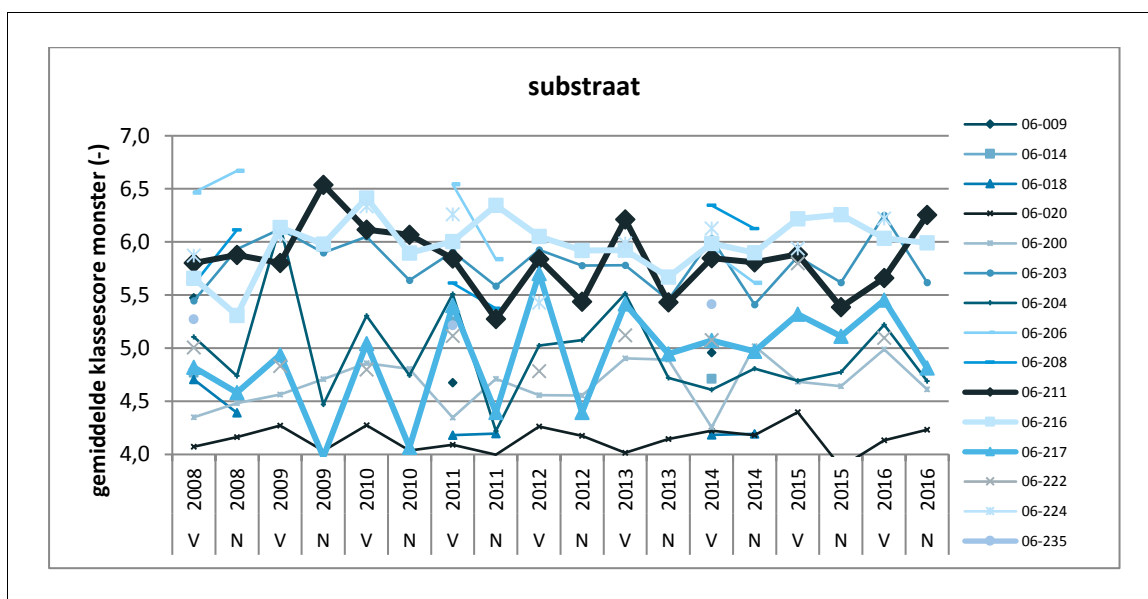
Afbeelding 6.17-6.20 geeft het verloop weer van de indicatiewaarden voor de macrofauna-monsters van Mander. Hiervoor heeft eerst nog een omzetting plaatsgevonden. Per parameter is 1 indicatiewaarde per monster bepaald, dit is het naar abundantie (aantallen in prestonklassen) gewogen gemiddelde van alle klassescores. De afbeeldingen laten het volgende zien:

- de indicatiewaarden voor droogval liggen dicht bij 1 (niet droogvallend), ongeveer tussen 1.2 en 1.6, dit betekent dat de soorten niet of nauwelijks droogval indiceren. Ook is er geen trend of verandering zichtbaar;
- de variatie in de indicatiewaarden voor stroming is groter, niet alleen tussen locaties maar ook binnen 1 locatie. Zo vertonen de locaties 06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg) en 06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander een licht stijgende trend. Voor locatie 06-2017 wordt het beeld bovendien wat 'rustiger';
- voor saprobie is de spreiding tussen locaties zeer gering, de locaties scoren allemaal tussen 2 en 2,4 (Amesosaproob). Dit wil zeggen dat de invloed van organische belasting en afbraakprocessen op de soorten gering is en de zuurstofhuishouding goed;
- voor substraat is iets vergelijkbaars aan de hand als bij, ook hier verandert de situatie op locatie 06-216 en 06-217 het duidelijkst, ook hier lijkt het beeld op locatie 06-217 bovendien wat 'rustiger' te worden. De soorten indiceren een lichte toename van mineraal substraat als zand en grind.

Samenvattend blijkt ook hier dat de grootste veranderingen optreden op locaties 06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg) en 06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander. Deze locaties zijn 'nieuwe' meetpunten die liggen in de slenk van Reutum. De indicatiewaarden wijzen op een lichte toename van stroming en een toename van mineraal substraat. Beide wijzen dus op een lichte verbetering van de stromingscondities op deze locaties. Deze lichte verbetering kan echter tijdelijk van aard zijn en allerlei andere redenen hebben. Zo is de Mosbeek bijvoorbeeld in het zeer droge jaar 2006 droog gevallen van de Vleerhoeksweg tot de Geestersche Molenbeek. Direct benedenstrooms van de Vleerhoeksweg is de beek vanwege herinrichting/verlegging uit het smalle beekdal meer gaan infiltreren en verdween het water in het dekzand. Ter hoogte van het meetpunt (06-216) was nog wel een heel klein debiet, maar zeer ijzerrijk, zuurstofarm en met drooggevallen en modderige oevers. In 2006 heeft de macrofauna derhalve een enorme dreun gekregen. Het is goed mogelijk dat eerst najaar 2008 deze dreun verwerkt is en er weer een volledige levensgemeenschap aanwezig was. Het voorjaarsmonster 2008 Vleerhoeksweg (06-216) kende inderdaad minder soorten. Op locatie 06-217 zou dit echter naar verwachting geen effect moeten hebben. De beekbodem van de Mosbeek is rond 2012 beleemd, wat geleid kan hebben tot minder infiltratie en betere stromingscondities. Voor zover bekend is de beleming echter uitgevoerd op het traject benedenstrooms van meetpunt 06-216 (dus is benedenstrooms van beide locaties). Derhalve wordt niet verwacht dat dit bovenstrooms nog merkbaar is.

Afbeelding 6.17 tot en met 6.20 Gewogen gemiddelde klasscores per monster voor de factoren droogval, stroming, saprobie en substraat

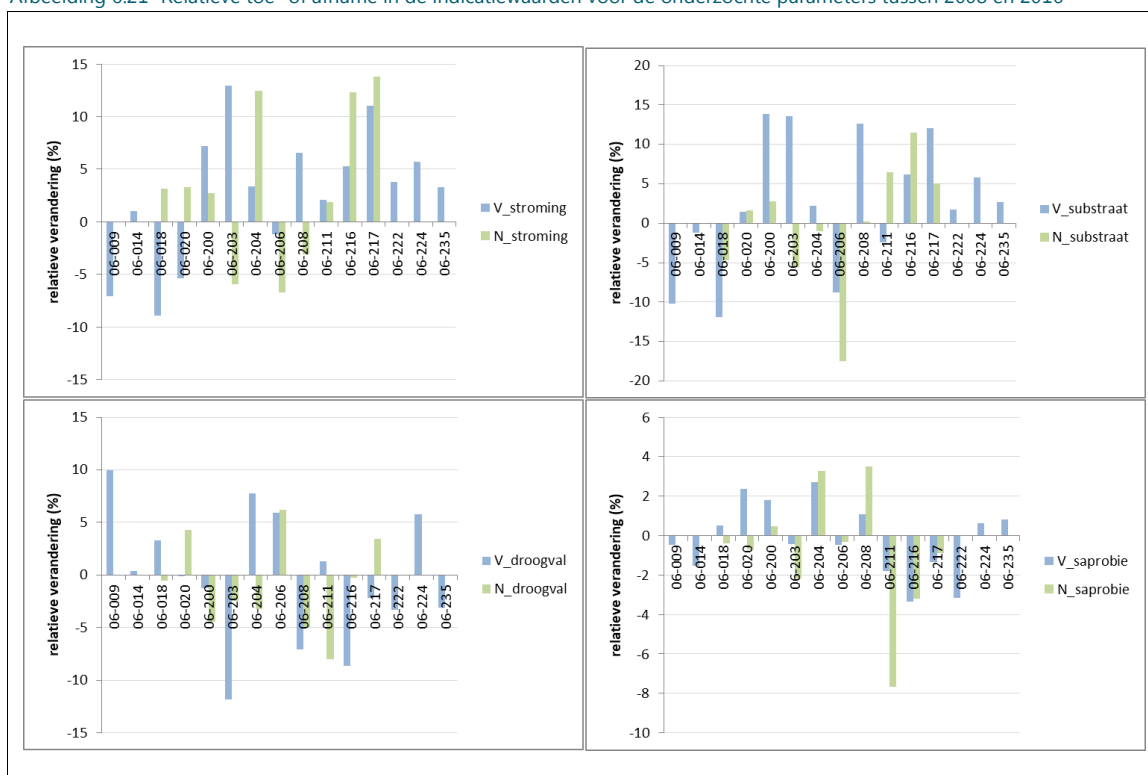




In afbeelding 6.21 is nog eens per locatie, per parameter en per seizoen de relatieve verandering tussen de waarneming in 2008 en die in 2016 weergegeven. Deze is berekend door de volgende formule:

$$\frac{([\text{indicatiewaarde 2016}] - [\text{indicatiewaarde 2008}])}{[\text{indicatiewaarde 2008}]}$$

Afbeelding 6.21 Relatieve toe- of afname in de indicatiewaarden voor de onderzochte parameters tussen 2008 en 2016



Dit geeft een iets genuanceerder beeld, maar de constatering dat er vooral op locatie 06-216 en 06-217 (in zowel voor- als najaar) iets lijkt te zijn veranderd blijft staan. Op de overige locaties zijn de geïndiceerde veranderingen in veel gevallen in het najaar veel geringer of tegengesteld aan die in het voorjaar. Gezien de

jaarlijkse variatie in neerslag(overschot), mag van jaar op jaar ook altijd wel enige variatie worden verwacht. Dergelijke variaties kunnen zich indirect vertalen in de macrofauna.

6.4.1 Resultaten en conclusies stap 2

Naar aanleiding van de analyse van milieu-indicaties kan worden geconcludeerd dat:

- ook de vervolganalyse laat zien dat er geen grote veranderingen zijn opgetreden;
- de grootste waargenomen verandering is op locaties 06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg) en 06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander, waar de soorten enige verbetering indiceren: meer stroming en een groter aandeel mineraal substraat (zand en grind).

6.5 Discussie en conclusie macrofauna

Hoofdconclusie ten aanzien van de macrofauna: de veranderingen gering en zijn niet onderbouwd toe te schrijven aan een wijziging in het grondwatersysteem.

De macrofauna indiceert geen tot weinig veranderingen, enige uitzondering zijn de nieuwe meetlocaties 06-216 (Mosbeek-Vleerhoeksweg) en 06-217 (Mosbeek, Bergweg Mander). De macrofauna indiceert zowel in het voorjaar als het najaar dat de beek hier iets sneller is gaan stromen (circa 10-15 % toename van de indicatorscore, zie afbeelding 6.22) en de substraatklasse stijgt (richting kiezel, zand). Samenvattend lijken de stromingscondities iets te zijn verbeterd op dit traject. De veranderingen zijn echter gering en mogelijk slechts tijdelijk, de meetreeks is tekort om hier vergaande conclusies aan te verbinden. Uit de voorgaande hoofdstukken blijkt dat de grondwaterstanden rondom de Mosbeek in het oosten van de slenk door de wijziging van de onttrekking stijgen. Echter het verschil tussen het beekpeil en de grondwaterstanden bedraagt circa 2-2,5 m, wat betekent dat er in dit traject infiltratie vanuit de beek richting het grondwater kan plaatsvinden (zie ook van Dongen, 2008). Dat de veranderingen in macrofauna samenhangen met wijzigingen in de onttrekkingen is niet aannemelijk. Eerder met een hogere weerstand van de beekbodem (minder infiltratie als gevolg van beleming). Op de overige locaties zijn de veranderingen zeer gering en/of ontwikkelen ze zich niet in 1 duidelijke richting.

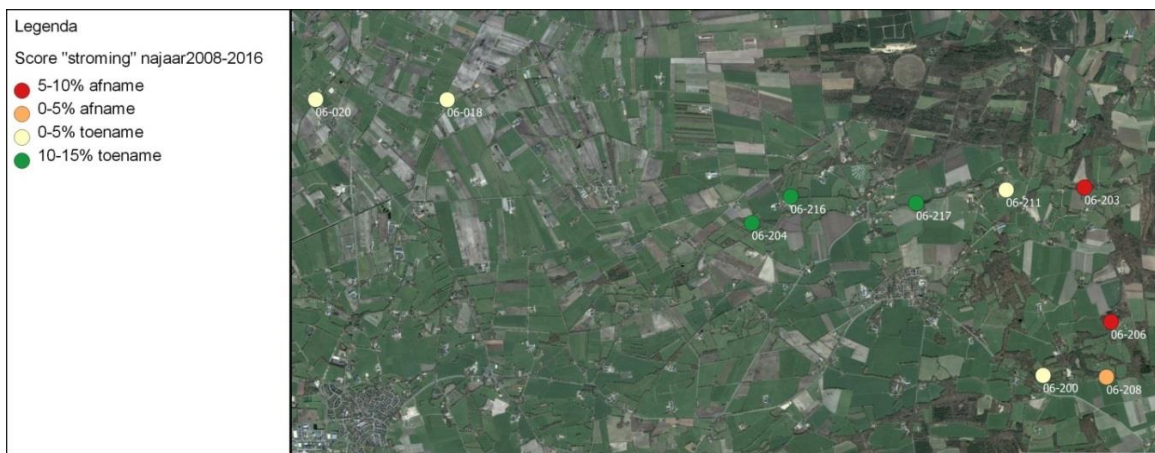
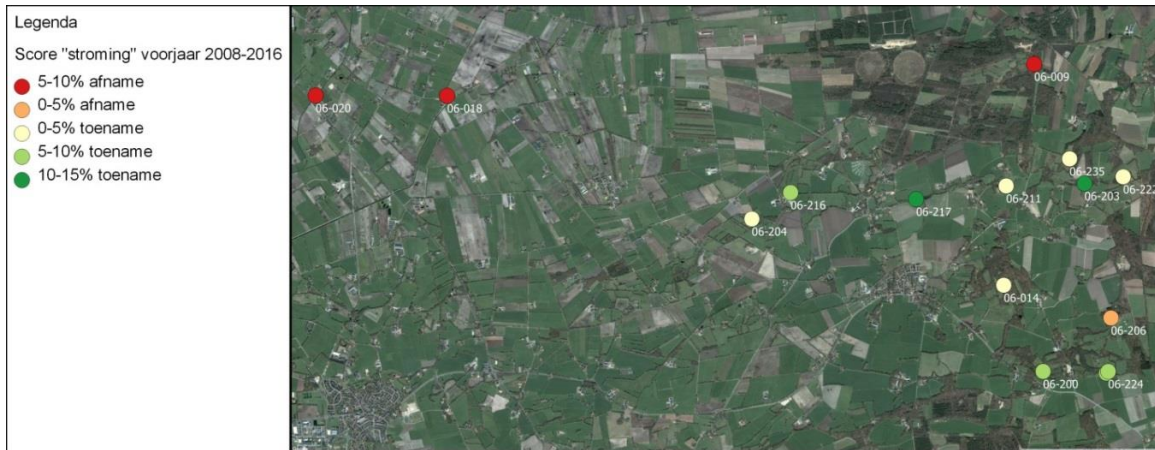
Droogval lijkt op de onderzochte locaties geen probleem. Voor wat betreft de Mosbeek is de ervaring van Landschap Overijssel ook dat deze eigenlijk altijd stroomt. Uitzondering is het deel nabij de Vleerhoeksweg, de beekbodem verliest daar water en valt periodiek voor een deel droog. Er zijn daar in 2011 maatregelen genomen om het water van de Mosbeek vast te houden. Dat kan echter de ontwikkeling bij meetpunt 06-216 niet verklaren, omdat de veranderingen zich al vanaf 2008 inzetten, locatie 06-217 ligt hier een behoorlijk stuk bovenstrooms van.

De analyse van de macrofauna richt zich op een periode waarin het potentieel neerslagoverschot relatief laag was en die tevens de droge zomer van 2009 en het droge voorjaar van 2011 omvatte. Desondanks laat de macrofauna een zeer consistent beeld zien, dit is op zichzelf een belangrijke constatering.

Bij substantiële veranderingen in het systeem (droogval, sterke toe- of afname stroming, lozingen et cetera) zijn er snelle veranderingen in de macrofauna te verwachten. Het effect van de reallocatie is echter geleidelijk, de doorwerking op de macrofauna is daarom vertraagd. De effecten op macrofauna zullen vooral verlopen via de oppervlaktewaterhydrologie (debieten, stroomsnelheden en droogval). Er zijn op dit moment echter geen aanwijzingen voor een verslechtering. De waargenomen veranderingen zijn eerder positief, maar gering en de periode te kort om eenduidige conclusies te kunnen trekken.

Ten slotte wordt opgemerkt dat er gedurende de monitoringsperiode in het gebied (naast de verplaatsing van de onttrekking) verschillende andere ingrepen / beekherstelprojecten zijn uitgevoerd. Deze zijn niet specifiek in kaart gebracht en gerelateerd aan de macrofauna, maar dergelijke ingrepen kunnen vooral lokaal een merkbaar effect hebben op de macrofauna. Hoewel dit dus niet kan worden aangetoond, past de verbetering in de macrofauna bij de inspanningen die worden gedaan om de milieucondities te verbeteren.

Afbeelding 6.22 Ruimtelijke weergave AqMaD scores voor 'stroming' macrofauna



7

VERANDERING OPPERVLAKTEWATERKWALITEIT

7.1 Inleiding

De analyse van de oppervlaktewaterkwaliteit is gericht op het in beeld brengen van de ontwikkeling in de tijd. Daartoe is een selectie gemaakt van fysisch-chemische parameters, dit zijn onder andere waterkwaliteitsparameters zoals zuurstof, pH, macro-ionen, geleidendheid, nutriënten en fysisch chemische parameters zoals stroomsnelheid, waterdiepte, percentage droogval. De analyse is gedaan door de beschikbare meetgegevens grafisch te analyseren en te kijken in hoeverre er in de loop van de tijd opvallende trends of veranderingen zijn opgetreden. De metingen zijn in grafieken gepresenteerd en beknopt toegelicht.

7.2 Werkwijze

In tabel 7.1 is weergegeven welke waterkwaliteitsgegevens beschikbaar zijn. Het betreft 11 locaties, die in de periode 1991-2017, met wisselende frequentie in het zomer- en winterhalfjaar zijn bemonsterd. De locaties vormen onderdeel van het (reguliere) meetnet van waterschap Vechtstromen. De ligging van de locaties is aangegeven in afbeelding 6.1.

Te zien is dat op veel locaties en van veel parameters maar weinig waarnemingen beschikbaar zijn. Ook dat parameters in verschillende eenheden zijn bepaald. Locaties en parameters met voldoende data voor verdere analyse zijn:

- locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen en 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander (allen in de Mosbeek), daarnaast 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter;
- parameters: stikstofcomponenten (ammonium, ammoniak, nitraat, kjeldahl-N en totaal-N), fosfaat en totaal-fosfor, droogvallingsgraad, chloride (hoewel maar weinig bemeten, relevant met betrekking tot de herkomst van het water) en zuurgraad (wordt 2 keer genoemd, met hoedanigheid [NVT] en [INSU], verondersteld is dat beide veldmetingen [INSU] betreft);
- voor de stroomsnelheid is gebruik gemaakt van de veldmetingen bij de macrofauna (meer gegevens en in metingen bij de waterkwaliteitsdata zitten enkele fouten).

Van bovengenoemde parameters en meetpunten zijn de zomergemiddelde meetwaarden in de tijd (per jaar) in grafieken uitgezet. Daarbij is gekozen om de data van de gehele periode te nemen (1991-2017), omdat ook de ontwikkeling voorafgaand aan 2008 van belang (kunnen) zijn om de resultaten te duiden.

Tabel 7.1 Beschikbare data waterkwaliteit. In de tabel is per locatie en parameter het aantal meetjaren sinds 2008 weergegeven, waarvan metingen beschikbaar zijn in het zomerhalfjaar. Locaties met meerdere meetjaren, vetgedrukt: 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen en 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander (allen in de Mosbeek), daarnaast 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter

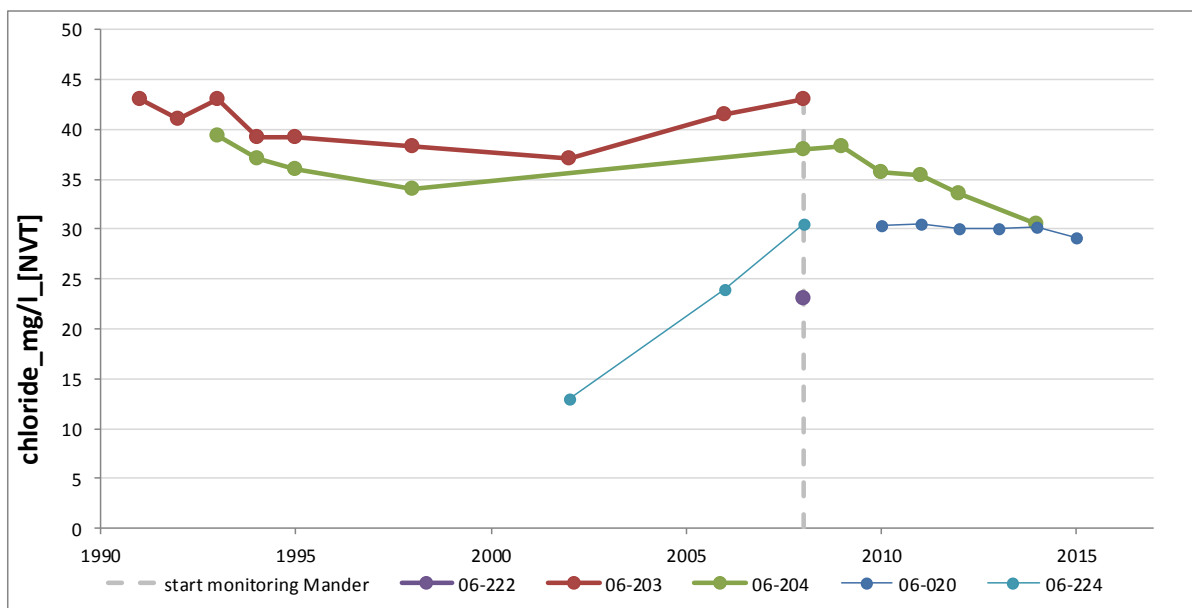
parameter	06-009	06-014	06-018	06-020	06-203	06-204	06-206	06-208	06-222	06-224	06-235	Totaal
Alkaliteit_meq/l_[NVT]	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	10
Alkaliteit_mg/l_[NVT]						1						1
ammoniak_mg/l_[N]	1	1	1	8	10	10	1	1	10	10	1	54
ammonium_mg/l_[N]	1	1	1	8	10	10	1	1	10	10	1	54
ammonium_mg/l_[NVT]				1	1	1			1	1		5
calcium_mg/l_[nf]	1	1	1		1	5	1	1	1	1	1	14
calcium_mg/l_[NVT]					3							3
chloride_mg/l_[NVT]	1	1	1	6	1	6	1	1	1	1	1	21
Doorzicht_m_[INSU]				4	4	4			4	4		20
Doorzicht_m_[NVT]	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	1	34
Droogvallingsgraad_%_[NVT]	1	1	1		9	6	1	1	9	9	1	39
fosfaat_mg/l_[P]	1	1	1	7	10	10	1	1	10	10	1	53
fosfor totaal_mg/l_[P]	1	1	1	7	10	10	1	1	10	10	1	53
Geleidendheid_mS/m_[25oC]	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	1	34
Geleidendheid_mS/m_[INSU]				4	4	4			4	4		20
Hardheid_mmol/l_[NVT]	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	10
ijzer_mg/l_[nf]	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	10
ijzer_mg/l_[NVT]	1	1	1		4	1	1	1	1	1	1	13
lonenratio_%_[NVT]	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	10
kalium_mg/l_[nf]	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	10
kalium_mg/l_[NVT]					3							3
magnesium_mg/l_[nf]	1	1	1		1	5	1	1	1	1	1	14
magnesium_mg/l_[NVT]					3							3
natrium_mg/l_[nf]	1	1	1		1	5	1	1	1	1	1	14
natrium_mg/l_[NVT]					3							3
nikkel_ug/l_[nf]						5						5
nikkel_ug/l_[NVT]					3	6						9
nitraat_mg/l_[N]	1	1	1	7	10	10	1	1	10	10	1	53
nitriet_mg/l_[N]	1	1	1	7	10	10	1	1	10	10	1	53
som nitraat en nitriet_mg/l_[N]				3	4	4			4	4		19
stikstof Kjeldahl_mg/l_[N]	1	1	1	7	10	10	1	1	10	10	1	53
stikstof totaal_mg/l_[N]	1	1	1	6	10	10	1	1	10	10	1	52
Stroomsnelheid_m/s_[INSU]					1	1			1	1		4
Stroomsnelheid_m/s_[NVT]	1	1	1		10	6	1	1	10	9	1	41
sulfaat_mg/l_[NVT]					6	6			1	1		14
Temperatuur_oC_[INSU]				4	4	4			4	4		20
Temperatuur_oC_[NVT]	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	1	34
Waterdiepte_m_[NVT]	1	1	1		10	7	1	1	10	10	1	43
waterstofcarbonaat_mg/l_[NVT]	1	1	1		1	5	1	1	1	1	1	14
zink_ug/l_[nf]						5						5
zink_ug/l_[NVT]					5	6						11
Zuurgraad_DIMSLS_[INSU]				4	4	4			4	4		20
Zuurgraad_DIMSLS_[NVT]	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	1	34
zuurstof_%_[INSU]				4	4	4			4	4		20
zuurstof_%_[NVT]	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	1	34
zuurstof_mg/l_[INSU]				4	4	4			4	4		20
zuurstof_mg/l_[NVT]	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	1	34
Zwevende stof_mg/l_[NVT]	1	1	1	7	9	9	1	1	9	9	1	49
Eindtotaal	29	29	29	122	224	235	29	29	196	195	29	1146

7.3 Resultaten

Onderstaand worden de figuren van de waterkwaliteit (en veldgegevens voor de factor stroomsnelheid) gepresenteerd en kort besproken. Allereerst is gekeken naar de parameter chloride. Deze is relevant met het oog op de herkomst van het water. Wanneer wijzigingen in de onttrekkingen invloed hebben op grondwaterstanden en voeding van de beken, kan dat tot uitdrukking komen in wijzigingen in het chloridegehalte. Iedere bron heeft zijn eigen chloridegehalte (neerslag hooguit enkele milligrammen, grondwater enkele tientallen milligrammen, oppervlaktewater enkele tientallen tot honderden milligrammen). Wanneer de verhouding in de aanvoer verandert, verandert ook het chloridegehalte, dit fenomeen wordt om die reden vaak gebruikt voor de kalibratie van waterbalansen.

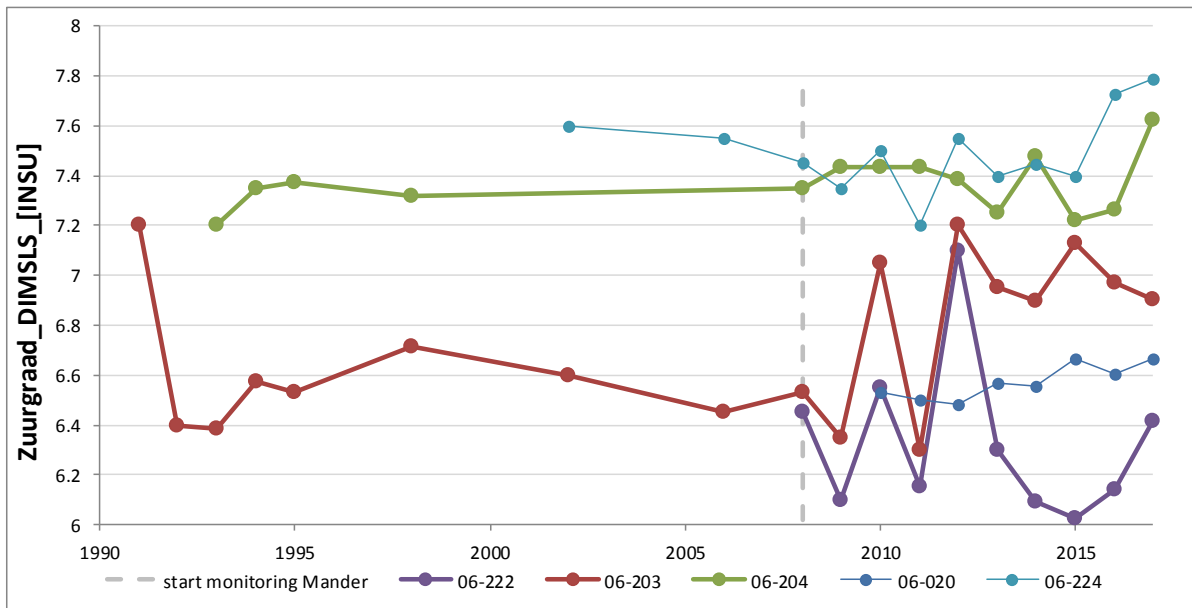
Helaas zijn er weinig gegevens van chloride beschikbaar. Afbeelding 7.1 geeft deze weer voor de geselecteerde locaties. Na 2008 zijn er maar 2 locaties waar meerdere jaren is gemeten, locatie 06-204, welke tot 2008 betrekkelijk constant lijkt, maar sinds 2008 een licht dalende trend lijkt te vertonen. Locatie 06-020 laat vanaf 2009 een zeer constant chloridegehalte zien. Vóór 2008 vertoont locatie 06-224 een stijgend chloridegehalte en is locatie 06-203 betrekkelijk constant. Het is zonder verdere kennis van het chloridegehalte van de verschillende bronnen echter niet goed te duiden. Ook zijn de meetreeksen verre van compleet.

Afbeelding 7.1 Verloop van het chloridegehalte op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezigen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezigen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter



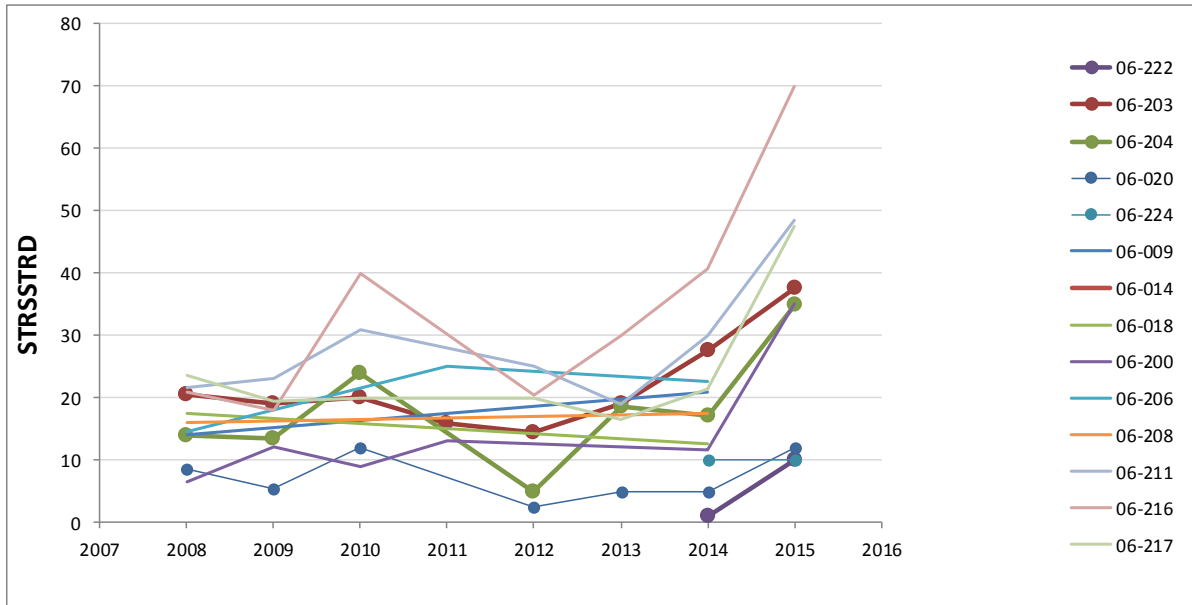
Voor de zuurgraad geldt iets vergelijkbaars, ook deze wordt sterk door de herkomst van het water bepaald (neerslag is licht zuur, grondwater vaak meer basisch), hoewel hierbij lokale processen (in water en landbodern) een veel grotere rol kunnen spelen. De beschikbare metingen laten geen eenduidige trends zien.

Afbeelding 7.2 Verloop van de zuurgraad (pH) op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter



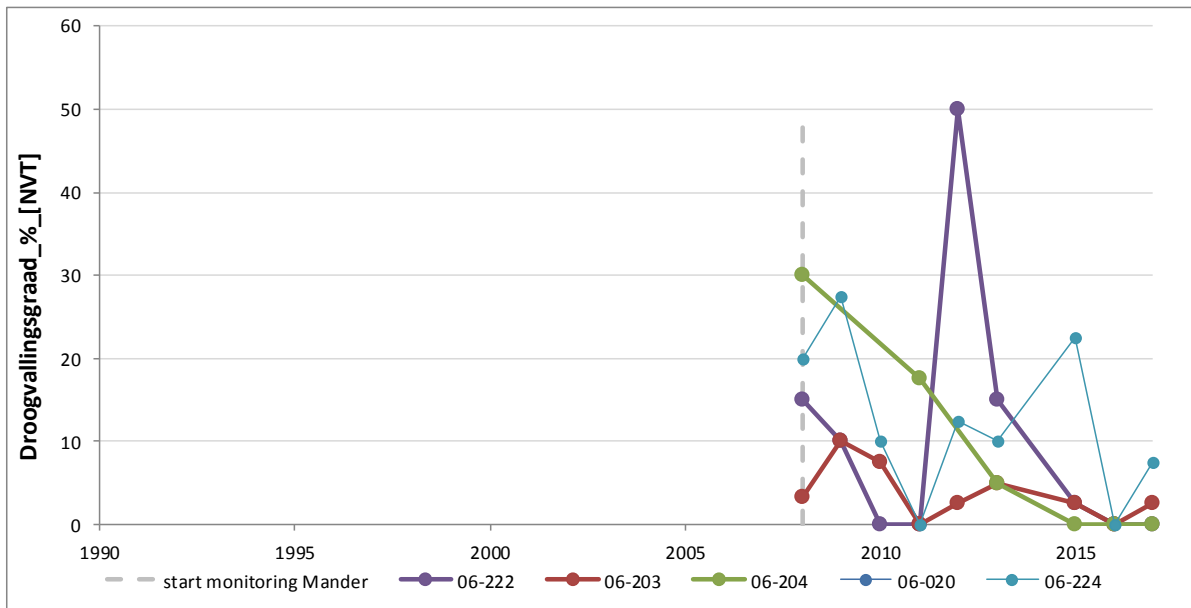
Op de monsterlocaties wordt ook de stroomsnelheid gemeten, bedacht moet worden dat dit uiteraard maar een momentopname is. Om iets te zeggen over de (veranderingen in de) hydrologie moet naar de debieten worden gekeken (zie hoofdstuk 4). De beschikbare veldmetingen (2008 tot en met 2015) zeggen wel iets over de verschillen tussen meetpunten en over de (klimatologische) condities voorafgaand en tijdens de bemonsteringen. De metingen laten zien dat op locatie 06-216 de hoogste stroomsnelheden zijn gemeten en dat de gemiddelde stroomsnelheid tijdens de bemonsteringen in 2015 het hoogst is van alle jaren. Overigens zijn vooral de waargenomen stroomsnelheden in het voorjaar van 2015 erg hoog. Dit kan ook van invloed zijn op de andere waterkwaliteitsparameters.

Afbeelding 7.3 Verloop van de stroomsnelheid in cm/s op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-009, Eendenbeek Galgenberg, Streuweg, Hezingen, 06-014, Braamberg Bron Oost, Vasse, 06-018, Broekbeek-Eendenbeek, Vasserdijk, Manderveen, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen, 06-200, Hazelbeek, nabij Vasserweg, Nutter, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-206, Braakhuizen Bronbeek, Oosterveldsweg, 06-208, Hazelhof Bronbeek, Slenkeweg, Nutter, 06-211, Mosbeek, bovenstrooms Molen van Frans, Hezingen, 06-216, Mosbeek, Mandermaten (Vleerhoeksweg), 06-217, Mosbeek, Bergweg, Mander, 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter 06-235, Oerbekke Oost Bron, Hezingen



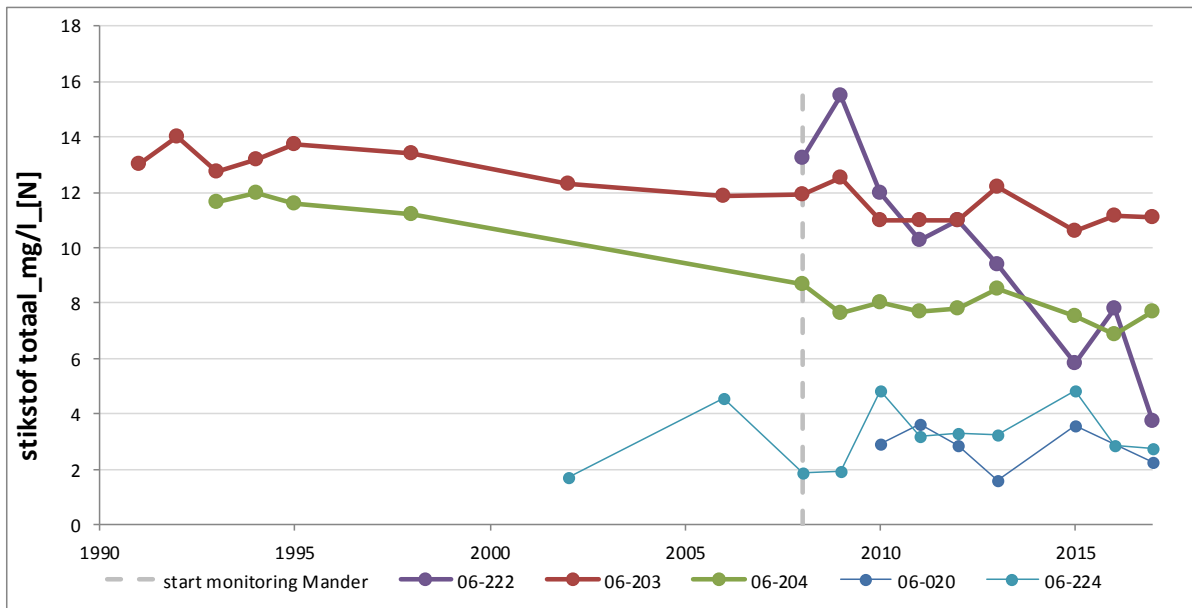
De droogvallingsgraad heeft uiteraard een relatie met de wateraanvoer, en is met name indicatief voor de basisafvoer tijdens droge perioden. Locatie 06-204 laat een opvallend duidelijk dalende trend zien, locatie 06-203 heeft altijd een vrij geringe droogvallingsgraad en de overige locaties fluctueren sterk van jaar tot jaar.

Afbeelding 7.4 Verloop van de droogvallingsgraad op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter

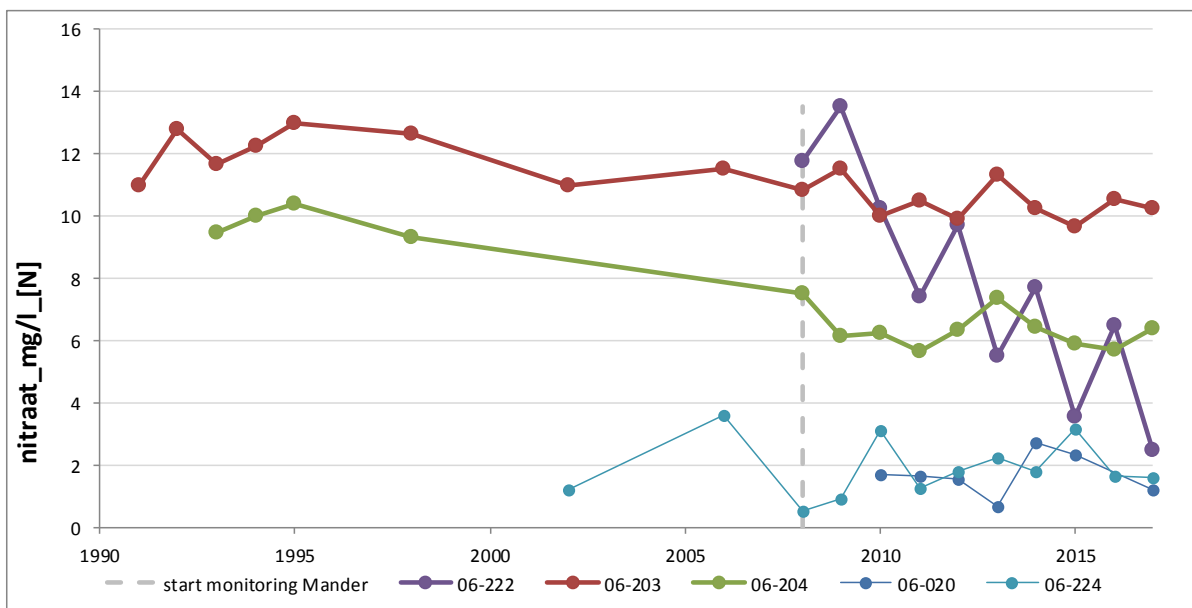


De gehalten aan nutriënten (P=fosfor en N=stikstof) kunnen ook veranderen onder invloed van een verandering in hydrologie. Echter ook hier spelen allerlei processen een rol, waardoor de interpretatie vaak lastig is. Voor de totaalgehalten aan P en N geldt bijvoorbeeld dat bij een toename van de stroomsnelheid, het water meer particulier materiaal (detritus, minerale delen) kan bevatten, waardoor de totaal-gehalten van P en N kunnen toenemen. Het is dus naast de totaalgehalten van belang om de kijken naar opgeloste nutriënten. Voor stikstof in zuurstofrijke milieus, zoals beken, is vooral het nitraatgehalte (NO_3) van belang, ammoniumgehalten (NH_4) zijn vaak laag. dat geldt ook voor de bemonsterde beken, daarom zijn hieronder alleen het totaal-N en het nitraatgehalte weergegeven. In het algemeen laten de meetpunten in de Mosbeek (06-222, 06-203 en 06-204) een dalende trend zien voor totaal-N, vanaf 1991. Opvallend is dat meetpunt 06-222, wat pas vanaf 2008 is bemonsterd, een zeer sterke daling laat zien. De afbeelding 7.5 met het nitraatgehalte laat zien dat dit voor het overgrote deel is toe te schrijven aan (een daling van) het nitraatgehalte. Ook hier geldt weer dat het zonder een goede kennis van de verandering van de lokale omstandigheden lastig is om dit te duiden. De sterke daling in nitraat kan samenhangen met een vermindering van de aanvoer (debiet) van nitraatrijk grondwater, een verhoging van het debiet aan schoon (nitraatarm) grondwater, maar kan ook worden veroorzaakt door omzettingsprocessen (denitrificatie) in de bodem. Hogere- en/of sterk wisselende grondwaterstanden kunnen hierop van invloed zijn.

Afbeelding 7.5 Verloop van het totaal-stikstofgehalte op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezigen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezigen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter

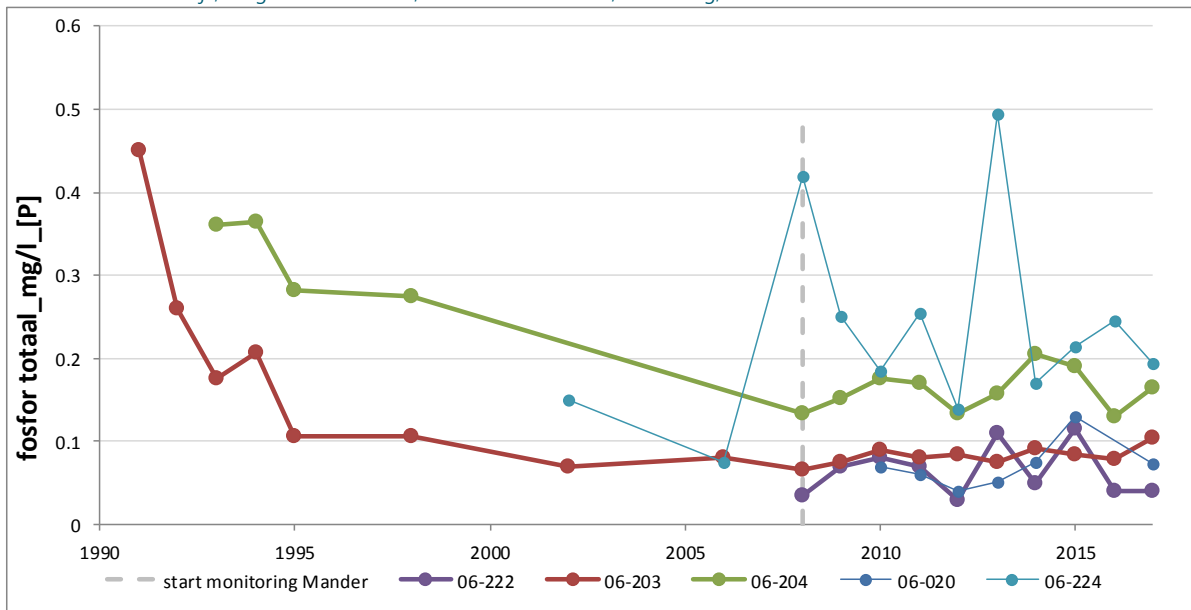


Afbeelding 7.6 Verloop van het nitraatgehalte op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezigen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezigen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter

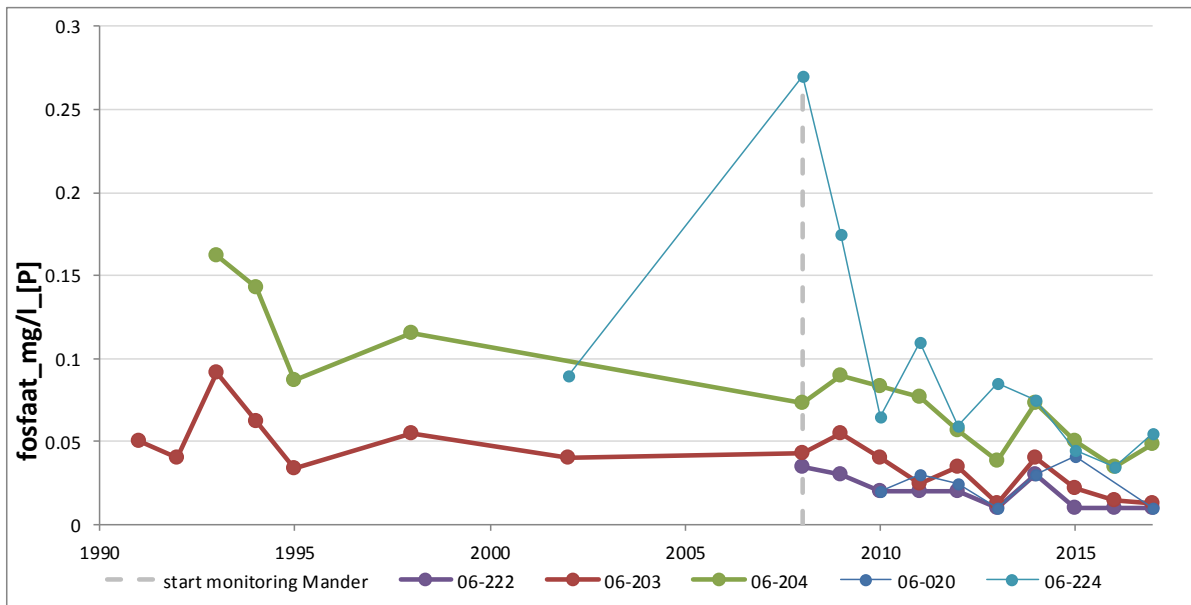


Ten slotte laten de figuren van totaal-fosfaat en opgelost fosfaat voor de meetpunten in de Mosbeek eveneens een dalende trend zien, sinds 1991. Sinds 2008 is het totaal-P gehalte relatief 'constant', het gehalte aan opgelost fosfaat lijkt echter een (licht) dalende trend te vertonen.

Afbeelding 7.7 Verloop van het totaal-fosforgehalte op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter



Afbeelding 7.8 Verloop van het opgelost fosforgehalte op de meetpunten vanaf 1991. Locaties: 06-222, Mosbron Midden, Hezingen, 06-203, Mosbeek, Maatmansweg, Hezingen, 06-204, Mosbeek, Wennerkamp, Mander, 06-020, Itterbeek bovenloop, Vasserdijk, Langeveen en 06-224, Hazelhof Bron Noord, Slenkeweg, Nutter



7.4 Conclusie

Naar aanleiding van bovenstaande resultaten kan worden geconcludeerd dat:

- de gegevens over de waterkwaliteit maar voor een beperkt aantal parameters en locaties gedurende meerdere jaren zijn gemeten. Dit maakt een volledige en samenhangende analyse onmogelijk;
- van de waterkwaliteitsparameters die relevant zijn voor het duiden van eventuele effecten van wijzigingen in de relatie met het grondwatersysteem, chloride de belangrijkste is. Deze is niet frequent genoeg gemeten, om conclusies uit te kunnen trekken;

- de overige parameters laten zien dat er in de onderzoeksperiode veranderingen zijn opgetreden en dat deze veranderingen ook logischerwijze kunnen samenhangen met veranderingen in de hydrologie. Zo vertoont meetpunt 06-204 (Mosbeek, Wennerkamp, Mander) een lichte daling in chloride en een afname van de droogvallingsgraad en laat meetpunt 06-222 (Mosbron Midden, Hezingen) een opvallend sterke daling van nitraat zien. Beide lijken te wijzen op een verandering in de hydrologie, zoals een andere verhouding in de wateraanvoerposten of lokale veranderingen in de grondwaterstand. Of dit samenhangt met wijzigingen in de het grondwatersysteem is aannemelijk, maar kan niet worden aangetoond.

8

LANDBOUW

8.1 Veranderingen hydrologische omstandigheden landbouw

Voor de bepaling van de verandering in de hydrologische omstandigheden voor de landbouw in het gebied rondom Manderveen is een onderzoek uitgevoerd naar de freatische grondwaterstandsverlaging (Alterra, 2014). In dit onderzoek zijn resultaten van een bodemkundige kartering en oude bodemkaarten. Deze gegevens zijn gebruikt in combinatie met modelberekeningen van de verlaging (van de GxG's). De modelberekende verlaging is gesuperponeerd op de huidige GxG's. Hiermee is vervolgens de onbeïnvloede hydrologische situatie (zonder winning Manderveen, maar met achtergrondverlaging) verkregen. Deze onbeïnvloede hydrologische situatie is vervolgens getoetst met behulp van oude bodem- en Gt kaarten en boorpuntinformatie. Bij afwijkingen is de berekende verlaging van de GxG's zodanig aangepast dat er een goede overeenkomst is verkregen met de onbeïnvloede hydrologische situatie, waarbij de oude bodemkaarten en Gt kaarten als uitgangspunt zijn gehanteerd.

Het blijkt niet mogelijk om de resultaten van het Alterra onderzoek te vergelijken met de uitkomsten van de tijdreeksanalyse. Immers, het Alterra onderzoek heeft de totale invloed van de winning Manderveen bepaald ten opzichte van een onbeïnvloede hydrologische situatie. Het onderhavig onderzoek richt zich op de invloed van de reallocatie van Manderheide naar Manderveen. Dit omvat dus slechts een deel van de totale winningshoeveelheid. Daarnaast kent deze reallocatie een sterk seizoenskarakter (wat een sterke negatieve correlatie oplevert tussen het effect van Manderheide en Manderveen), omdat de winning Manderheide voornamelijk in de lente en zomer grondwater heeft gewonnen. Kortom, een verantwoord vergelijk tussen de resultaten van dit onderzoek en van het Alterra onderzoek is om deze reden niet mogelijk.

9

GRONDWATERKWALITEIT

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt allereerst een beeld geschetst aan de hand van de huidige waterkwaliteit van de winning. Dit beeld is van belang om de veranderingen in de waterkwaliteit te kunnen duiden. Vervolgens wordt aan de hand van een vergelijking van metingen voor en na de reallocatie een beeld geschetst van de verandering in de waterkwaliteit en de invloed van de reallocatie.

9.2 Kwaliteit opgepompt water (pompputten)

De waterkwaliteit van het opgepompte grondwater van de winning Manderveen heeft aeroob kalkarm karakter. Het bufferend vermogen van de ondergrond is laag, waardoor het effect van de landbouwbelasting goed te merken is op het ruwwater. Het water heeft een erg lage pH (<6), deels als gevolg van belasting aan maaiveld (waardoor verzurende reacties als pyrietoxidatie optreden waarbij zware metalen worden gemobiliseerd), maar er komen ook zogenoemde kattezanden voor met name direct oostelijk van het waterwingebied. Deze gronden staan bekend om een zeer lage pH bij een lagere grondwaterstand. Ook zijn nitraat en zware metalen aandachtspunten.

De uitbreiding van de winning Manderveen kan invloed hebben op het aantreffen van deze stoffen. Het feit dat deze stoffen worden aangetroffen in individuele winputten hoeft niet te betekenen dat het geleverde water van de winning niet aan de eisen van het Drinkwaterbesluit kan voldoen. Immers, al het opgepompte ruwwater van de individuele winputten wordt gemengd en aanvullend gezuiverd. Hiermee wordt het zogenoemde reinwater verkregen dat vervolgens als drinkwater wordt gedistribueerd. Dit reinwater dient aan het Drinkwaterbesluit te voldoen.

Voor het bepalen van de probleemstoffen is gebruik gemaakt van de aangeleverde monitoringsgegevens door Vitens ten behoeve van de gebiedsdossiers (voor een verdere toelichting zie het gebiedsdossier 2017 voor Manderveen). In tabel 8.1. zijn de probleemstoffen aangegeven die op basis van deze gegevens in 1 of enkele winputten worden aangetroffen op basis van de gemiddeld gemeten waarde over de periode 2011 - 2015 voor macroverontreinigingen en 2005-2015 voor microverontreinigingen.

Tabel 9.1 Aangetroffen gemiddeld gehalte van stoffen in de winputten boven 75 % van de signaleringswaarde

Stof	Aard stof	Signaleringswaarde	Tussen 75 % en 100 % van de signaleringswaarde?	Boven signaleringswaarde?
Nitraat	meststof	50 mg/l	X	
Ijzer	metaal	200 µg/l		X
Aluminium	metaal	0,2 mg/l		X

Stof	Aard stof	Signalerings- waarde	Tussen 75 % en 100 % van de signaleringswaarde?	Boven signalerings- waarde?
Nikkel	metaal	20 µg/l		X
Butylbenzyl phthalate (BBzP)	weekmaker	0,1 µg/l		X
4-tert-octylphenol diethoxylate	afbraakproduct reinigingsmiddel	0,1 µg/l	X	
Trichloormethaan	oplosmiddel	0,1 µg/l		X

Voor de macroparameters en metalen is tevens bepaald of er sprake is van een trendmatige ontwikkeling. Het totaal ruwwater vertoont een dalende trend wat betreft nitraat, omdat er een paar nieuwe putten zijn toegevoegd waarin het nitraat afwezig/gering is. De nieuwe putten zijn gerealiseerd met het sluiten van Manderheide en de verplaatsing van de onttrekking naar Manderveen, waarbij uitbreiding van het aantal putten heeft plaatsgevonden. Voor ijzer en nikkel zijn al in meerdere putten concentraties gemeten van boven de signaleringswaarde.

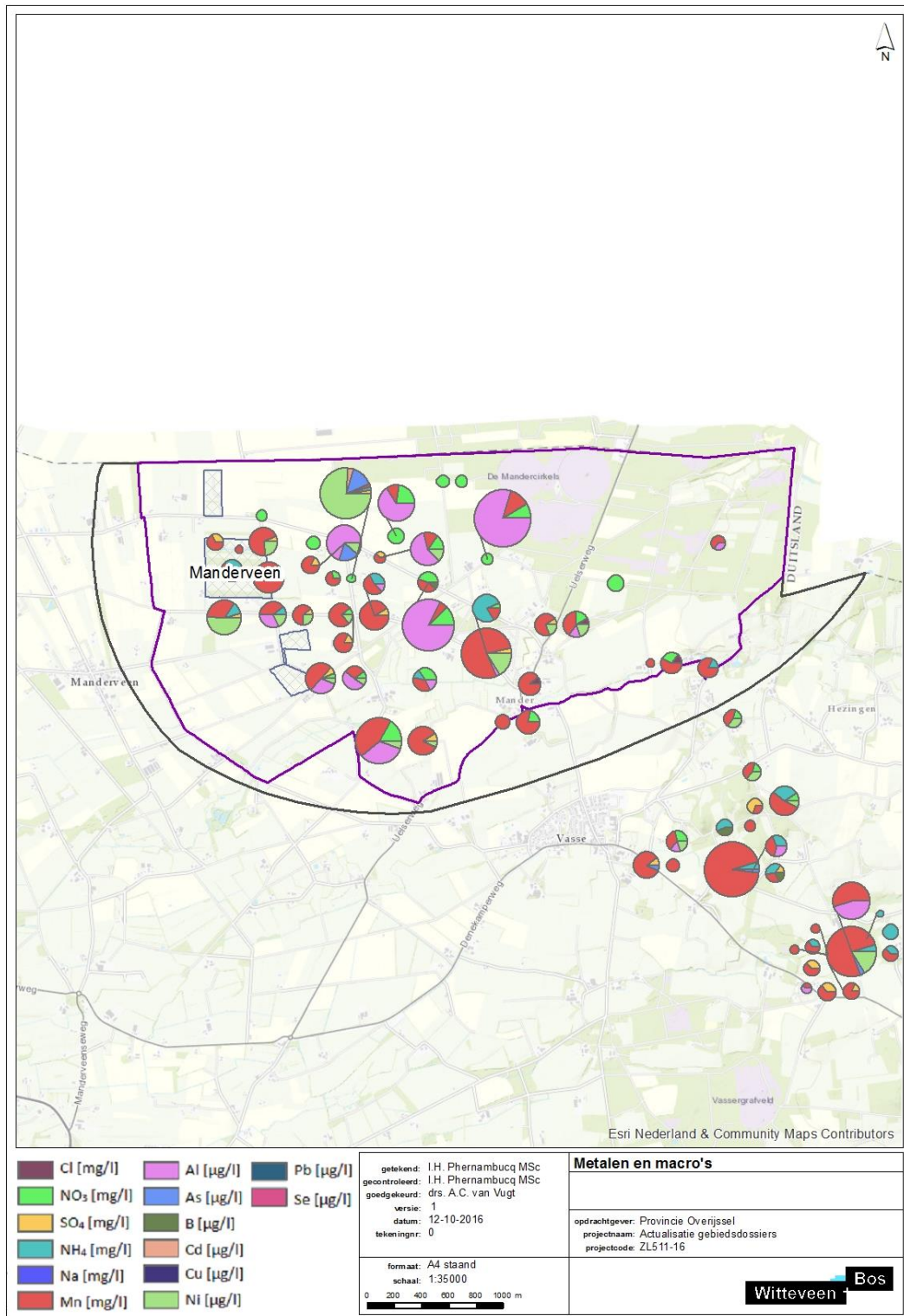
Het trichloormethaan (chloroform) is een restproduct wat kan achterblijven na regeneratie van de pompputten.

9.3 Kwaliteit aanstromend water (waarnemingsputten)

Vitens heeft rondom haar drinkwaterwinningen waarnemingsputten geplaatst. Deze waarnemingsputten hebben filters op verschillende diepten. Met deze waarnemingsputten kan een vroegtijdig beeld worden verkregen van de waterkwaliteit die onderweg is naar de winning. Het kan echter soms wel tientallen jaren duren voordat dit water in de winning is. Het aantreffen van deze stoffen betekent echter niet dat er geen goed drinkwater gemaakt kan worden. Onderweg naar de winning treedt er omzetting en afbraak van deze stoffen op. Daarnaast wordt het ruwwater van de winning bepaald door de bijdrage van meerdere winputten, er treedt menging op. Tot slot vindt er zuivering plaats, waardoor de meeste stoffen alsnog verwijderd worden en er drinkwater conform de normen uit het drinkwaterbesluit geleverd kan worden.

Macro-parameters zijn veel voorkomende stoffen, die deels een natuurlijke en deels een antropogene herkomst hebben. In afbeelding 8.1 staan de metalen en macro's weergegeven die boven 75 % van de normen uit het drinkwaterbesluit zijn gemeten in de waarnemingsputten rondom Manderveen. Dit beeld bevestigt het beeld van de probleemstoffen uit de winputten. In de waarnemingsputten zijn concentraties van mangaan (rood), aluminium (roze) en nikkel (lichtgroen) gemeten van boven 30x de signaleringswaarde. Ook zijn hoge concentraties arseen, nitraat, sulfaat, ammonium, cadmium en chloride in waarnemingsputten in het grondwaterbeschermingsgebied gemeten. Aluminium, nikkel en nitraat worden ook in verhoogde concentratie in de winputten gemeten.

Afbeelding 9.1 Metalen en macro's gemeten >75 % van de norm. De omvang van de cirkel geeft een indicatie van het totaal van overschrijding van de signaleringswaarden, de taartpunt het aandeel per stof daarin



9.4 Veranderingen in waterkwaliteit

Uit een vergelijking van de ruwwaterkwaliteit per pompput over de periode 2006-2010 (voor reallocatie) en de periode 2011-2015 (na reallocatie) kan een indruk worden verkregen van de veranderingen. De totale ruwwaterkwaliteit is echter niet te vergelijken, omdat het noordelijke winveld pas sinds 2009/2010 actief is en het zuidelijke winveld pas vanaf 2013. De ruwwaterkwaliteit van de nieuwe winputten is veelal beter dan de bestaande winputten voor wat betreft nitraat. In de nieuwe winputten wordt echter wel relatief veel ijzer, nikkel en aluminium aangetroffen.

Voor wat betreft de veranderingen in de ruwwaterkwaliteit van de bestaande pomputten blijkt dat met name in de oudere winputten het nitraat, nikkel en aluminium een stijgende trend laten zien. Bicarbonaat laat daarentegen een dalende trend zien. De sulfaatconcentraties nemen licht af. Dit duidt er op dat de winning in toenemende mate een aandeel relatief jong en antropogeen beïnvloed grondwater aantrekt, wat dus een duidelijke landbouw invloed laat zien.

De nieuwe winputten van de winning Manderveen hebben momenteel een betere waterkwaliteit dan de oude winputten, maar dat is naar verwachting een kwestie van tijd. De verwachting is dat de nieuwe winputten op langere termijn ook het antropogeen beïnvloed grondwater zullen aantrekken. Uit de risicokaart in het gebiedsdossier blijkt dat de winning Manderheide in een gebied lag waar het risico op diffuse belasting minder groot is. Het vergroten van de winning Manderveen heeft daarmee de winning als geheel gevoeliger gemaakt voor de invloed van belasting aan maaiveld.

9.5 Conclusie grondwaterkwaliteit

De winning Manderveen blijft na reallocatie gevoelig voor probleemstoffen nitraat, ijzer, nikkel en aluminium. De winning trekt in toenemende mate antropogeen beïnvloed grondwater aan, met name in de oude winputten. Individuele winputten laten voor deze stoffen een stijgende trend zien. Ook in de waarnemingsputten worden deze stoffen aangetroffen, waardoor deze stoffen naar verwachting nog lange tijd een aandachtspunt zullen blijven. Door de reallocatie wordt er meer grondwater gewonnen in een gebied dat gevoeliger is voor belasting aan maaiveld.

10

SAMENVATTENDE CONCLUSIES

In dit hoofdstuk worden conclusies getrokken naar aanleiding van de gestelde vragen op basis van de informatie die in de voorgaande hoofdstukken is uitgewerkt en geanalyseerd.

10.1 Werkwijze

Alle meetgegevens uit het meetnet Mander zijn door ons getoetst op kwaliteit en bruikbaarheid. Voor de tijdreeksanalyse voor de grondwaterstanden zijn alleen meetreeksen gebruikt die goed verklaarbaar en betrouwbaar zijn. Daar waar nodig zijn deze meetreeksen gecorrigeerd.

Om het invloedsgebied van de reallocatie vast te kunnen stellen, zijn de grondwaterstanden/stijghoogtemetingen geanalyseerd met behulp van statistische modellering. Daarbij wordt modelmatig verdisconteerd voor variaties in neerslag en verdamping (en als resultante daarvan de grondwateraanvulling). Op deze wijze wordt een zuivere schatting verkregen van eventuele niet-meteorologische veranderingen van de grondwaterstanden/stijghoogten die zijn opgetreden in de periode van de reallocatie en samenhangen met de winning.

Voor de analyse van de afvoeren van het oppervlaktewater is het verloop van de basisafvoer van alle relevante beken geanalyseerd. Deze basisafvoer wordt niet beïnvloed door kortdurende peilfluctuaties als gevolg van neerslag en verdamping en heeft naar verwachting een relatie met de grondwaterstanden.

De evaluatie van de macrofauna heeft zich gericht op het in beeld brengen van de veranderingen in de macrofaunagemeenschap in de loop van de tijd. Omdat de dataset een behoorlijke omvang heeft (enkele honderden monsters en soorten) is voor de analyse een multivariatietechniek gebruikt met behulp van het softwarepakket CANOCO.

Voor de analyse van de terrestische vegetatie is gebruik gemaakt van PQ-opnamen. Er is een analyse gemaakt van de trend in de biotische samenstelling uitgedrukt in biodiversiteit en vegetatietypen. Daarnaast is de verandering in het aandeel van ecologische soortgroepen in beeld gebracht welke indicatief is voor het waterstandregime, de basenrijkdom en de voedselrijkdom. Deze analyse geeft inzicht in de abiotische veranderingen op basis van de vegetatie. De uitkomsten zijn beoordeeld met behulp van metingen in nabijgelegen grondwaterstandsbuizen.

Veranderingen in waterkwaliteit zijn beschrijvend en met behulp van grafieken in beeld gebracht.

10.2 Hoofdvraag

Wat zijn de effecten van de wijziging van de winning Mander (verplaatsing van de wincapaciteit van Manderheide naar Manderveen) voor de nadere bij het grondwaterbeheer betrokken belangen en zijn deze in lijn met de resultaten van het MER op basis waarvan de vergunning is verleend?

Om het effect van de reallocatie te kunnen afleiden is er een uitgebreide tijdreeksanalyse uitgevoerd om het effect op een verantwoorde wijze af te kunnen leiden uit de metingen. Door het toepassen van een interventie

analyse worden in het geschatte effect van de reallocatie ook eventuele veranderingen meegenomen die gelijktijdig met de reallocatie hebben plaatsgevonden. Dit kunnen lokale maatregelen zijn (die zijn naar verwachting echter beperkt in omvang en duur), maar ook de gedeeltelijke verplaatsing van de WAZ putten. De huidige omvang van de onttrekking van de WAZ is echter lager dan destijds in het MER is verondersteld. De verwachting is dan ook dan de daadwerkelijke invloed van de WAZ op de resultaten van de tijdreeksanalyse kleiner is dan op basis van het MER is verondersteld (omdat het huidige debiet 2/3 van het vergunde debiet is).

Onderstaand worden de conclusies naar aanleiding van de deelvragen nader uitgewerkt.

10.3 Onttrekkingsregime

- Wat was het verloop van het onttrekkingsregime van Manderheide en Manderveen gedurende de monitoringsperiode en hoe verhoudt zich dit tot de periode ervoor?
- Hoe verhoudt het onttrekkingsregime zich tot de uitgangspunten in het MER? Is de eindsituatie voor wat betreft het onttrekkingsregime reeds bereikt? Ofwel, is de inzet van de winvelden gegaan zoals in het MER verondersteld?

De totale onttrekking door Manderheide en Manderveen bedraagt sinds 2000 vrijwel constant circa 3 Mm³/jaar. Na de sluiting van Manderheide is dit debiet overgenomen door Manderveen (voornamelijk winveld Noord en later ook Zuid). In het MER is voor de berekeningen eveneens uitgegaan van een totale onttrekking door Manderveen met 3 Mm³/jaar, dus dit komt goed overeen.

Het zwaartepunt van de WAZ blijkt in de tweede helft van 2011 circa 700 m naar het westen verplaatst, waarna tussen de 1,2 en 1,5 miljoen m³/jr van de winning van de oostelijke streng werd overgenomen de westelijke streng. In het MER is rekening gehouden met deze verschuiving. De totale onttrekking van WAZ blijkt echter momenteel niet 6 Mm³ / jr, maar 4,1 - 4,4 Mm³/jr, wat dus minder is dan in de berekeningen is verondersteld.

Door de grote ruimtelijke spreiding van de winputten van de WAZ en de onderlinge correlatie is het niet mogelijk om de invloed van de WAZ statistisch betrouwbaar af te leiden met de tijdreeksanalyse uit de monitoringsgegevens.

10.4 Grondwaterkwantiteit

- Wat is het invloedsgebied waarbinnen de wijziging van het onttrekkingsregime merkbaar is?
- Wat is het verloop in de tijd van de stijghoogtes, grondwaterstanden en potentiaalverschillen in het beïnvloedingsgebied?
- Wat is de relatieve bijdrage van de wijziging van de winning geweest indien wordt gecorrigeerd voor variaties in neerslag, verdamping en andere winningen?
- Hoe verhouden deze effecten zich tot de berekende effecten in het MER?

Op basis van de tijdreeksanalyse is afgeleid dat de reallocatie van Manderheide naar Manderveen heeft geleid tot een verhoging van de grondwaterstanden/ stijghoogten rondom de voormalige winning Manderheide tot circa 65 cm (in eerste en tweede watervoerend pakket). De verhogingen in beide pakketten zijn over het algemeen lager dan in het MER berekend.

De verhoging (> 5 cm) van grondwaterstanden rondom Manderheide wordt in zuidelijke richting in peilbuizen teruggevonden tot op circa 3-4 km. De sterke zuidelijke oriëntatie van het invloedsgebied was in het MER ook al berekend en is met name het gevolg van de aanwezigheid van de breuken die de slenk begrenzen. In oostelijke richting wordt de invloed teruggevonden in peilbuizen op circa 1,5 km, in westelijke richting tot circa 1 km.

Rondom Manderveen zijn verlagingen afgeleid in het eerste en tweede watervoerende pakket van circa 15 cm, met name rondom de nieuwe winvelden. Binnen 1 km rondom het pompstation bedragen de

verlagingen ongeveer 15 cm, op 1,5 km neemt dat af tot 5 cm. Dit komt redelijk overeen met de verwachtingen uit het MER, al lijken de gemeten verlagingen wel wat groter te zijn. Ten westen van Manderveen is voor 1 peilbuis een verlaging van 10 cm afgeleid die buiten de berekende contour van het MER ligt.

In de tijdreeksanalyse zijn in het gebied met berekende verhogingen ook enkele peilbuizen waarvoor een beperkte verlaging is afgeleid. Deze verlaging is echter niet significant en kent geen ruimtelijke samenhang met andere peilbuizen.

Onderstaand zijn de conclusies ten aanzien van de effecten op stijghoogten en grondwaterstanden per deelgebied samengevat.

Kwelgebied (ten) westen van de slenk

In het noordwestelijk deel van de slenk worden vooral verlagingen afgeleid die variëren van enkele centimeters tot maximaal 19 cm. Deze verlagingen doen zich met name rondom de winvelden van Manderveen voor. Ook ten westen van de breuk worden nog verlagingen van 3 tot circa 12 cm afgeleid. In het zuidwestelijk deel van de slenk worden veelal kleine niet significante verhogingen afgeleid.

Infiltratiegebied in het oosten van de slenk

In het oostelijk deel van de slenk worden vooral verhogingen afgeleid. Met name in het noordoostelijk deel van de slenk (rondom de voormalige locatie van Manderheide) worden verhogingen afgeleid tot circa 65 cm. Deze verhogingen werken met name in zuidelijke richting door. Gezien de aanwezigheid van breuken is dit goed verklaarbaar.

Stuwwal

Op de stuwwal worden veelal niet significante effecten afgeleid. Opvallend genoeg zijn er echter ook een aantal significante effecten afgeleid die qua omvang kunnen oplopen van 10 tot 24 cm en een uitschieter van 1 m. Ook in het zuidelijk deel van de stuwwal is dit het geval. Dit suggereert in bepaalde delen een relatie tussen de slenk en de stuwwal. De locaties waar deze verhogingen worden afgeleid komen deels overeen met de zones in de stuwwal die in RHDHV (2016) als mogelijk gevoelig voor veranderingen in de stijghoogte in de slenk worden aangemerkt. Deze gevoeligheid kan deel worden verklaard uit de aanwezigheid van ingesloten zandafzettingen in de stuwwal en de aanwezigheid van erosiedalen met zandige afzettingen. Anderzijds moet worden opgemerkt dat deze veranderingen deels mogelijk ook verklaard kunnen worden uit lokale hydrologische ingrepen, maar daarvan zijn onvoldoende gedetailleerde gegevens bekend.

10.5 Oppervlaktewaterkwantiteit

- Wat is het verloop van de basisafvoer van de beken door de tijd?
- Is er sprake van een relatie tussen de veranderingen in het grondwatersysteem door de reallocatie en de basisafvoer van de beken?

De basisafvoer in alle beken laat een sterk seizoenspatroon zien. Met behulp van een test die rekening houdt met seizoensvariatie is onderzocht of er trends door de tijd kunnen worden afgeleid. Dit blijkt niet het geval. Er is dus op basis van deze analyse geen sprake van een afleidbare trend in afvoerdebieten.

Op die plekken waar de grondwaterstand vlak naast de Mosbeek wordt gemeten, blijkt dat de grondwaterstand circa 2 m lager ligt dan het beekpeil. In dat traject (oostelijk deel slenk) is dus sprake van aanzienlijke infiltratie. De relatie tussen de grondwaterstanden en de mate van infiltratie zal op deze plek niet zo sterk zijn. In het westelijk deel van de slenk is het verschil in beekpeil en grondwaterstanden veel kleiner, waardoor er wel een relatie aanwezig kan zijn tussen de infiltratie vanuit de beek en de grondwaterstanden. Daar is het dus ook niet uitgesloten dat de winning invloed heeft op de afvoer van de beken. Dit vraagt echter om een uitbreiding van het aantal meetpunten waarin de grondwaterstand en

beekpeil op vrijwel dezelfde plek worden gemeten. Hiertoe is in hoofdstuk 10 een aanbeveling opgenomen voor het monitoringsplan.

10.6 Overige thema's (afgeleide effecten)

Welke veranderingen zijn er zichtbaar voor de overige thema's?

Terrestrische vegetatie

In Mandermaten is geen duidelijke trend zichtbaar in de milieu indicatie op basis van de vegetatie. De grondwaterstanden liggen relatief diep (circa 3 m-mv) waardoor weinig tot geen effect is te verwachten op de vegetatie. In de schraallanden van Bels is wel sprake van een duidelijke trend in milieu condities. Het aandeel soorten voor droge en zure milieu omstandigheden neemt toe ten koste van natte basenrijke standplaatsen. Dit is een indicatie voor verdroging (afname invloed basenrijke kwel). De grondwaterstand in het ondiepe filter van een nabijgelegen buis (B28F1327) lijkt te zijn afgenomen in tegenstelling tot het diepere filter. De oorzaak van deze daling is niet duidelijk.

De schraallanden van Bels liggen op de overgang van de slenk en de stuwwal. Een relatie tussen de stijghoogte in de slenk en de freatische grondwaterstand is daarom niet op voorhand uit te sluiten, maar het is onwaarschijnlijk dat de mogelijke afname van basenrijke kwel samenhangt met de verplaatsing van Manderheide. Als gevolg van de verplaatsing is eerder een verhoging van diepe stijghoogten en eventueel ondiepe grondwaterstanden te verwachten. Voor het brongebied van de Mosbeek kan op basis van de pq gegevens niet worden geconcludeerd of sprake is van een duidelijke trend in milieu condities. Volgens de beheerder breidt de soort Beenbreek zich uit in het bovenste deel van het brongebied. Dit wijst op vernatting met zuur regenwater.

Het brongebied van de Mosbeek ligt hoog op de stuwwal, een relatie met de stijghoogte in de slenk is hier niet te verwachten. Uit de systeemanalyse die in 2017 is uitgevoerd blijkt dat insnijding van de Mosbeek en mogelijk een afname van toestroming van grondwater oorzaken zijn van de geconstateerde verzuring.

In de Braamberg en het Hazelbekke ontbreekt het aan voldoende pq metingen (na reallocatie) om het effect van de winning goed te kunnen duiden.

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de waargenomen veranderingen in de terrestrische vegetatie gerelateerd kunnen worden aan de veranderingen in het grondwatersysteem als gevolg van de reallocatie.

Macrofauna

De macrofauna indiceert geen tot weinig veranderingen, enige uitzondering zijn de nieuwe meetlocaties 06-216 (Mosbeek-Vleerhoeksweg) en 06-217 (Mosbeek, Bergweg Mander). De macrofauna indiceert zowel in het voorjaar als het najaar dat de beek hier iets sneller is gaan stromen (circa 10-15 % toename van de indicatorscore) en de substraatklasse stijgt (richting kiezel, zand). Samenvattend lijken de stromingscondities iets te zijn verbeterd op dit traject.

De macrofauna op de meetpunten is dus redelijk constant. De veranderingen in de macrofauna zijn te gering om te kunnen relateren aan externe invloeden of aan de reallocatie van de winning.

Oppervlaktewaterkwaliteit

De gegevens over de waterkwaliteit zijn maar voor een beperkt aantal parameters en locaties gedurende meerdere jaren gemeten. Dit maakt een samenhangende analyse onmogelijk. De overige, wel gemeten, parameters laten zien dat er in de onderzoeksperiode veranderingen zijn opgetreden en dat deze veranderingen ook logischerwijze kunnen samenhangen met veranderingen in de hydrologie. Met name meetpunt 06-222 laat een sterke daling van nitraat zien. Verwacht wordt dat de sterke daling van nitraat door andere factoren wordt bepaald dan de reallocatie van de waterwinning

Grondwaterkwaliteit

De winning Manderveen blijft na reallocatie gevoelig voor probleemstoffen nitraat, ijzer, nikkel en aluminium. De winning trekt in toenemende mate antropogeen beïnvloed grondwater aan, met name in de oude winputten. De ruwwaterkwaliteit van de nieuwe winputten is veelal beter dan de bestaande winputten voor wat betreft nitraat, maar dat lijkt met name een kwestie van tijd. In de nieuwe winputten wordt echter wel relatief veel ijzer, nikkel en aluminium aangetroffen. Door de reallocatie wordt er meer grondwater gewonnen in een gebied dat gevoeliger is voor belasting aan maaiveld.

Landbouw

Een verantwoord vergelijk tussen de resultaten van dit onderzoek en van het Alterra onderzoek is niet mogelijk. Het Alterra onderzoek heeft de totale invloed van de winning Manderveen bepaald ten opzichte van een onbeïnvloede hydrologische situatie. Het onderhavig onderzoek richt zich op de invloed van de reallocatie van Manderheide naar Manderveen. Dit omvat dus slechts een deel van de totale winningshoeveelheid. De hydrologische effecten van de reallocatie bevatten daarnaast deels een effect van de verplaatsing van de Duitse waterwinning WAZ die in dezelfde periode heeft plaatsgevonden.

AANBEVELINGEN VOOR MONITORING VAN DE REDUCTIE VAN MANDERVEEN

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan voor het opstellen van een monitoringsplan voor de reductie van Manderveen van 3 naar 2 Mm³/jaar:

- de huidige metingen in het meetnet dienen (voor zover effectief en bruikbaar voor de toekomstige ontwikkelingen in het gebied) voortgezet te worden om daarmee goede meetreeksen op te kunnen bouwen die een beeld geven over de langjarige veranderingen in het systeem. Een deel van deze meetpunten is waarschijnlijk bruikbaar voor het monitoren van de voorgenomen reductie van de winning (besluit naar aanleiding van MER Zoektocht Twente);
- om er zeker van te zijn dat alle betrokken organisaties de afgesproken metingen uitvoeren, dient er jaarlijks een afstemming te zijn over de geplande metingen. Hierdoor kunnen organisatie de metingen tijdig in de werkplanning en begroting opnemen;
- de uitgevoerde metingen dienen tussentijds (jaarlijks) gecontroleerd te worden door de verantwoordelijke organisatie voor de uitvoering van de metingen. Hierdoor komen storingen of afwijkingen tijdig aan het licht en is er gelegenheid om in te grijpen;
- voor de metingen van grondwaterstanden en stijghoogten moeten nog validaties uitgevoerd worden voor de metingen na 2014;
- voor enkele metingen (zoals de afvoermetingen) was de referentieperiode (voor de uitvoering van de reallocatie) te kort. Daarom wordt aanbevolen om de huidige metingen goed door te zetten om daarmee een goede referentiemeting op te kunnen bouwen voor de monitoring van de reductie van Manderveen van 3 naar 2 Mm³/jaar. In de referentieperiode voor de reductie dient de invloed van de reallocatie te zijn uitgewerkt;
- om de infiltratie van de beken te onderzoeken, zijn er slechts 2 peilbuizen die met dat doel direct langs de beek geplaatst zijn. Op deze locaties is het verschil in beekpeil en grondwaterstand erg groot. Op basis van onderzoek met een grondwatermodel kan worden bepaald waar de grondwaterstanden en beekpeil dicht bij elkaar in de buurt komen en interactie (infiltratie en kwel op basis van fluctuaties) aanwezig is;
- aanbevolen wordt om het meest actuele grondwatermodel dat is gebruikt is voor de MER zoektocht Twente te kalibreren op de uitkomsten van deze studie. Daarnaast kunnen de recent ingemeten beekbodemoogtes in het model worden ingebracht. Dit model kan vervolgens worden gebruikt om een berekening te doen van het effect van de reductie op basis van de meest actuele inzichten en gegevens. De resultaten van deze berekening kunnen worden gebruikt om een goed en specifiek meetnet voor de reductie in te richten;
- bij het meetpunt 355 wordt de afvoer gemeten, maar het meetpunt is hiervoor niet goed ingericht. Aanbevolen wordt dit alsnog te doen. Daarnaast wordt aanbevolen om ook de bijdrage van de afvoer van de Tutenbergbeek te monitoren;
- om de reductie van de winning traceerbaar te maken in de metingen (en optimaal te kunnen analyseren met behulp van tijdreeksanalyse) is het wenselijk om de reductie zo abrupt mogelijk plaats te laten vinden (voor zover dit mogelijk is binnen de bedrijfsvoering van Vitens);
- de winning van de WAZ is nog niet op vergunde capaciteit. Aanbevolen wordt om bij de WAZ na te gaan welke plannen voor verdere debietverhoging zij hebben voor de komende jaren. Dit kan relevant zijn voor de effectbepaling van de reductie in de komende jaren;
- door de agrariërs in de werkgroep water Mander is aangegeven dat het meetnet rondom Manderveen gaten vertoont voor wat betreft ondiepe peilbuizen (waarmee het effect op de landbouw kan worden aangetoond). De agrariërs nemen in het veld veranderingen waar die met behulp van het bestaande meetnet niet goed onderzocht kunnen worden. De agrariërs is daarom gevraagd input te leveren voor

het monitoringsplan voor wat betreft locaties waar zij veranderingen in het veld of in de gewasproductie zien optreden;

- het meetnet aan pq's in het brongebied van de Mosbeek lijkt niet voldoende representatief voor de locatie. Er zou wel degelijk sprake zijn van verdroging en verlies van basenrijke standplaatscondities. Dit komt waarschijnlijk niet tot uiting in de vegetatiemetingen, doordat de veranderingen optreden in een deel van het terrein waar nu geen pq's liggen. In Braamberg en Hazelbekke ontbreekt het aan pq metingen (na reallocatie) om het effect van de winning goed te kunnen duiden. Ook hier moet nader gekeken worden naar de pq's in relatie tot de representativiteit voor het terrein. Mogelijk treden hier veranderingen op die nu niet in de metingen terugkomen;
- lokale projecten zoals aanpassingen aan de beekbodem, ontwateringsmiddelen en dergelijke kunnen lokaal van invloed zijn op de grondwaterstanden. Dit kan de resultaten van de tijdreeksanalyse beïnvloeden indien de uitvoeringsperiode samenvalt met de periode van afbouw/reallocatie van de winning. Om voor deze invloed achteraf te kunnen corrigeren, is het noodzakelijk om nauwkeurig de gegevens over deze uitvoeringsprojecten vast te leggen. Dit omvat tekeningen van de omvang en aard van het werk, de exacte uitvoeringsplanning en het verwachte hydrologische effect. Van veel projecten blijken achteraf wel de maatregelen schetsmatig bekend, maar de exacte aangelegde situatie en de periode waarin blijft veelal onduidelijk.

12

REFERENTIELIJST

- Aggenbach, C, E. Doomerik, J. Grijpstra & M. Jalink, 2002. INDICA: instrument voor analyse milieu met indicatorsoorten. H2O 35(13) p.46-47.
- Alterra, 2014. Onderzoek naar de freatische grondwaterstandverlaging en verzuring van de bovengrond als gevolg van grondwateronttrekking in het wingebied Mander.
- Bell, J.S., J.W. van 't Hullenaar & F. Smolders, 2017. Ecohydrologische systeemanalyse brongebied van de Mosbeek, Bureau Bell Hullenaar.
- Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1976). Time Series Analysis, Forecasting and Control. Holden Day, San Francisco.
- Box, G.E.P. and Tiao, G.C. (1975). Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems. Journal of the American Statistical Association, Vol. 70, No. 349. (Mar., 1975), pp. 70-79.
- Deltares (2012). Sturen op Basisafvoer. Een analyse van zomerafvoeren in het beheergebied van waterschap Regge en Dinkel en hoe daar in de toekomst mee om te gaan.
- Dongen, Rob van, (2009). Monitoringsplan waterwinning Mander. Meetnet, kosten en inzet waterschap Regge en Dinkel. Memo d.d. 8 februari 2008.
- DHV en Rogge (2003). Geohydrologisch onderzoek Slenk van Reutum.
- DHV en KIWA (2005) Milieueffectrapport drinkwatervoorziening Noordoost-Twente.
- Hennekens, S.M. & J.H.J. Schaminee, 2001. Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data Journal of Vegetation Science 12: 589-591.
- Hennekens, S.M., N.A.C. Smits & J.H.J. Schaminée, 2010. SynBioSys Nederland versie 2. Alterra, Wageningen UR. <https://www.wur.nl/nl/show/SynBioSys-Nederland.htm>.
- Kieskamp, A.A.M, 2014. Hydro-ecologische systeemanalyse van het brongebied van de Mosbeek. Onderzoek uitgevoerd in kader van masterstage aan de Radboud Universiteit Nijmegen, tevens begeleid vanuit de Unie van Bosgroepen.
- Lock, M., M. Scherphuis & P. van der Molen, 2015. Inventarisatie Rekentools Abiotiek, BIJ12 rapport, definitief, 26 oktober 2015.
- Ljung, G.M and Box, G.E.P (1978). On a measure of lack of fit in time series models. Biometrika, 65, blz. 297 – 303.
- Meij, T de, C. den Otter, C.W. Stroet & M.A.P. Horsthuis, 2015. Systeembeschrijving van de stuwwal van Ootmarsum. Verslag van de deskundigenbijeenkomst op 17 december 2014. Provincie Overijssel, Zwolle.

RHDHV, 2016. De overgangszone tussen de Stuwwal van Ootmarsum en de Slenk van Reutum, BD7227_R20161222, 22 dec 2016.

Sanderson (2008). A Calculation of Base Flow.

't Hullenaar, J.W. & J.S. Bell., 2004. Ecohydrologisch herstel Hazelbekke. Uitwerking van een herstelplan op basis van hydrologisch vooronderzoek. Opdrachtgever: Vereniging Natuurmonumenten. 21 juni 2004.

Ter Braak C.J.F. & Šmilauer P. (2012): Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 496 pp.

Van der Meulen, E.C.J. en P.K. Baggelaar (2016). Handleiding Tijdreeksanalist (TRG). AMO Adviesbureau Modelleren en Optimalisatie, Hengelo, januari 2016, 111 blz.

Verdonschot, R., (2011). Interne rapportage Deltares: Kennisregels macrofauna AqMaD. In opdracht van STOWA. Deltares, Utrecht.

Vitens (2006). Maatregelen- en Monitoringsplan Mander.

Vitens (2008). Meetprotocol Mander.

Vitens (2008). Monitoring Mander, uitgangssituatie 2007.

Vugt, A. van, P. Baggelaar, C. Aggenbach & N. Jaarsma, 2012. Evaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander 2012. Deventer, Witteveen en Bos/Icastat/KWR/Nico Jaarsma.

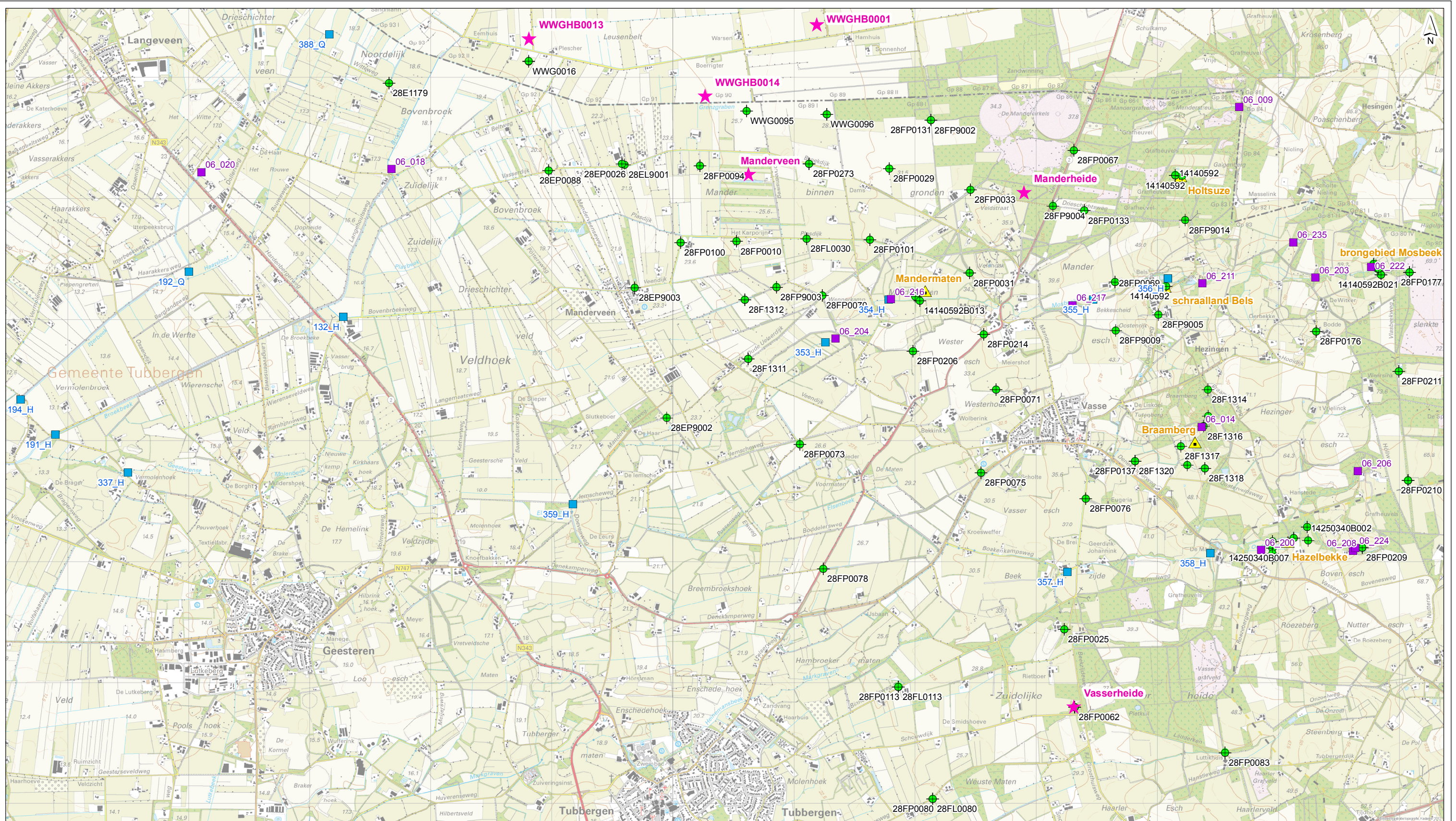
Witte, J.P.M. , R.P. Bartholomeus, D.G. Cirkel, E. Doornik, Y. Fujita, J. Runhaar, 2014. Manual and description of ESTAR, version 01, A software tool to analyse vegetation plots. KWR 2014.054, Nieuwegein.

Witteveen+Bos (2001). Analyse hydrologische relatie tussen de slenk van Reutum en de stuwwal van Ootmarsum.

Bijlage(n)

I

BIJLAGE: KAART MEETNET MANDER



Meetpunten

- peilbuis
- oppervlaktewater - kwaliteit
- oppervlaktewater - kwantiteit
- ★ meetstation neerslag/verdamping
- ▲ PQ's vegetatie

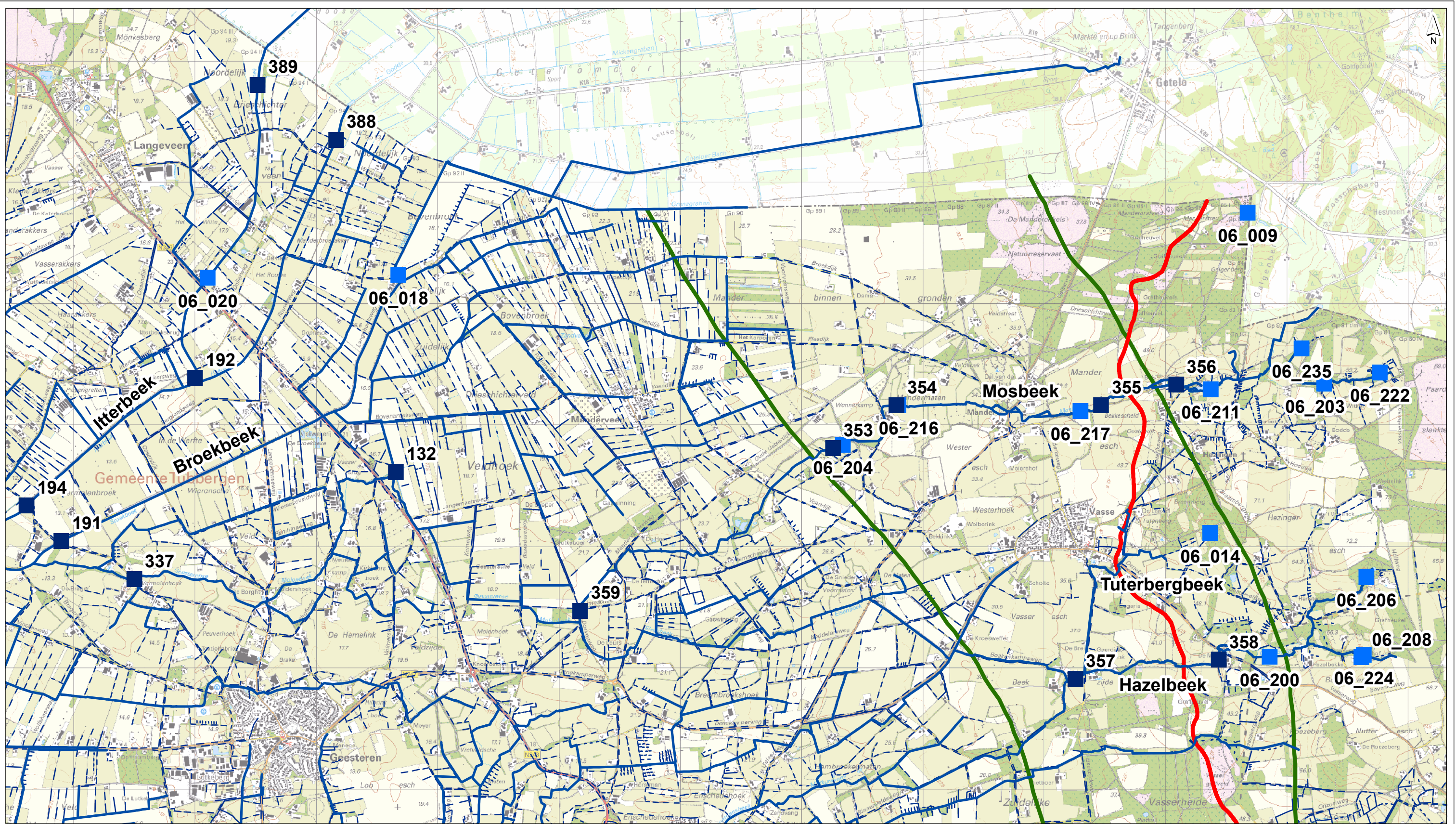
★ Drinkwaterwinningen

drawn: F. Versteegen, MSc.
 verified: Drs. A.C. van Vugt
 approved: Drs. A.C. van Vugt
 version: concept02 1
 date: 05-04-2013
 drawing no: 0

page size: A3 landscape
 scale: 1:30000
 0 400 800 1200 m

Overzicht alle meetpunten & onttrekkingen

client: Vitens
 project: Evaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander
 project code: ZL490-6



- Oppervlaktewater - Kwantiteit
- Oppervlaktewater - Kwaliteit
- Stuwwal
- Breuklijn
- Hoofdwaterlopen
- Detailontwatering

drawn: P.M. van Dijk MSc
 verified: drs. A.C. van Vugt
 approved: drs. A.C. van Vugt
 version: 1
 date: 05-02-2018
 drawing no: 6

Overzicht oppervlaktewater meetpunten

 client: Vitens
 project: Eindevaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander
 project code: 103961

page size: A3 landscape
 scale: 1:30000
 0 500 1000 1500 m



II

BIJLAGE: METADATA VERZAMELDE GRONDWATERSTANDREEKSEN

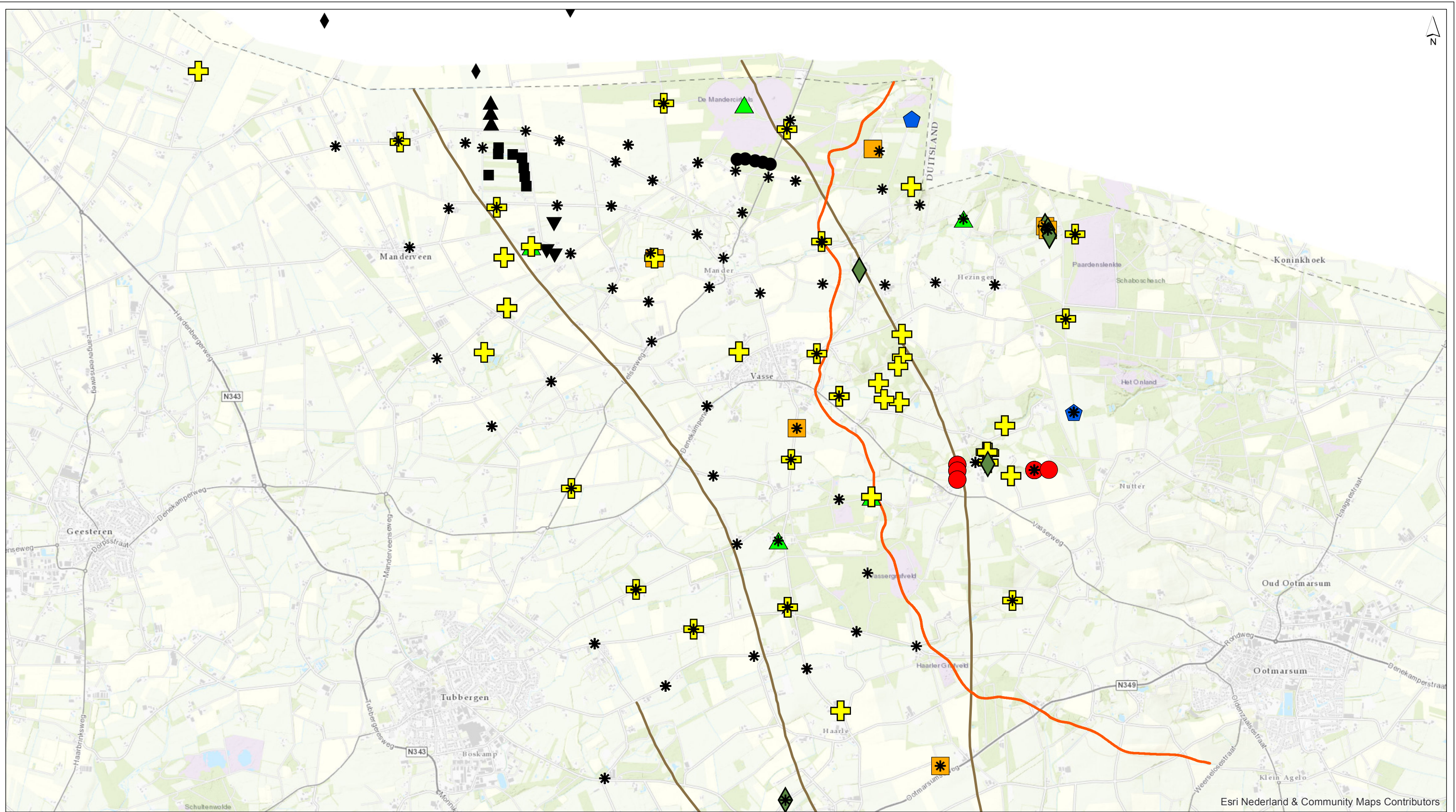
Reeks	Mee	Reden afvallen	Correctie loggerdeel	X (m)	Y (m)	Maaiv (m NAP)	Bkf (m NAP)	Okf (m NAP)	Bron
28E1179_f1		Te kort		247653	497954	18,4	14,8	13,8	Vitens
28E1179_f2		Te kort		247653	497954	18,4	-0,7	-1,7	Vitens
28E1215_f1		Te kort		249592	497274	22,0	19,5	18,5	Vitens
28EP0026_f1	ja			249578	497286	22,1	-2,3	-3,3	Vitens
28EP0088_f1	ja			248973	497232	20,6	15,0	14,0	Vitens
28EP0088_f2	ja			248973	497232	20,6	1,4	0,4	Vitens
28EP9002_f1	ja			249948	495189	23,6	19,7	18,7	Vitens
28EP9003_f1	ja			249685	496264	22,8	15,8	13,8	Vitens
28EP9003_f2	ja		ja	249685	496264	22,8	-1,9	-3,9	Vitens
28F1311_f1		Te kort		250622	495677	26,3	24,8	23,8	Vitens
28F1311_f2		Te kort		250622	495677	26,3	18,8	17,8	Vitens
28F1311_f3		Te kort		250622	495677	26,3	7,3	6,5	Vitens
28F1312_f1		Te kort		250593	496164	25,6	24,2	23,2	Vitens
28F1312_f2		Te kort		250593	496164	25,6	17,1	16,1	Vitens
28F1312_f3		Te kort		250593	496164	25,6	6,6	5,6	Vitens
28F1313_f1		Te kort		254510	496844	64,1	55,7	54,7	Vitens
28F1314_f1		Te kort		254420	495423	67,0	62,1	61,1	Vitens
28F1315_f1		Te kort		254423	495201	63,0	62,0	61,5	Vitens
28F1316_f1		Te kort		254383	495116	56,2	55,2	54,7	Vitens
28F1317_f1		Te kort		254196	494953	47,0	45,9	45,4	Vitens
28F1318_f1		Te kort		254395	494770	50,6	50,1	49,6	Vitens
28F1318_f2		Te kort		254395	494770	50,6	48,5	48,0	Vitens
28F1319_f1		Te kort		254249	494797	47,4	47,4	46,9	Vitens
28F1320_f1		Te kort		253817	494827	43,9	41,2	40,7	Vitens
28F1436_f1		Te kort		252853	495255	34,5	27,5	25,5	Vitens
28F1436_f2		Te kort		252853	495255	34,5	10,7	8,7	Vitens
28F1437_f1		Te kort		253832	491801	31,7	25,2	23,2	Vitens
28F1437_f2		Te kort		253832	491801	31,7	11,6	10,6	Vitens
28FL0021_f1	ja			252704	496158	36,0	33,7	32,7	Vitens
28FL0025_f1		Anomalie		253232	493440	34,0	31,6	30,6	Vitens
28FL0030_f1	ja			251103	496667	27,4	25,0	24,0	Vitens
28FL0079_f1	ja			251466	492446	24,0	23,6	22,6	Vitens
28FL0080_f1	ja			252147	492039	24,6	24,2	23,2	Vitens
28FL0081_f1	ja			252417	492585	27,0	26,2	25,2	Vitens
28FL0085_f1	ja			251562	491152	21,1	20,8	19,8	Vitens
28FL0113_f1	ja			251863	492966	26,4	25,9	24,9	Vitens
28FL9012_f1	ja			254742	495925	60,5	58,2	57,2	Vitens
28FL9016_f1	ja		ja	253056	495823	37,0	35,1	34,1	Vitens
28FP0009_f1	ja		ja	250388	497217	24,9	-4,1	-5,1	Vitens
28FP0010_f1		Te kort		250524	496646	25,6	-13,4	-14,4	Vitens
28FP0010_f2	ja		ja	250524	496646	25,7	-13,1	-14,1	Vitens
28FP0012_f1	ja			252015	495354	30,8	-15,9	-16,9	Vitens
28FP0015_f1	ja			251637	495867	29,3	-9,3	-10,3	Vitens
28FP0016_f1	ja		ja	250801	497380	27,1	-9,4	-10,4	Vitens

Reeks	Mee	Reden afvallen	Correctie loggerdeel	X (m)	Y (m)	Maaiv (m NAP)	Bkf (m NAP)	Okf (m NAP)	Bron
28FP0025_f1	ja			253232	493440	34,0	0,3	-0,7	Vitens
28FP0028_f1	ja			252821	496999	35,7	-23,9	-24,9	Vitens
28FP0029_f1	ja		ja	251788	497247	30,6	28,3	27,3	Vitens
28FP0029_f2	ja			251788	497247	30,6	-2,7	-3,7	Vitens
28FP0030_f1	ja		ja	251103	496667	27,4	-6,1	-7,1	Vitens
28FP0031_f1	ja			252452	496384	33,8	24,2	23,2	Vitens
28FP0031_f2	ja			252452	496384	33,8	-2,9	-3,9	Vitens
28FP0033_f1	ja			252458	497075	33,7	24,1	23,1	Vitens
28FP0033_f2	ja		ja	252458	497075	33,7	-4,0	-5,0	Vitens
28FP0062_f1		Te kort		253320	492796	33,1	32,0	31,0	Vitens
28FP0062_f2	ja		ja	253320	492796	33,4	25,7	24,7	Vitens
28FP0062_f3	ja		ja	253320	492796	33,4	6,9	4,9	Vitens
28FP0062_f4		Te kort		253320	492796	33,1	-4,9	-6,9	Vitens
28FP0062_f5		Te kort		253320	492796	33,1	-25,9	-27,9	Vitens
28FP0067_f1		Te kort		253314	497399	38,4	30,6	29,6	Vitens
28FP0067_f2	ja			253314	497399	38,4	19,8	17,8	Vitens
28FP0069_f1	ja			253653	496312	43,9	36,4	35,4	Vitens
28FP0069_f2	ja			253653	496312	43,9	28,3	26,3	Vitens
28FP0070_f1	ja			251234	496200	28,9	25,5	24,5	Vitens
28FP0070_f2	ja			251234	496200	28,9	7,3	5,3	Vitens
28FP0072_f1		Te kort		253602	495238	41,3	33,8	32,8	Vitens
28FP0072_f2	ja			253602	495238	41,3	23,8	21,8	Vitens
28FP0073_f1	ja			251048	494971	26,3	22,6	21,6	Vitens
28FP0073_f2	ja			251048	494971	26,3	4,1	2,1	Vitens
28FP0075_f1	ja		ja	252544	494734	30,8	26,9	25,9	Vitens
28FP0075_f2	ja		ja	252544	494734	30,8	10,7	8,7	Vitens
28FP0076_f1		Filter te kort		253411	494521	37,1	33,7	32,7	Vitens
28FP0076_f2	ja			253411	494521	37,1	29,6	27,6	Vitens
28FP0077_f1	ja			252606	494062	31,2	23,6	22,6	Vitens
28FP0077_f2	ja			252606	494062	31,2	11,0	9,0	Vitens
28FP0078_f1	ja			251241	493939	25,7	20,6	19,6	Vitens
28FP0078_f2		Te kort		251241	493939	25,7	11,7	9,7	Vitens
28FP0079_f1	ja			251466	492447	24,0	19,3	18,3	Vitens
28FP0079_f2	ja		ja	251466	492447	24,0	8,3	6,3	Vitens
28FP0080_f1	ja		ja	252146	492039	24,7	21,0	20,0	Vitens
28FP0080_f2	ja			252146	492039	24,7	7,0	5,0	Vitens
28FP0081_f1	ja		ja	252417	492586	27,1	22,6	21,6	Vitens
28FP0081_f2		Te kort		252417	492586	27,0	6,5	4,5	Vitens
28FP0082_f1	ja			253986	492562	37,6	25,3	24,3	Vitens
28FP0082_f2	ja		ja	253986	492562	37,6	17,3	15,3	Vitens
28FP0083_f2	ja		ja	254561	492421	42,1	11,9	9,9	Vitens
28FP0084_f1		Te kort		255484	492862	54,2	50,2	49,2	Vitens
28FP0084_f2	ja			255484	492862	54,1	40,0	38,0	Vitens
28FP0085_f1	ja			251562	491152	20,9	17,3	16,3	Vitens

Reeks	Mee	Reden afvallen	Correctie loggerdeel	X (m)	Y (m)	Maaiv (m NAP)	Bkf (m NAP)	Okf (m NAP)	Bron
28FP0085_f2	ja			251562	491152	20,9	5,2	3,2	Vitens
28FP0089_f1		Filter te kort		254791	491269	40,0	33,3	32,3	Vitens
28FP0089_f2	ja			254791	491269	40,0	15,3	13,3	Vitens
28FP0091_f1		Niet-lineair		253301	490941	24,7	20,0	19,0	Vitens
28FP0091_f2	ja			253301	490941	24,7	5,0	3,0	Vitens
28FP0092_f1		Niet-lineair		253735	490013	22,3	18,9	17,9	Vitens
28FP0092_f2		Niet-lineair		253735	490013	22,3	1,1	-0,9	Vitens
28FP0093_f1		Niet-lineair		253369	489213	18,9	14,2	13,2	Vitens
28FP0093_f2		Niet-lineair		253369	489213	18,9	3,2	1,2	Vitens
28FP0094_f1	ja		ja	250222	497268	24,6	16,9	15,9	Vitens
28FP0094_f2	ja		ja	250222	497268	24,6	2,0	0,0	Vitens
28FP0097_f1	ja		ja	251666	497087	30,5	22,5	21,5	Vitens
28FP0097_f2	ja			251666	497087	30,5	7,4	5,4	Vitens
28FP0100_f1	ja			250061	496635	23,4	15,9	14,9	Vitens
28FP0100_f2	ja			250061	496635	23,4	2,8	0,8	Vitens
28FP0101_f1	ja			251627	496660	30,4	22,4	21,4	Vitens
28FP0101_f2	ja			251627	496660	30,4	8,0	7,0	Vitens
28FP0102_f1	ja			252023	496906	31,9	23,9	22,9	Vitens
28FP0102_f2	ja		ja	252023	496906	31,9	9,4	7,4	Vitens
28FP0105_f1	ja			252885	496595	36,4	28,3	26,3	Vitens
28FP0105_f2	ja			252885	496595	36,4	13,2	11,2	Vitens
28FP0109_f1	ja		ja	252834	493408	32,3	25,5	24,5	Vitens
28FP0109_f2	ja			252834	493408	32,3	7,5	5,5	Vitens
28FP0110_f1	ja			253815	493834	39,1	27,5	26,5	Vitens
28FP0110_f2	ja		ja	253815	493834	39,1	16,4	14,4	Vitens
28FP0113_f1	ja		ja	251862	492967	26,5	18,8	17,8	Vitens
28FP0113_f2		Te kort		251862	492967	26,5	7,5	5,5	Vitens
28FP0114_f1	ja			252998	492326	27,8	20,0	19,0	Vitens
28FP0114_f2	ja			252998	492326	27,8	13,0	11,0	Vitens
28FP0115_f1	ja			253509	492203	31,2	28,8	27,8	Vitens
28FP0115_f2	ja			253509	492203	31,2	23,8	22,8	Vitens
28FP0115_f3	ja		ja	253509	492203	31,2	9,2	7,2	Vitens
28FP0120_f2	ja			254091	493125	39,9	14,3	12,3	Vitens
28FP0121_f1		Te kort		254128	493861	46,5	32,5	27,5	Vitens
28FP0121_f2		Anomalie		254128	493861	46,6	20,9	15,9	Vitens
28FP0121_f3		Te kort		254128	493861	46,5	10,5	5,5	Vitens
28FP0121_f4		Te kort		254128	493861	46,5	-7,5	-12,5	Vitens
28FP0131_f1	ja			252129	497648	32,1	15,5	14,5	Vitens
28FP0131_f2		Te kort		252129	497648	32,0	-4,5	-5,5	Vitens
28FP0132_f1	ja			253348	497482	38,6	16,1	15,1	Vitens
28FP0132_f2	ja		ja	253348	497482	38,6	-7,0	-8,0	Vitens
28FP0133_f1	ja			253398	496900	40,2	14,5	13,5	Vitens
28FP0133_f2	ja			253398	496900	40,2	-6,0	-7,0	Vitens
28FP0134_f1	ja			253648	496316	43,7	13,0	12,0	Vitens

Reeks	Mee	Reden afvallen	Correctie loggerdeel	X (m)	Y (m)	Maaiv (m NAP)	Bkf (m NAP)	Okf (m NAP)	Bron
28FP0134_f2		Te kort		253648	496316	43,5	-6,5	-7,5	Vitens
28FP0135_f1	ja			250475	494538	23,0	15,9	14,9	Vitens
28FP0135_f2	ja			250475	494538	23,0	5,8	4,8	Vitens
28FP0136_f1	ja			253355	494219	36,6	18,1	17,1	Vitens
28FP0136_f2		Te kort		253355	494219	36,6	-11,9	-12,9	Vitens
28FP0137_f1	ja			253817	494827	43,9	13,4	12,4	Vitens
28FP0137_f2		Te kort		253817	494827	43,9	-3,1	-4,1	Vitens
28FP0175_f2		Model	ja	254514	497497	58,2	20,1	18,1	Vitens
28FP0176_f1	ja			255314	495900	67,5	59,4	57,4	Vitens
28FP0176_f2	ja			255314	495900	67,5	29,4	27,4	Vitens
28FP0177_f1	ja			256085	496388	67,9	64,5	62,5	Vitens
28FP0177_f2		Te kort		256085	496388	67,9	55,9	53,9	Vitens
28FP0177_f3	ja			256085	496388	67,9	35,5	33,5	Vitens
28FP0206_f1	ja			251983	495740	31,1	22,7	21,7	Vitens
28FP0206_f2	ja			251983	495740	31,1	2,5	1,5	Vitens
28FP0208_f1	ja		ja	255128	494193	52,0	50,2	48,2	Vitens
28FP0208_f2	ja			255128	494193	52,0	43,5	41,5	Vitens
28FP0209_f1	ja		ja	255695	494117	61,8	60,6	58,6	Vitens
28FP0209_f2	ja		ja	255695	494117	61,8	38,5	36,5	Vitens
28FP0209_f3	ja			255695	494117	61,8	30,5	28,5	Vitens
28FP0210_f1	ja			256073	494672	68,3	64,0	62,0	Vitens
28FP0210_f2	ja		ja	256073	494672	68,3	52,0	50,0	Vitens
28FP0210_f3		Model		256073	494672	68,3	47,0	45,0	Vitens
28FP0210_f4	ja			256073	494672	68,3	34,9	32,9	Vitens
28FP0211_f1		Te kort		255998	495573	75,5	68,5	66,5	Vitens
28FP0211_f2	ja			255998	495573	75,5	61,5	59,5	Vitens
28FP0214_f1	ja			252567	495878	35,2	22,1	21,1	Vitens
28FP0214_f2	ja		ja	252567	495878	35,2	-3,0	-4,0	Vitens
28FP0273_f1	ja		ja	251124	497288	31,8	21,7	19,7	Vitens
28FP0273_f2	ja		ja	251124	497288	31,8	16,7	14,7	Vitens
28FP0273_f3	ja		ja	251124	497288	31,8	5,2	3,2	Vitens
28FP9002_f1	ja			252130	497647	32,2	26,5	25,5	Vitens
28FP9003_f1		Anomalie		250855	496268	27,3	26,0	25,0	Vitens
28FP9003_f2		Te kort		250855	496268	27,3	24,0	23,0	Vitens
28FP9004_f1	ja			253138	496938	37,8	29,9	28,9	Vitens
28FP9005_f1		Niet-lineair		254010	496040	52,6	48,8	47,8	Vitens
28FP9007_f1	ja			254593	496668	60,0	56,3	55,3	Vitens
28FP9008_f1		Anomalie		255013	496537	56,0	56,4	55,4	Vitens
28FP9008_f2	ja			255013	496537	56,0	53,0	51,0	Vitens
28FP9009_f1	ja			253658	495907	39,9	34,2	33,2	Vitens
28FP9010_f1	ja			254258	495903	56,2	52,3	51,3	Vitens
28FP9014_f1	ja		ja	254232	496821	58,7	54,1	53,1	Vitens
28FP9015_f1		Anomalie		252903	497634	35,8	29,6	28,6	Vitens
B28F0209_f1		Hiaat		255695	494117	61,8	59,8	57,8	DINO

Reeks	Mee	Reden afvallen	Correctie loggerdeel	X (m)	Y (m)	Maaiv (m NAP)	Bkf (m NAP)	Okf (m NAP)	Bron
B28F0209_f2		Hiaat		255695	494117	61,8	37,8	35,8	DINO
B28F0209_f3		Hiaat		255695	494117	61,8	29,8	27,8	DINO
B28F0251_f1		Filter te kort		255799	496466	65,5	65,6	65,3	DINO
B28F0251_f2		Niet-lineair		255799	496466	65,5	64,9	64,6	DINO
B28F0251_f3	ja			255799	496466	65,6	64,6	64,3	DINO
B28F0252_f1		Filter te kort		255824	496430	65,4	65,3	65,0	DINO
B28F0252_f2		Filter te kort		255824	496430	65,4	64,9	64,6	DINO
B28F0252_f3		Niet-lineair		255824	496430	65,4	64,5	64,2	DINO
B28F0253_f1		Niet-lineair		255839	496373	64,7	64,4	64,1	DINO
B28F0253_f2		Niet-lineair		255839	496373	64,7	64,2	63,7	DINO
B28F0253_f3		Niet-lineair		255839	496373	64,7	64,0	63,7	DINO
B28F0255_f1		Te kort		255230	494290	52,4	52,3	52,0	DINO
B28F0255_f2		Te kort		255230	494290	52,4	51,8	51,5	DINO
B28F0255_f3		Te kort		255230	494290	52,4	51,3	51,0	DINO
B28F0256_f1		Te kort		255250	494190	52,4	52,3	52,0	DINO
B28F0256_f2		Te kort		255250	494190	52,4	51,7	51,4	DINO
B28F0256_f3		Te kort		255250	494190	52,4	51,2	50,9	DINO
B28F0258_f1		Te kort		255470	494060	56,8	55,7	54,7	DINO
B28F0258_f2		Te kort		255470	494060	56,8	53,7	52,7	DINO
B28F0433_f1		Filter te kort		254143	497207	50,1	49,9	49,7	DINO
B28F0433_f2		Filter te kort		254143	497207	50,1	47,0	46,0	DINO
B28F0436_f1	ja			252001	496208	31,6	28,7	28,2	DINO
B28F0437_f1		Filter te kort		252040	496155	31,6	31,0	30,5	DINO
B28F0437_f2		Te kort		252040	496155	31,6	27,0	26,5	DINO
B28F0439_f1		Te kort		250401	495250	24,1	23,4	22,4	DINO
B28F0442_f1	ja			255824	496427	65,5	65,5	65,0	DINO
B28F0442_f2	ja			255824	496427	65,5	59,7	59,2	DINO
B28F0445_f1		Te kort		255255	494280	52,5	51,5	51,0	DINO
B28F0445_f2		Te kort		255255	494280	52,5	50,2	49,7	DINO
B28F0446_f1		Te kort		255240	494288	52,5	51,4	50,9	DINO
B28F0446_f2		Te kort		255240	494288	52,5	50,2	49,7	DINO
B28F0447_f1		Niet-lineair		255248	494175	52,4	51,3	50,8	DINO
B28F0449_f1		Hiaat		255835	494120	63,8	62,3	61,8	DINO
B28F0450_f1		Hiaat		254954	494168	50,4	49,6	49,1	DINO
B28F0450_f2		Hiaat		254954	494168	50,4	47,9	46,9	DINO
B28F0451_f1		Hiaat		254954	494111	49,0	48,3	47,8	DINO
B28F0451_f2		Hiaat		254954	494111	49,0	46,6	45,6	DINO
B28F0452_f1		Hiaat		254953	494027	50,2	49,5	49,0	DINO
B28F0452_f2		Hiaat		254953	494027	50,2	47,5	46,5	DINO
B28F0456_f1		Te kort		255410	494545	56,0	55,9	55,4	DINO
B28F0456_f2		Te kort		255410	494545	56,0	54,7	54,2	DINO
B28F0463_f1	ja			254205	497187	51,6	50,3	49,8	DINO



- Breuklijn
- Stuwwal
- Meegenomen locaties
- Niet meegenomen locaties**
- Reden van Afvallen**
- Anomalie
- Filter te kort
- Hiaat
- Model
- Te korte meetreeks
- Niet-lineair
- Winveld**
- Manderheide
- Manderveen-Mid
- Manderveen-Noord
- Manderveen-Zuid
- Vasserheide
- WAZ

drawn: P.M. van Dijk MSc
 verified: drs. A.C. van Vugt
 approved: drs. A.C. van Vugt
 version: 1
 date: 04-12-2017
 drawing no: 1

page size: A3 landscape
 scale: 1:35000

0 500 1000 1500 m

Effecten grondwaterwinning Mander

**Niet meegenomen peilbuislocaties
 effecten van grondwaterwinning Mander**

client: Vitens
 project: Eindevaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander
 project code: 103691

Witteveen + Bos

III

BIJLAGE: TECHNISCHE TOELICHTING TIJDREEKSMODELLERING

Modelleerstrategie

Bij de voorgaande Manderstudie (2013) is per grondwaterstandreeks het effect van de reallocatie geraamd met tijdreeksmodellering, waarbij als invoerreeksen in ieder geval het potentieel neerslagoverschot, de winning Manderveen en de winning Manderheide meededen. Een probleem hierbij was dat de winningen Manderveen en Manderheide zeer sterk negatief gecorreleerd zijn, door hun tegengestelde seizoenspatroon (zie § 3.2), wat leidde tot zeer sterke positieve correlaties tussen hun geschatte evenwichtsrelaties met de grondwaterstand. Als namelijk 2 winningen een tegengesteld winningspatroon vertonen en de relatie van de grondwaterstand met de ene winning wordt overschat (of onderschat), dan zal de relatie van de grondwaterstand met de andere winning ook overschat (of onderschat) moeten worden, om hun gecombineerde effect nog binnen de perken te kunnen houden voor een geschikte pasvorm van het model. Voor deze complicatie is toen een benaderende oplossing (met Monte Carlosimulatie) gehanteerd, die bij het ramen van het effect van de reallocatie rekening houdt met de vergrote onzekerheid door niet onafhankelijk geschatte relaties. Voor elke gemodelleerde reeks is de invloed van de reallocatie van de winning Mander daarbij geraamd als het verschil van de volgende 2 waarden: i) het gemiddelde van de Mandercomponent over de periode van januari 2011 tot het eind van de reeks (ergens van juli tot en met oktober 2012) en ii) het gemiddelde van de Mandercomponent over de periode van januari 2000 tot en met december 2008. Deze laatste is een periode vóór de start van de reallocatie, waarin de onttrekkingsregimes van de winningen Manderveen en Manderheide vrij stationair waren. En de Mandercomponent is hier de component van de grondwaterstandsreeks die volgens het model samenhangt met de winningen Manderveen en Manderheide. De aldus berekende verschilwaarde geeft een raming van de gemiddelde invloed van de reallocatie, zij het zonder uitsplitsing naar zomer en winter.

Inmiddels omvatten de grondwaterstandreeksen een veel langere periode van ná de reallocatie (circa vierenhalf jaar meer dan bij de voorgaande Manderstudie), zodat we nu kiezen voor een directere aanpak, namelijk interventie-analyse (zie bijvoorbeeld [Box and Tiao, 1975]). Dit houdt hier in dat per grondwaterstandreeks een tijdreeksmodel wordt ontwikkeld met als invoerreeksen: i) het neerslagoverschot en ii) een indicatorvariabele die tot de reallocatie de waarde 0 heeft en vanaf de reallocatie de waarde 1. Deze aanpak stelt het tijdreeksmodel in de gelegenheid om een stapverandering te beschrijven, als het neerslagoverschot onvoldoende in staat is het reeksverloop te beschrijven. Als een reeksverloop voldoende kan worden beschreven door de relatie met het neerslagoverschot, zal de relatie met de reallocatie op circa nul worden geschat (in ieder geval niet statistisch significant).

Hoofdkeuzen voor de modelontwikkeling

Voor de ontwikkeling van een statistisch model van een grondwaterstandreeks biedt de door Box en Jenkins aanbevolen iteratieve aanpak een geschikt kader [Box and Jenkins, 1976]. Deze aanpak bestaat uit de volgende onderdelen: 1) modelidentificatie, 2) schatting modelparameters en 3) verificatie van het model. Maar zelfs binnen deze gestructureerde aanpak zijn nog belangrijke keuzen nodig. Zo moet worden besloten wat de tijdseenheid is voor het modelleren en wat een geschikte modelperiode is. Verder moet worden besloten op welke wijze de mogelijke invloedsfactoren bij de modellering te betrekken. Hier zijn dat het neerslagoverschot en de reallocatie. In het onderstaande worden die keuzes toegelicht, waarna deze paragraaf afsluit met een toelichting op hoe de modellen iteratief zijn geformuleerd, geschat en geverifieerd.

Tijdseenheid bij het modelleren

De grondwaterstandreeksen zijn in dit onderzoek gemodelleerd met als tijdseenheid de maand. Dit sluit aan op de tijdschaal van de dynamiek van de verschillende processen die de grondwaterstand beïnvloeden. Uit verkennende modelleerexercities bleek namelijk dat de responstijd¹ van de grondwaterstand op het neerslagoverschot hier kan oplopen tot meerdere jaren, terwijl die op een Mander-winning kan oplopen tot ruim een jaar. Als dan wordt gemodelleerd met kleine tijdseenheden, zoals een week, of zelfs een dag, zijn er veel modelparameters nodig en is er ook een groter risico dat dynamische relaties onvoldoende worden verdisconteerd. Voor het potentieel neerslagoverschot wordt uitgegaan van de reeks van het maandgemiddelde, dat ontstaat door per maand de maandsom te delen door het aantal dagen in die maand. Zonder die omzetting zou deze invoerreeks ook een artificiële variatie vertonen, doordat niet alle maanden even lang zijn.

¹ De responstijd is de tijd die het duurt voordat de invloed van een verandering van een invloedsfactor op de grondwaterstand is uitgewerkt.

In paragraaf 2.4 is beschreven hoe de grondwaterstandreeksen zijn omgezet naar reeksen van het maandgemiddelde.

Modelperiode

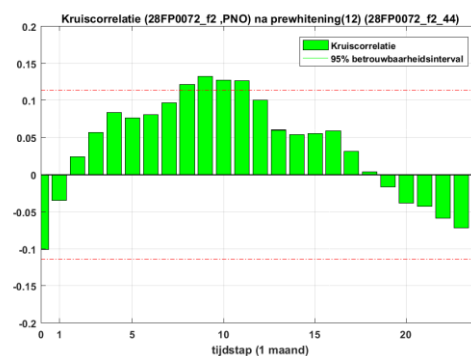
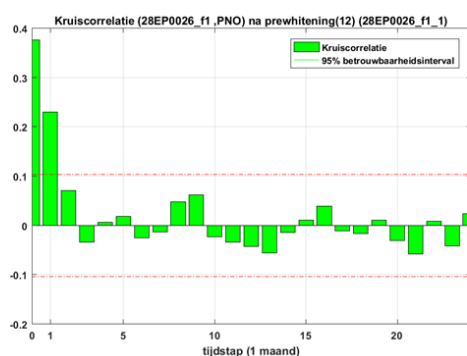
Om tot een passende keuze voor de modelperiode te kunnen komen, hebben we een aantal steekproefsgewijs geselecteerde grondwaterstandreeksen gemodelleerd met interventie-analyse vanaf de volgende startpunten tot reekseinde (minimaal januari 2016, maar meestal medio 2017): 1) vanaf januari 1998, 2) vanaf januari 2004 en 3) vanaf januari 2005. Daarbij is beoordeeld op de pasvorm van het deterministische deel van het model (dit is het model zonder de ruisterm). Uit deze vergelijking kwam de modelperiode vanaf januari 2004 als beste naar voren, zodat alle modelleringen zijn uitgevoerd voor die periode.

Kortere modelperioden zijn niet beschouwd, omdat het een lange modelperiode vergt, met zowel natte als droge deelperioden, om de belangrijke dynamische relatie met het neerslagoverschot goed te kunnen modelleren. Het effect van het realloceren van de winning Mander op de grondwaterstand kan immers beter in beeld worden gebracht, als daarbij simultaan voldoende rekening wordt gehouden met het meteorologische effect.

De keuze van de modelperiode van januari 2004 tot en met minimaal januari 2016 (en maximaal medio 2017) houdt in dat de geraamde relatie met de reallocatie het verschil aangeeft tussen het gemiddelde van de voor neerslagoverschot gecorrigeerde grondwaterstand over de periode november 2010 tot en met ergens tussen januari 2016 en medio 2017 (afhankelijk van de lengte van de betreffende grondwaterstandreeks) en het gemiddelde van de voor neerslagoverschot gecorrigeerde grondwaterstand over de periode januari 2004 tot en met april 2009.

Modelleren relatie met neerslagoverschot

Om voor de eerste modelronde tot een geschikte formulering van de relatie tussen het neerslagoverschot en de grondwaterstand te kunnen komen, is voor elke grondwaterstandreeks afzonderlijk het empirisch afgeleide gewitte kruiscorrelogram van de grondwaterstand en het potentieel neerslagoverschot visueel beoordeeld. Een dergelijk kruiscorrelogram zal namelijk min of meer de vorm hebben van de impuls-respons-functie en daarmee een indruk geven van de wijze waarop de grondwaterstand reageert op het neerslagoverschot. Voor een aantal grondwaterstandreeksen wees het gewitte kruiscorrelogram op een relatief snel bereikte maximale reactie van de grondwaterstand op het neerslagoverschot, namelijk in dezelfde maand, of een maand later, gevolgd door een min of meer exponentiële terugkeer naar de evenwichtssituatie (zie onderstaand linkervoorbeeld). Voor andere grondwaterstandreeksen, vooral die van de hoger gelegen gronden, wees het gewitte kruiscorrelogram echter op een langzamere reactie van de grondwaterstand op het neerslagoverschot, gevolgd door een min of meer exponentiële terugkeer naar de evenwichtssituatie (zie onderstaand rechtervoorbeeld).



Invoerreeksen bij het modelleren

Per grondwaterstandreeks is een tijdreeksmodel ontwikkeld met als invoerreeksen: i) het neerslagoverschot en ii) een indicatorvariabele die tot de reallocatie de waarde 0 heeft en vanaf de reallocatie de waarde 1. Aangezien de winning Manderheide vanaf mei 2009 is afgebouwd en in november 2010 volledig is gestopt,

heeft deze laatste indicatorvariabele tot en met april 2009 de waarde 0, neemt dan lineair toe tot de waarde 1 in november 2010 en blijft daarna constant 1.

De Duitse grondwaterwinning WAZ is niet meegenomen bij het modelleren. Alle bij de modellering betrokken peilbuizen bevinden zich namelijk op minstens 2,5 km van het zwaartepunt van deze winning. Verder is het op verantwoorde wijze verdisconteren van deze winning uiterst complex, omdat het een stelsel van sterk verspreide pompputten betreft. Uit verkennende exercities met grondwaterstandreeksen van enkele relatief dichtbij WAZ gelegen Vitens-peilfilters, bleek dat het wel of niet meenemen van WAZ geen duidelijk ander beeld opleverde.

De grondwaterwinning Vasserheide hoefde niet te worden meegenomen, aangezien die ver vóór het begin van de modelperiode is gestopt, namelijk in september 1997.

Iteratieve modelformulering, -schatting en -verificatie

Elke grondwaterstandreeks is gemodelleerd met de 2 bovengenoemde invoerreeksen. Vervolgens is elk geschat model geverifieerd, wat inhoudt dat op basis van kenmerken van de modelresiduen en het ruismodel is nagegaan of werd voldaan aan de vooronderstellingen die aan het gehanteerde Box-Jenkins-model ten grondslag liggen. De belangrijkste van die vooronderstellingen zijn dat de modelresiduen *witte ruis* vormen, wat inhoudt dat ze kunnen worden beschouwd als onafhankelijke trekkingen (oftewel trekkingen zonder autocorrelatie) uit dezelfde normale kansverdeling en met gemiddelde nul. Indien nodig is het tijdreeksmodel daarop handmatig aangepast, opnieuw geschat en weer geverifieerd, totdat het zo goed mogelijk voldeed aan de vooronderstellingen.

Enige technische verdieping: toelichting op ruismodellering

Het ruismodel is voor de eerste modelronde geformuleerd met alleen een 1^e-orde autoregressieparameter (ϕ_1) en een constante (c). Als bij de modelverificatie bleek dat de modelresiduen nog geen witte ruis vormen, is het ruismodel handmatig aangepast, bijvoorbeeld door een of meerdere moving-average parameters (θ_1 , θ_2 , et cetera) en/of een autoregressieve seizoensparameter (Φ_1) toe te voegen, waarna het tijdreeksmodel opnieuw is geschat. Ter objectivering van deze verificatie is de Portmanteau-toets gehanteerd, die is gebaseerd op de som van de gekwadrateerde autocorrelatiecoëfficiënten van de modelresiduen. De autocorrelatiecoëfficiënt is een maat voor de lineaire samenhang tussen waarden die zijn gescheiden door een bepaald tijdsinterval en wordt geschat als [Box and Jenkins, 1976]:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (a_t - \bar{a}) \cdot (a_{t+k} - \bar{a})}{\sum_{t=1}^n (a_t - \bar{a})^2}$$

met $\hat{\rho}_k$ de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval k , a_t de t -de van de chronologisch gerangschikte modelresiduen, \bar{a} het gemiddelde van de modelresiduen en n het aantal modelresiduen. De toetsingsgrootte Q_M van de Portmanteau-toets wordt berekend als [Ljung and Box, 1978]:

$$Q_M = n \cdot (n + 2) \cdot \sum_{k=1}^M \frac{\hat{\rho}_k^2}{n - k}$$

met M het aantal tijdsintervallen waarover de autocorrelatie wordt beschouwd (zie onder) en n het aantal modelresiduen. Onder de nulhypothese ('er is géén autocorrelatie') zal Q_M afkomstig zijn uit een χ^2 -verdeling met $M-f$ vrijheidsgraden, waarbij f het aantal parameters van het ruismodel is. Het aantal tijdsintervallen waarover de autocorrelatie wordt beschouwd (M) hebben we op 15 gezet. Er mag dan met 95 % betrouwbaarheid worden aangenomen dat de modelresiduen autocorrelatie vertonen als geldt:

$$Q_M > \chi_{(95\%, 15-f)}^2$$

met $\chi_{(95\%, 15-f)}^2$ de waarde van de χ^2 -verdeling met een eenzijdige onderschrijdingskans van 95 % bij 15- f vrijheidsgraden.

Bij de modelverificatie is ook nagegaan of de 1^e-orde autoregressieparameter van het ruismodel (ϕ_1) niet te hoog was geschat. Als voor deze parameter namelijk een waarde nabij 1,0 is geschat, duidt dat er op dat de ruis een trend beschrijft.

Ten slotte zijn bij de modelverificatie nog 2 modellen afgekeurd, vanwege een zeer slechte pasvorm. Daarmee resteerden er resultaten van 123 grondwaterstandreeksen.

IV

BIJLAGE: AFGELEIDE STATISTISCHE RELATIE MET REALLOCATIE PER PEILFILTER

Geschatte statistische evenwichtsrelatie van de gemodelleerde grondwaterstandreeks met de reallocatie (·), evenals de standaardfout van die schatting (stft(·)). In het geval van statistische significantie (bij een tweezijdige betrouwbaarheid van 90 %) is de cel blauw gekleurd.

Toelichting overige afkortingen:

- X en Y: coördinaten Rijksdriehoekstelsel, in meter;
- Maaiv: maaiveldhoogte, in meter NAP;
- Bkf: hoogte bovenkant filter, in meter NAP;
- Okf: hoogte onderkant filter, in meter NAP;
- Wvp: watervoerend pakket;
- Mvn: afstand tot zwaartepunt winning Manderveen (Manderveen-Noord, -Midden en -Zuid), in km;
- Mhd: afstand tot zwaartepunt winning Manderheide, in km;
- WAZ: afstand tot zwaartepunt winning WAZ, in km.

Reeks	X (m)	Y (m)	Maaiv m NAP	Bkf	Okf	Wvp	Mvn	Mhd	WAZ	Δ	stft(Δ) cm
28EP0026_f1	249578	497286	22,1	-2,3	-3,3	2	1,17	3,43	2,54	-12	3
28EP0088_f1	248973	497232	20,6	15,0	14,0	1	1,75	4,03	2,62	-5	2
28EP0088_f2	248973	497232	20,6	1,4	0,4	2	1,75	4,03	2,62	-6	2
28EP9002_f1	249948	495189	23,6	19,7	18,7	1	1,96	3,59	4,66	-2	5
28EP9003_f1	249685	496264	22,8	15,8	13,8	1	1,26	3,42	3,57	-3	2
28EP9003_f2	249685	496264	22,8	-1,9	-3,9	2	1,26	3,42	3,57	-3	2
28FL0021_f1	252704	496158	36,0	33,7	32,7	1	2,17	0,98	4,94	29	19
28FL0030_f1	251103	496667	27,4	25,0	24,0	1	0,51	1,94	3,59	-16	9
28FL0079_f1	251466	492446	24,0	23,6	22,6	1	4,61	4,89	7,66	-1	10
28FL0080_f1	252147	492039	24,6	24,2	23,2	1	5,16	5,12	8,26	3	3
28FL0081_f1	252417	492585	27,0	26,2	25,2	1	4,73	4,54	7,85	8	5
28FL0085_f1	251562	491152	21,1	20,8	19,8	1	5,91	6,11	8,94	0	8
28FL0113_f1	251863	492966	26,4	25,9	24,9	1	4,19	4,28	7,29	3	6
28FL9012_f1	254742	495925	60,5	58,2	57,2	1	4,17	2,10	6,63	11	12
28FL9016_f1	253056	495823	37,0	35,1	34,1	1	2,63	1,27	5,43	-10	15
28FP0009_f1	250388	497217	24,9	-4,1	-5,1	2	0,39	2,61	2,79	-14	12
28FP0010_f2	250524	496646	25,7	-13,1	-14,1	2	0,40	2,51	3,37	-9	18
28FP0012_f1	252015	495354	30,8	-15,9	-16,9	2	2,10	2,00	5,19	8	8
28FP0015_f1	251637	495867	29,3	-9,3	-10,3	2	1,46	1,83	4,55	-9	6
28FP0016_f1	250801	497380	27,1	-9,4	-10,4	2	0,39	2,22	2,82	-4	10
28FP0025_f1	253232	493440	34,0	0,3	-0,7	2	4,36	3,66	7,45	5	6
28FP0028_f1	252821	496999	35,7	-23,9	-24,9	2	2,11	0,20	4,45	65	21
28FP0029_f1	251788	497247	30,6	28,3	27,3	1	1,11	1,22	3,52	3	9
28FP0029_f2	251788	497247	30,6	-2,7	-3,7	2	1,11	1,22	3,52	9	7
28FP0030_f1	251103	496667	27,4	-6,1	-7,1	2	0,51	1,94	3,59	-10	10
28FP0031_f1	252452	496384	33,8	24,2	23,2	1	1,85	0,89	4,61	23	13
28FP0031_f2	252452	496384	33,8	-2,9	-3,9	2	1,85	0,89	4,61	21	13
28FP0033_f1	252458	497075	33,7	24,1	23,1	1	1,75	0,54	4,12	27	9
28FP0033_f2	252458	497075	33,7	-4,0	-5,0	2	1,75	0,54	4,12	35	17
28FP0062_f2	253320	492796	33,4	25,7	24,7	2	4,95	4,30	8,05	18	46
28FP0062_f3	253320	492796	33,4	6,9	4,9	2	4,95	4,30	8,05	15	9
28FP0067_f2	253314	497399	38,4	19,8	17,8	2	2,64	0,44	4,62	38	17
28FP0069_f1	253653	496312	43,9	36,4	35,4	1	3,02	1,01	5,53	60	8
28FP0069_f2	253653	496312	43,9	28,3	26,3	1	3,02	1,01	5,53	54	29
28FP0070_f1	251234	496200	28,9	25,5	24,5	1	0,95	1,98	4,07	-17	8
28FP0070_f2	251234	496200	28,9	7,3	5,3	2	0,95	1,98	4,07	-13	8
28FP0072_f2	253602	495238	41,3	23,8	21,8	1	3,39	1,95	6,23	20	14
28FP0073_f1	251048	494971	26,3	22,6	21,6	1	2,05	2,88	5,13	4	4
28FP0073_f2	251048	494971	26,3	4,1	2,1	2	2,05	2,88	5,13	3	4
28FP0075_f1	252544	494734	30,8	26,9	25,9	1	2,91	2,40	5,99	6	6
28FP0075_f2	252544	494734	30,8	10,7	8,7	2	2,91	2,40	5,99	8	6
28FP0076_f2	253411	494521	37,1	29,6	27,6	1	3,67	2,60	6,66	39	25
28FP0077_f1	252606	494062	31,2	23,6	22,6	1	3,50	3,05	6,60	4	6
28FP0077_f2	252606	494062	31,2	11,0	9,0	2	3,50	3,05	6,60	5	6

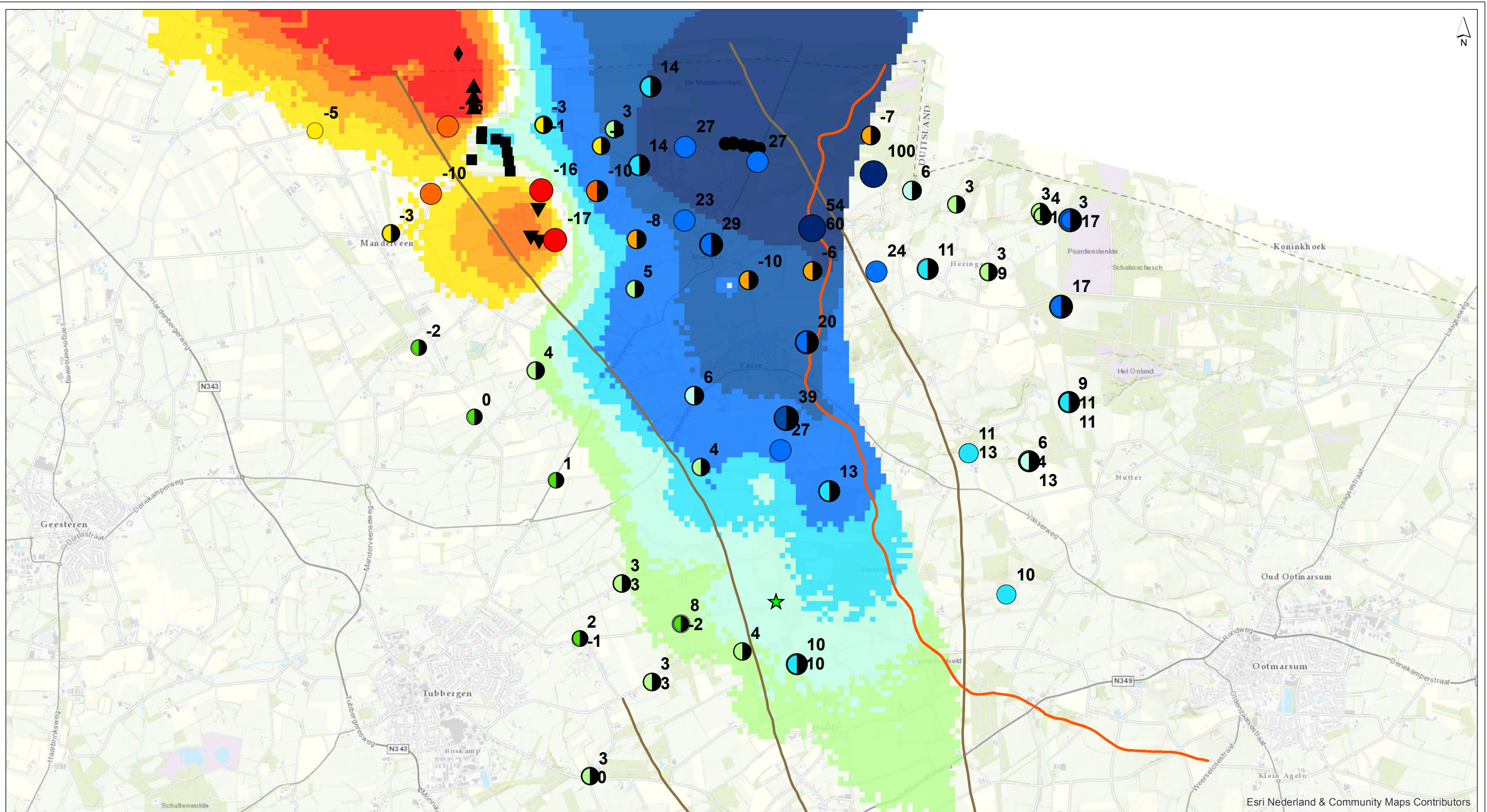
Reeks	X (m)	Y (m)	Maaiv m NAP	Bkf	Okf	Wvp	Mvn	Mhd	WAZ	Δ	stft(Δ) cm
28FP0078_f1	251241	493939	25,7	20,6	19,6	1	3,10	3,61	6,17	1	4
28FP0079_f1	251466	492447	24,0	19,3	18,3	1	4,61	4,89	7,66	2	4
28FP0079_f2	251466	492447	24,0	8,3	6,3	1	4,61	4,89	7,66	1	4
28FP0080_f1	252146	492039	24,7	21,0	20,0	1	5,16	5,12	8,26	3	2
28FP0080_f2	252146	492039	24,7	7,0	5,0	1	5,16	5,12	8,26	2	2
28FP0081_f1	252417	492586	27,1	22,6	21,6	1	4,73	4,54	7,85	-2	3
28FP0082_f1	253986	492562	37,6	25,3	24,3	2	5,52	4,63	8,60	14	13
28FP0082_f2	253986	492562	37,6	17,3	15,3	2	5,52	4,63	8,60	17	17
28FP0083_f2	254561	492421	42,1	11,9	9,9	2	5,98	4,92	9,03	12	12
28FP0084_f2	255484	492862	54,1	40,0	38,0	1	6,32	4,90	9,26	10	6
28FP0085_f1	251562	491152	20,9	17,3	16,3	1	5,91	6,11	8,94	3	6
28FP0085_f2	251562	491152	20,9	5,2	3,2	2	5,91	6,11	8,94	5	6
28FP0089_f2	254791	491269	40,0	15,3	13,3	2	7,03	6,09	10,12	21	22
28FP0091_f2	253301	490941	24,7	5,0	3,0	2	6,59	6,16	9,71	3	2
28FP0094_f1	250222	497268	24,6	16,9	15,9	1	0,56	2,78	2,69	-15	8
28FP0094_f2	250222	497268	24,6	2,0	0,0	2	0,56	2,78	2,69	-19	12
28FP0097_f1	251666	497087	30,5	22,5	21,5	1	0,96	1,33	3,56	-5	12
28FP0097_f2	251666	497087	30,5	7,4	5,4	2	0,96	1,33	3,56	1	11
28FP0100_f1	250061	496635	23,4	15,9	14,9	1	0,74	2,97	3,26	-10	5
28FP0100_f2	250061	496635	23,4	2,8	0,8	2	0,74	2,97	3,26	-7	6
28FP0101_f1	251627	496660	30,4	22,4	21,4	1	0,98	1,44	3,88	-10	11
28FP0101_f2	251627	496660	30,4	8,0	7,0	2	0,98	1,44	3,88	-1	9
28FP0102_f1	252023	496906	31,9	23,9	22,9	1	1,32	0,99	3,93	14	15
28FP0102_f2	252023	496906	31,9	9,4	7,4	2	1,32	0,99	3,93	11	10
28FP0105_f1	252885	496595	36,4	28,3	26,3	2	2,21	0,51	4,76	14	14
28FP0105_f2	252885	496595	36,4	13,2	11,2	2	2,21	0,51	4,76	17	13
28FP0109_f1	252834	493408	32,3	25,5	24,5	2	4,17	3,68	7,28	0	6
28FP0109_f2	252834	493408	32,3	7,5	5,5	2	4,17	3,68	7,28	7	5
28FP0110_f1	253815	493834	39,1	27,5	26,5	1	4,43	3,36	7,45	13	9
28FP0110_f2	253815	493834	39,1	16,4	14,4	2	4,43	3,36	7,45	9	8
28FP0113_f1	251862	492967	26,5	18,8	17,8	1	4,19	4,28	7,29	3	5
28FP0114_f1	252998	492326	27,8	20,0	19,0	1	5,20	4,76	8,32	4	4
28FP0114_f2	252998	492326	27,8	13,0	11,0	2	5,20	4,76	8,32	3	3
28FP0115_f1	253509	492203	31,2	28,8	27,8	1	5,55	4,91	8,66	10	18
28FP0115_f2	253509	492203	31,2	23,8	22,8	1	5,55	4,91	8,66	10	13
28FP0115_f3	253509	492203	31,2	9,2	7,2	2	5,55	4,91	8,66	5	4
28FP0120_f2	254091	493125	39,9	14,3	12,3	2	5,14	4,11	8,19	12	9
28FP0131_f1	252129	497648	32,1	15,5	14,5	2	1,56	1,03	3,50	14	13
28FP0132_f1	253348	497482	38,6	16,1	15,1	2	2,68	0,53	4,60	29	24
28FP0132_f2	253348	497482	38,6	-7,0	-8,0	2	2,68	0,53	4,60	42	25
28FP0133_f1	253398	496900	40,2	14,5	13,5	2	2,69	0,44	4,97	35	13
28FP0133_f2	253398	496900	40,2	-6,0	-7,0	2	2,69	0,44	4,97	58	22
28FP0134_f1	253648	496316	43,7	13,0	12,0	2	3,02	1,01	5,52	45	19
28FP0135_f1	250475	494538	23,0	15,9	14,9	1	2,47	3,59	5,39	0	3

Reeks	X (m)	Y (m)	Maaiv m NAP	Bkf	Okf	Wvp	Mvn	Mhd	WAZ	Δ	stft(Δ) cm
28FP0135_f2	250475	494538	23,0	5,8	4,8	2	2,47	3,59	5,39	3	3
28FP0136_f1	253355	494219	36,6	18,1	17,1	1	3,84	2,89	6,87	27	14
28FP0137_f1	253817	494827	43,9	13,4	12,4	2	3,79	2,40	6,68	12	9
28FP0176_f1	255314	495900	67,5	59,4	57,4	1	4,74	2,60	7,11	9	5
28FP0176_f2	255314	495900	67,5	29,4	27,4	1	4,74	2,60	7,11	3	15
28FP0177_f1	256085	496388	67,9	64,5	62,5	1	5,41	3,16	7,53	3	15
28FP0177_f3	256085	496388	67,9	35,5	33,5	1	5,41	3,16	7,53	17	19
28FP0206_f1	251983	495740	31,1	22,7	21,7	1	1,79	1,69	4,84	5	14
28FP0206_f2	251983	495740	31,1	2,5	1,5	2	1,79	1,69	4,84	8	8
28FP0208_f1	255128	494193	52,0	50,2	48,2	1	5,23	3,59	8,04	13	5
28FP0208_f2	255128	494193	52,0	43,5	41,5	1	5,23	3,59	8,04	11	4
28FP0209_f1	255695	494117	61,8	60,6	58,6	1	5,76	4,01	8,51	13	10
28FP0209_f2	255695	494117	61,8	38,5	36,5	1	5,76	4,01	8,51	4	7
28FP0209_f3	255695	494117	61,8	30,5	28,5	1	5,76	4,01	8,51	6	8
28FP0210_f1	256073	494672	68,3	64,0	62,0	1	5,85	3,91	8,44	9	11
28FP0210_f2	256073	494672	68,3	52,0	50,0	1	5,85	3,91	8,44	11	11
28FP0210_f4	256073	494672	68,3	34,9	32,9	1	5,85	3,91	8,44	11	10
28FP0211_f2	255998	495573	75,5	61,5	59,5	1	5,48	3,36	7,86	17	20
28FP0214_f1	252567	495878	35,2	22,1	21,1	2	2,17	1,29	5,07	17	11
28FP0214_f2	252567	495878	35,2	-3,0	-4,0	2	2,17	1,29	5,07	20	9
28FP0273_f1	251124	497288	31,8	21,7	19,7	1	0,51	1,89	3,07	-1	7
28FP0273_f2	251124	497288	31,8	16,7	14,7	1	0,51	1,89	3,07	-3	9
28FP0273_f3	251124	497288	31,8	5,2	3,2	2	0,51	1,89	3,07	0	10
28FP9002_f1	252130	497647	32,2	26,5	25,5	1	1,56	1,03	3,50	14	12
28FP9004_f1	253138	496938	37,8	29,9	28,9	1	2,43	0,20	4,74	27	15
28FP9007_f1	254593	496668	60,0	56,3	55,3	1	3,90	1,65	6,09	6	7
28FP9008_f2	255013	496537	56,0	53,0	51,0	1	4,33	2,09	6,52	3	3
28FP9009_f1	253658	495907	39,9	34,2	33,2	1	3,14	1,35	5,80	-6	12
28FP9010_f1	254258	495903	56,2	52,3	51,3	1	3,71	1,73	6,26	24	11
28FP9014_f1	254232	496821	58,7	54,1	53,1	1	3,53	1,26	5,70	100	56
B28F0251_f3	255799	496466	65,6	64,6	64,3	1	5,12	2,87	7,24	3	4
B28F0436_f1	252001	496208	31,6	28,7	28,2	1	1,51	1,33	4,46	-8	12
B28F0442_f1	255824	496427	65,5	65,5	65,0	1	5,15	2,90	7,28	1	3
B28F0442_f2	255824	496427	65,5	59,7	59,2	1	5,15	2,90	7,28	4	5
B28F0463_f1	254205	497187	51,6	50,3	49,8	1	3,50	1,21	5,50	-7	5

V

BIJLAGE: KAARTEN GESCHATTE RELATIES MET REALLOCATIE MANDER

De peilfilters zijn ingedeeld op basis van het voorkomen van het filter binnen een eenheid van een formatie. Voor de indeling naar watervoerende pakketten in de slenk en het gebied ten westen van de slenk is de keileem (Laagpakket van Gieten) als grens gehanteerd tussen het eerste en het tweede watervoerende pakket. Binnen de gestuwde formaties (drc) is een onderscheid gemaakt naar de diepte van het filter, waarbij een filter met de onderkant op minder dan 20 m diepte is ingedeeld bij het eerste watervoerende pakket en diepere filters bij het tweede watervoerende pakket. Hiermee wordt voor de stuwwal een onderscheid gemaakt in ondiepe en diepere systemen.



Gemeten verschil stijghoogte 1e WVP [cm]

- Dit symbool geeft aan dat het berekende verschil niet significant is
- 30 - -15 [droger]
- 15 - -10
- 10 - -5
- 5 - -2,5
- 2,5 - 2,5

- 2,5 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 30
- 30 - 50
- 50 - 110 [natter]

- Winveld**
- Manderheide
 - Manderveen-Mid
 - Manderveen-Noord
 - Manderveen-Zuid
 - Vasserheide
 - WAZ
 - Breuklijn
 - Stuwwal

- Effecten MER verandering in cm**
- 70 - -15
 - 15 - -10
 - 10 - -5
 - 5 - -2,5
 - 2,5 - 2,5
 - 2,5 - 5
 - 5 - 10

- 10 - 15
- 15 - 30
- 30 - 50
- 50 - 100
- 100 - 200

drawn: P.M. van Dijk MSc
 verified: drs. A.C. van Vugt
 approved: drs. A.C. van Vugt
 version: 1
 date: 05-02-2018
 drawing no: 2

page size: A3 landscape
 scale: 1:35000
 0 500 1000 1500 m

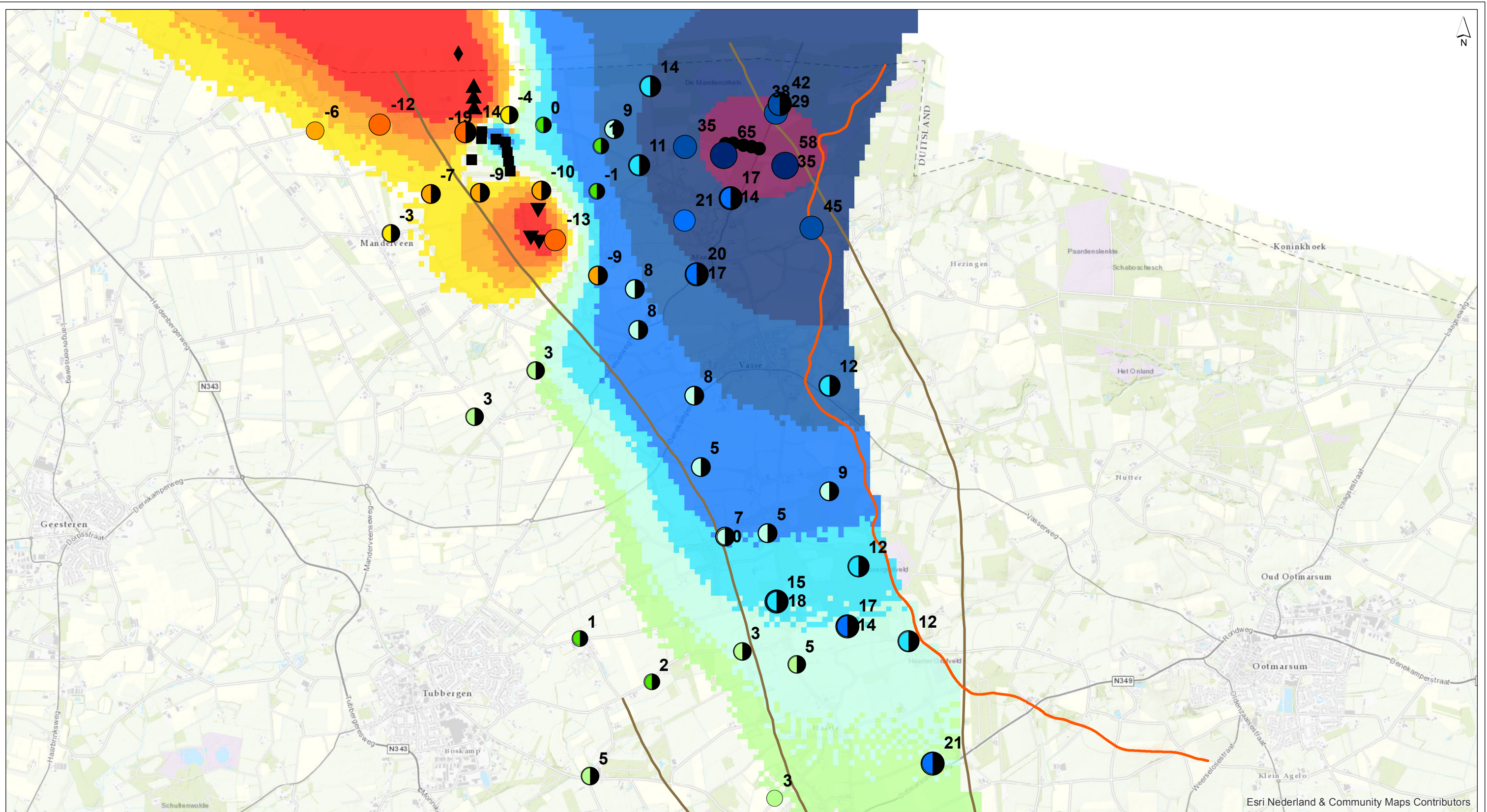
Effect reallocatie grondwaterwinning Mander

**- Verschil grondwaterstand - 1e WVP
 - Verandering grondwaterstand MER (2005)**







client: Vitens
 project: Eindevaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander
 project code: 103691









D:\Users\djmr\Desktop\Kleine projecten\Overig\103691_Mander\GIS\02_Verschil_gw_Mander.mxd 5-2-2018 12:25:39















Gemeten verschil stijghoogte 2e WVP [cm]

-  Dit symbool geeft aan dat het berekende verschil niet significant is
-  -30 - -15 [droger]
-  -15 - -10
-  -10 - -5
-  -5 - -2,5
-  -2,5 - 2,5

-  2,5 - 5
-  5 - 10
-  10 - 15
-  15 - 30
-  30 - 50
-  50 - 110 [natter]


- Winveld**
-  Manderheide
 -  Manderveen-Mid
 -  Manderveen-Noord
 -  Manderveen-Zuid
 -  Vasserheide
 -  WAZ
 -  Breuklijn
 -  Stuwwal

- Effecten MER verandering in cm**
-  -70 - -15
 -  -15 - -10
 -  -10 - -5
 -  -5 - -2,5
 -  -2,5 - 2,5
 -  2,5 - 5
 -  5 - 10

- Effecten MER**
-  10 - 15
 -  15 - 30
 -  30 - 50
 -  50 - 100
 -  100 - 200

drawn: P.M. van Dijk MSc
 verified: drs. A.C. van Vugt
 approved: drs. A.C. van Vugt
 version: 1
 date: 05-02-2018
 drawing no: 1

page size: A3 landscape
 scale: 1:35000



Effect reallocatie grondwaterwinning Mander

- Verschil stijghoogte - 2e WVP
- Verandering stijghoogte MER (2005)

client: Vitens
 project: Eindevaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander
 project code: 103691



VI

BIJLAGE: KENMERKEN RELATIE GRONDWATERSTAND EN NEERSLAGOVERSCHOT

wvp: watervoerend pakket

ev.rel.: geschatte statistische evenwichtsrelatie van de gemodelleerde grondwaterstandreeks met het potentieel neerslagoverschot (m/(mm/d))

stft: de standaardfout van die schatting (m/(mm/d))

□**Gws:** verschil (m) tussen de gemiddelde grondwaterstand van de periode ná de reallocatie (november 2010 tot reekseind) en die van de periode vóór de reallocatie (januari 2004 tot en met april 2009)

□**PNOc:** idem, maar voor het gemiddelde van de met het tijdreeksmodel geschatte PNO-component

□**realloc:** idem, maar voor het gemiddelde van de met het tijdreeksmodel geschatte reallocatie-component

N.B. Bij Box-Jenkins-tijdreeksmodellering vormt de responstijd van een invoerreeks geen modeluitvoer (de responstijd is de tijd die het duurt tot het effect van een verandering van die invoerreeks op de grondwaterstand is uitgewerkt).

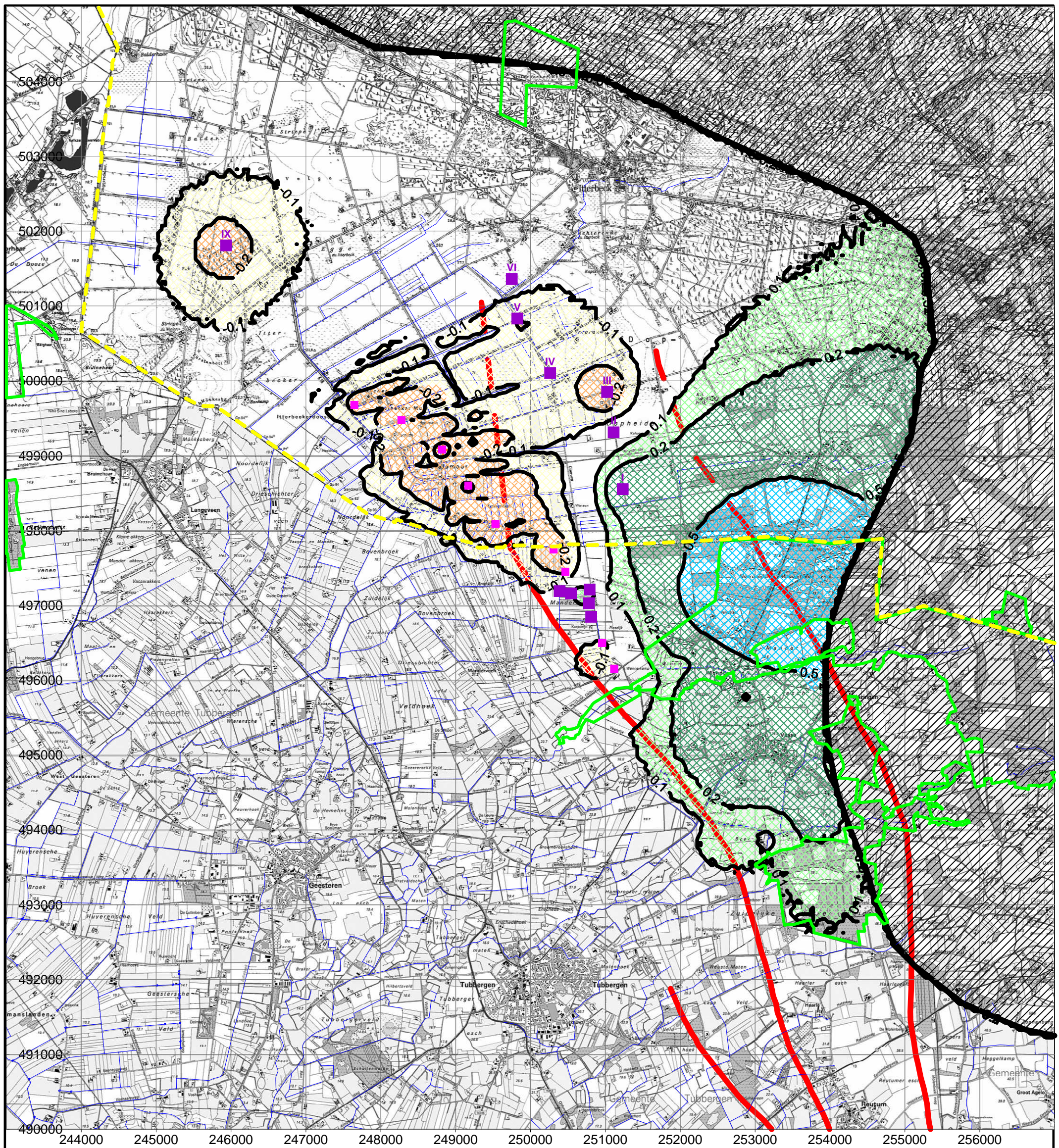
Reeks	wvp	PNO		Verschilwaarden		
		ev.rel. (m/(mm/d))	stft	ΔG_{ws} (m)	ΔPNO_c (m)	$\Delta realloc$ (m)
28EP0026_f1	2	0,38	0,10	-0,15	-0,04	-0,12
28EP0088_f1	1	0,16	0,01	-0,08	-0,03	-0,05
28EP0088_f2	2	0,16	0,01	-0,08	-0,02	-0,06
28EP9002_f1	1	0,46	0,06	-0,07	-0,06	-0,02
28EP9003_f1	1	0,31	0,02	-0,06	-0,04	-0,03
28EP9003_f2	2	0,29	0,02	-0,06	-0,04	-0,03
28FL0021_f1	1	0,60	0,33	0,14	-0,05	0,28
28FL0030_f1	1	0,66	0,34	-0,21	-0,06	-0,16
28FL0079_f1	1	0,49	0,11	-0,14	-0,06	-0,01
28FL0080_f1	1	0,12	0,02	0,02	-0,02	0,02
28FL0081_f1	1	0,37	0,06	0,01	-0,05	0,08
28FL0085_f1	1	0,44	0,13	-0,01	-0,05	0,00
28FL0113_f1	1	0,48	0,08	-0,02	-0,06	0,03
28FL9012_f1	1	1,05	0,29	0,02	-0,09	0,11
28FL9016_f1	1	0,66	0,40	-0,23	-0,06	-0,10
28FP0009_f1	2	0,95	0,24	-0,29	-0,06	-0,14
28FP0010_f2	2	0,64	0,24	-0,19	-0,06	-0,08
28FP0012_f1	2	0,86	0,20	0,00	-0,06	0,08
28FP0015_f1	2	0,47	0,16	-0,15	-0,04	-0,09
28FP0016_f1	2	0,97	0,23	-0,20	-0,06	-0,04
28FP0025_f1	2	0,75	0,17	0,00	-0,05	0,05
28FP0028_f1	2	0,49	0,36	0,53	-0,03	0,65
28FP0029_f1	1	0,84	0,25	-0,03	-0,06	0,03
28FP0029_f2	2	0,98	0,27	0,00	-0,06	0,09
28FP0030_f1	2	0,89	0,28	-0,16	-0,06	-0,10
28FP0031_f1	1	1,03	0,23	0,09	-0,06	0,23
28FP0031_f2	2	0,70	0,16	0,09	-0,05	0,21
28FP0033_f1	1	0,88	0,28	0,19	-0,04	0,27
28FP0033_f2	2	0,77	0,20	0,31	-0,04	0,35
28FP0062_f2	2	1,54	0,77	0,06	-0,10	0,18
28FP0062_f3	2	1,21	0,35	0,01	-0,08	0,15
28FP0067_f2	2	1,07	0,42	0,13	-0,04	0,38
28FP0069_f1	1	0,29	0,15	0,58	-0,03	0,60
28FP0069_f2	1	0,51	0,18	0,31	-0,01	0,54
28FP0070_f1	1	0,55	0,16	-0,21	-0,06	-0,17
28FP0070_f2	2	0,57	0,16	-0,19	-0,05	-0,13
28FP0072_f2	1	0,81	0,14	0,07	-0,03	0,20
28FP0073_f1	1	0,39	0,05	-0,01	-0,05	0,04
28FP0073_f2	2	0,38	0,05	-0,01	-0,05	0,03
28FP0075_f1	1	0,87	0,19	-0,01	-0,07	0,06
28FP0075_f2	2	0,87	0,20	0,01	-0,07	0,08
28FP0076_f2	1	2,09	0,70	0,21	-0,13	0,39
28FP0077_f1	1	0,75	0,20	-0,02	-0,07	0,04
28FP0077_f2	2	0,75	0,16	-0,02	-0,06	0,05

Reeks	wvp	PNO		Verschilwaarden		
		ev.rel. (m/(mm/d))	stft	ΔG_{ws} (m)	ΔPNO_c (m)	$\Delta realloc$ (m)
28FP0078_f1	1	0,32	0,04	-0,03	-0,05	0,01
28FP0079_f1	1	0,33	0,04	-0,02	-0,05	0,02
28FP0079_f2	1	0,29	0,03	-0,03	-0,04	0,01
28FP0080_f1	1	0,16	0,02	0,01	-0,02	0,03
28FP0080_f2	1	0,18	0,02	0,00	-0,03	0,02
28FP0081_f1	1	0,34	0,05	-0,06	-0,04	-0,02
28FP0082_f1	2	0,94	0,17	0,01	-0,03	0,14
28FP0082_f2	2	0,90	0,18	0,03	-0,03	0,17
28FP0083_f2	2	0,75	0,11	-0,01	-0,03	0,12
28FP0084_f2	1	0,56	0,12	0,06	-0,05	0,10
28FP0085_f1	1	0,45	0,08	-0,01	-0,05	0,03
28FP0085_f2	2	0,42	0,07	0,01	-0,05	0,05
28FP0089_f2	2	1,96	0,36	0,04	-0,07	0,21
28FP0091_f2	2	0,34	0,06	0,00	-0,03	0,03
28FP0094_f1	1	0,55	0,10	-0,23	-0,05	-0,15
28FP0094_f2	2	0,51	0,12	-0,26	-0,05	-0,19
28FP0097_f1	1	0,72	0,21	-0,13	-0,06	-0,05
28FP0097_f2	2	0,67	0,18	-0,07	-0,06	0,01
28FP0100_f1	1	0,52	0,16	-0,15	-0,05	-0,10
28FP0100_f2	2	0,56	0,18	-0,12	-0,05	-0,07
28FP0101_f1	1	0,55	0,13	-0,17	-0,05	-0,10
28FP0101_f2	2	0,94	0,23	-0,09	-0,07	-0,01
28FP0102_f1	1	1,03	0,46	0,00	-0,07	0,14
28FP0102_f2	2	0,91	0,23	0,02	-0,06	0,11
28FP0105_f1	2	1,00	0,19	-0,07	-0,05	0,14
28FP0105_f2	2	0,92	0,18	-0,01	-0,04	0,17
28FP0109_f1	2	0,62	0,18	-0,05	-0,06	0,00
28FP0109_f2	2	0,78	0,14	0,00	-0,06	0,07
28FP0110_f1	1	0,98	0,14	0,02	-0,05	0,13
28FP0110_f2	2	0,99	0,25	0,00	-0,06	0,09
28FP0113_f1	1	0,36	0,05	-0,02	-0,05	0,03
28FP0114_f1	1	0,37	0,07	0,00	-0,04	0,04
28FP0114_f2	2	0,48	0,10	-0,01	-0,04	0,03
28FP0115_f1	1	1,39	0,83	0,04	-0,11	0,10
28FP0115_f2	1	1,30	0,48	0,05	-0,10	0,10
28FP0115_f3	2	0,75	0,11	-0,01	-0,05	0,05
28FP0120_f2	2	1,16	0,26	0,02	-0,06	0,12
28FP0131_f1	2	0,94	0,23	0,02	-0,05	0,14
28FP0132_f1	2	0,65	0,15	0,05	-0,02	0,29
28FP0132_f2	2	0,53	0,19	0,24	-0,03	0,42
28FP0133_f1	2	0,84	0,18	0,05	-0,03	0,35
28FP0133_f2	2	0,44	0,30	0,44	-0,03	0,58
28FP0134_f1	2	0,59	0,17	0,31	-0,04	0,45
28FP0135_f1	1	0,15	0,02	-0,02	-0,02	0,00

Reeks	wvp	PNO		Verschilwaarden		
		ev.rel. (m/(mm/d))	stft	ΔG_{ws} (m)	ΔPNO_c (m)	$\Delta realloc$ (m)
28FP0135_f2	2	0,17	0,02	0,00	-0,03	0,03
28FP0136_f1	1	1,71	0,28	0,12	-0,08	0,27
28FP0137_f1	2	1,00	0,29	0,03	-0,06	0,12
28FP0176_f1	1	0,18	0,03	0,07	-0,03	0,09
28FP0176_f2	1	1,46	0,49	-0,09	-0,10	0,03
28FP0177_f1	1	0,68	0,13	-0,11	-0,04	0,03
28FP0177_f3	1	1,14	0,21	-0,12	-0,04	0,17
28FP0206_f1	1	0,95	0,34	-0,04	-0,07	0,05
28FP0206_f2	2	0,76	0,28	0,02	-0,06	0,08
28FP0208_f1	1	0,31	0,07	0,11	-0,02	0,13
28FP0208_f2	1	0,26	0,05	0,10	-0,02	0,11
28FP0209_f1	1	1,05	0,26	0,04	-0,09	0,13
28FP0209_f2	1	0,94	0,26	-0,02	-0,07	0,04
28FP0209_f3	1	0,98	0,30	0,00	-0,07	0,06
28FP0210_f1	1	1,21	0,38	0,01	-0,09	0,09
28FP0210_f2	1	1,20	0,38	0,03	-0,09	0,11
28FP0210_f4	1	0,77	0,18	0,03	-0,06	0,11
28FP0211_f2	1	0,88	0,22	0,03	-0,03	0,17
28FP0214_f1	2	0,93	0,22	0,03	-0,06	0,17
28FP0214_f2	2	0,85	0,20	0,06	-0,05	0,20
28FP0273_f1	1	1,10	0,21	-0,10	-0,07	-0,01
28FP0273_f2	1	1,14	0,21	-0,18	-0,07	-0,03
28FP0273_f3	2	1,06	0,23	-0,17	-0,07	0,00
28FP9002_f1	1	1,17	0,40	-0,01	-0,07	0,14
28FP9004_f1	1	0,80	0,49	0,04	-0,03	0,27
28FP9007_f1	1	0,70	0,23	-0,01	-0,06	0,06
28FP9008_f2	1	0,35	0,05	-0,01	-0,04	0,03
28FP9009_f1	1	0,73	0,19	-0,15	-0,04	-0,06
28FP9010_f1	1	0,64	0,18	0,15	-0,07	0,24
28FP9014_f1	1	1,61	0,21	0,77	-0,19	1,00
B28F0251_f3	1	0,46	0,15	0,00	-0,03	0,03
B28F0436_f1	1	0,74	0,30	-0,14	-0,05	-0,08
B28F0442_f1	1	0,35	0,10	-0,03	-0,03	0,01
B28F0442_f2	1	0,70	0,18	-0,01	-0,04	0,04
B28F0463_f1	1	0,63	0,16	-0,11	-0,04	-0,07

VII

BIJLAGE: BEREKEND EFFECT IN MER



Legenda:

- 1) Derzeitige Brunnen 2) Neue Brunnen
 1) Bestaande putten 2) nieuwe putten
- Änderung der Grundwasserstände/
 -potenziale [m]. Negativ: Absenkungen
 Positiv: Erhöhungen
- Veränderung Grundwasserstand/
 stighoogte [m] Negatief: verlagingen.
 Positief: verhogingen
- FFH-Gebiet
 Habitatrichtlijngebied
- Gewässer
 Waterlopen
- Störungslijn
 Breuklijn
- Begrenzung Stauchzone
 Begrenzung Stuwwal

Beschrijving modelberekening:

Reallocatie alternatief
 Referentie: Winning 1999
 Periode en meteorologie: toekomst / 1989-1997
 Grondwaterwinning:
 - werkelijke winning toekomst
 - Vitens: 3,0 miljoen m³/jaar
 - WAZ: 6,0 miljoen m³/jaar

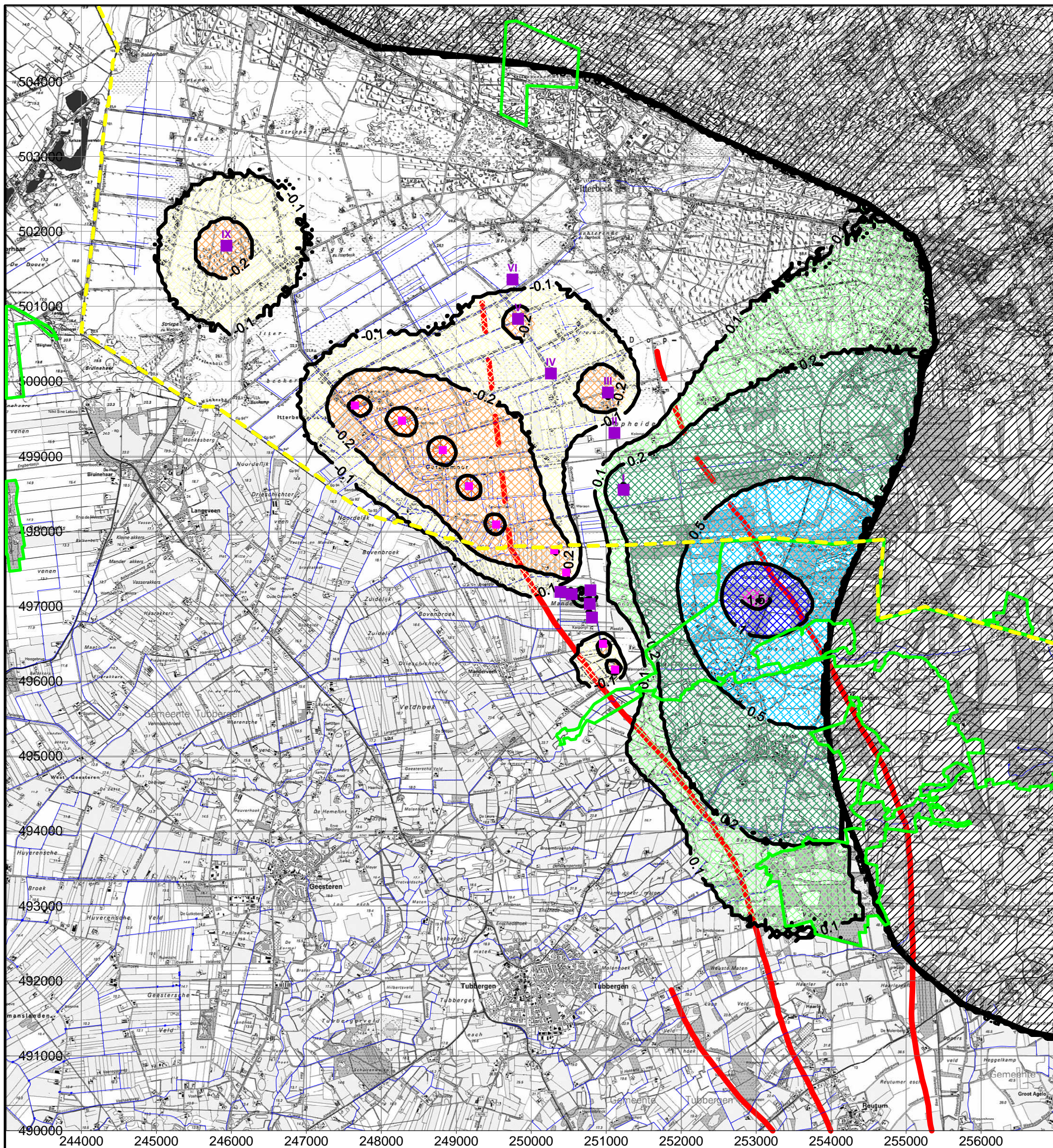
**Bijlage 3.1: Reallocatie Alternatief
Veranderingen van de gemiddelde grondwaterstand**

Project: MER Drinkwatervoorziening Noordoost-Twente (Fase 2: Inrichting)
 Opdrachtgever: Vitens Overijssel NV

Kaartnr.: Bijlage 3
 Datum: Juni 2004
 Versie: 1

Auteur: R.G.J. Veler
 Dossiernr.: W8064-01-001
 Filenaam: B3_x - Eff_alt1_v02.srf





Legenda:

- 1) Derzeitige Brunnen 2) Neue Brunnen
 1) Bestaande putten 2) nieuwe putten
- Änderung der Grundwasserstände/
 -potenziale [m]. Negativ: Absenkungen
 Positiv: Erhöhungen
- Veränderung Grundwasserstand/
 stijghoogte [m] Negatief: verlagingen.
 Positief: verhogingen
- FFH-Gebiet
 Habitatrichtlijngebied
- Gewässer
 Waterlopen
- Störungslinie
 Breuklijn
- Begrenzung Stauchzone
 Begrenzung Stuwwal

Beschrijving modelberekening:

Reallocatie alternatief
 Referentie: Winning 1999
 Periode en meteorologie: toekomst / 1989-1997
 Grondwaterwinning:
 - werkelijke winning toekomst
 - Vitens: 3,0 miljoen m³/jaar
 - WAZ: 6,0 miljoen m³/jaar

**Bijlage 3.4: Reallocatie Alternatief
Veranderingen van de gemiddelde stijghoogte bepompt pakket**

Project: MER Drinkwatervoorziening Noordoost-Twente (Fase 2: Inrichting)
 Opdrachtgever: Vitens Overijssel NV

Kaartnr.: Bijlage 3
 Datum: Juni 2004
 Versie: 1

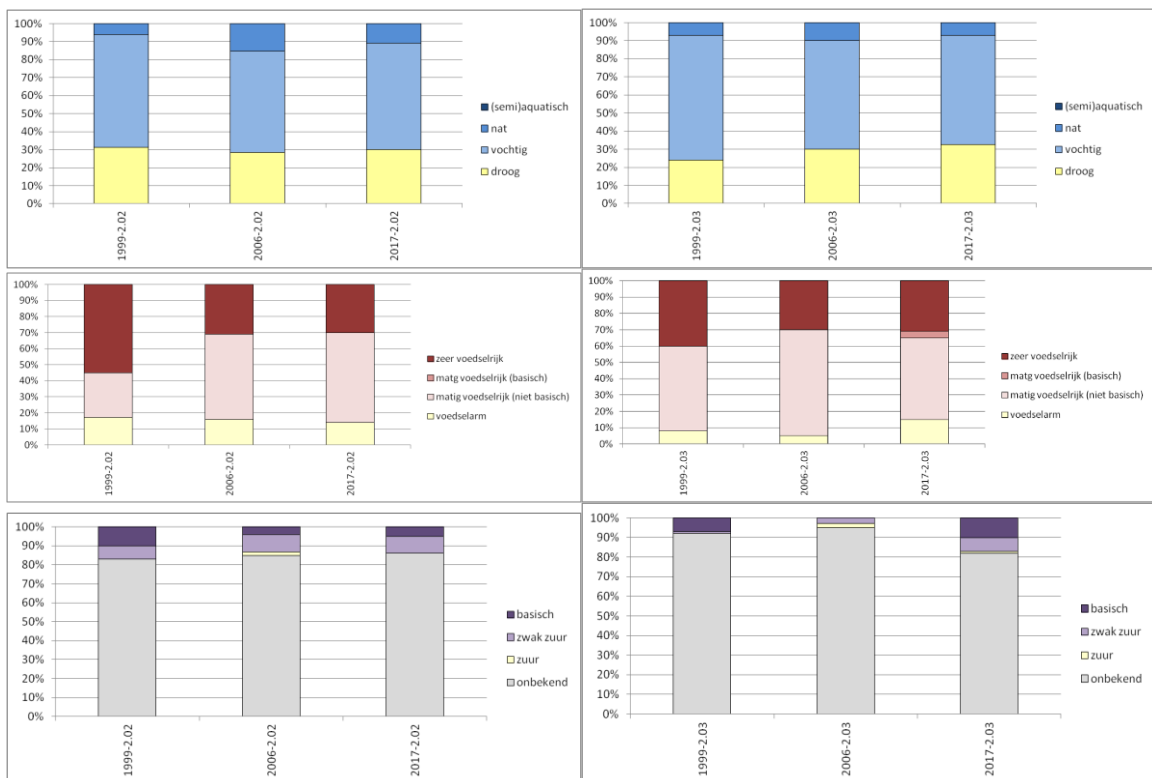
Auteur: R.G.J. Veler
 Dossiernr.: W8064-01-001
 Filenaam: B3_x - Eff_alt1_v02.srf

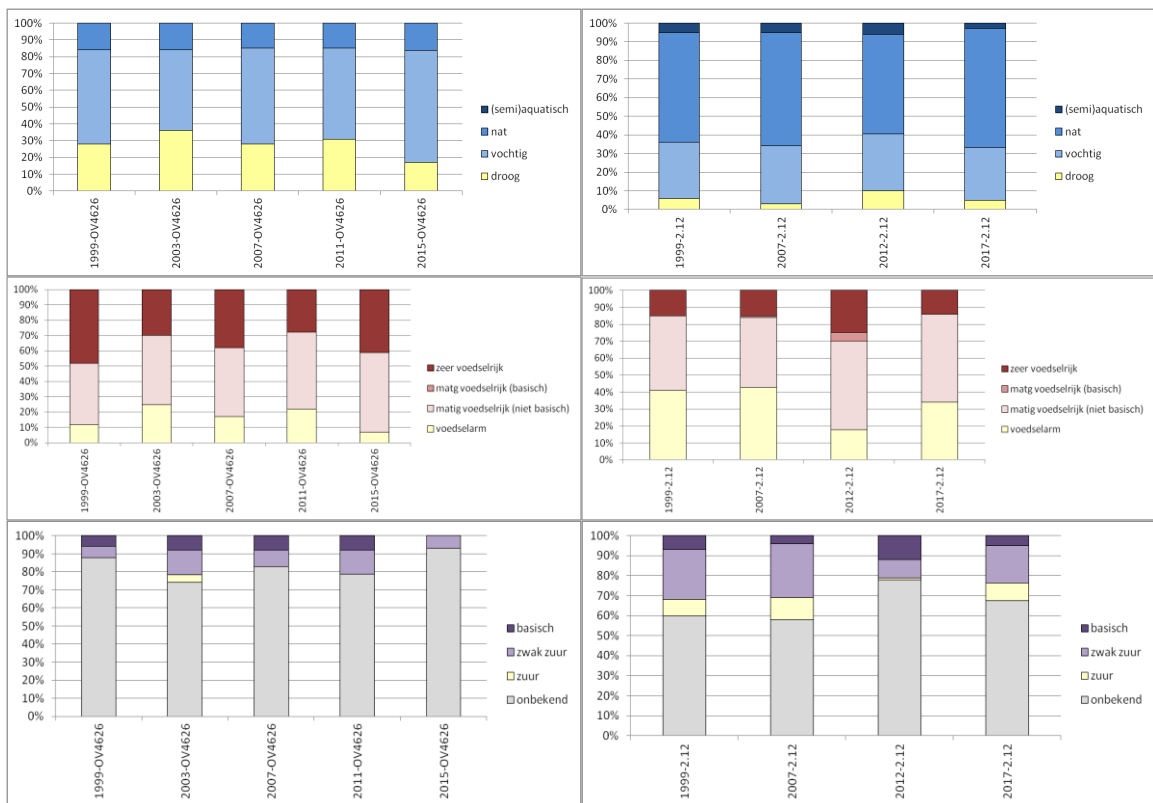
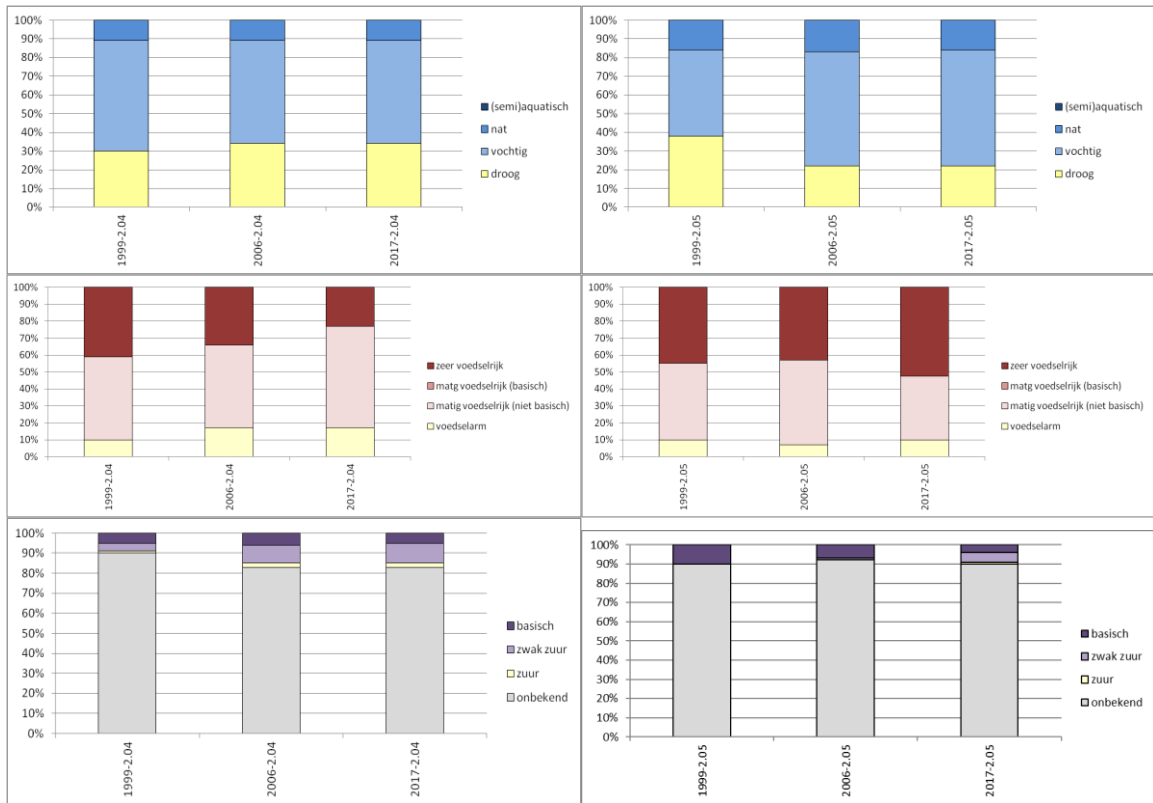


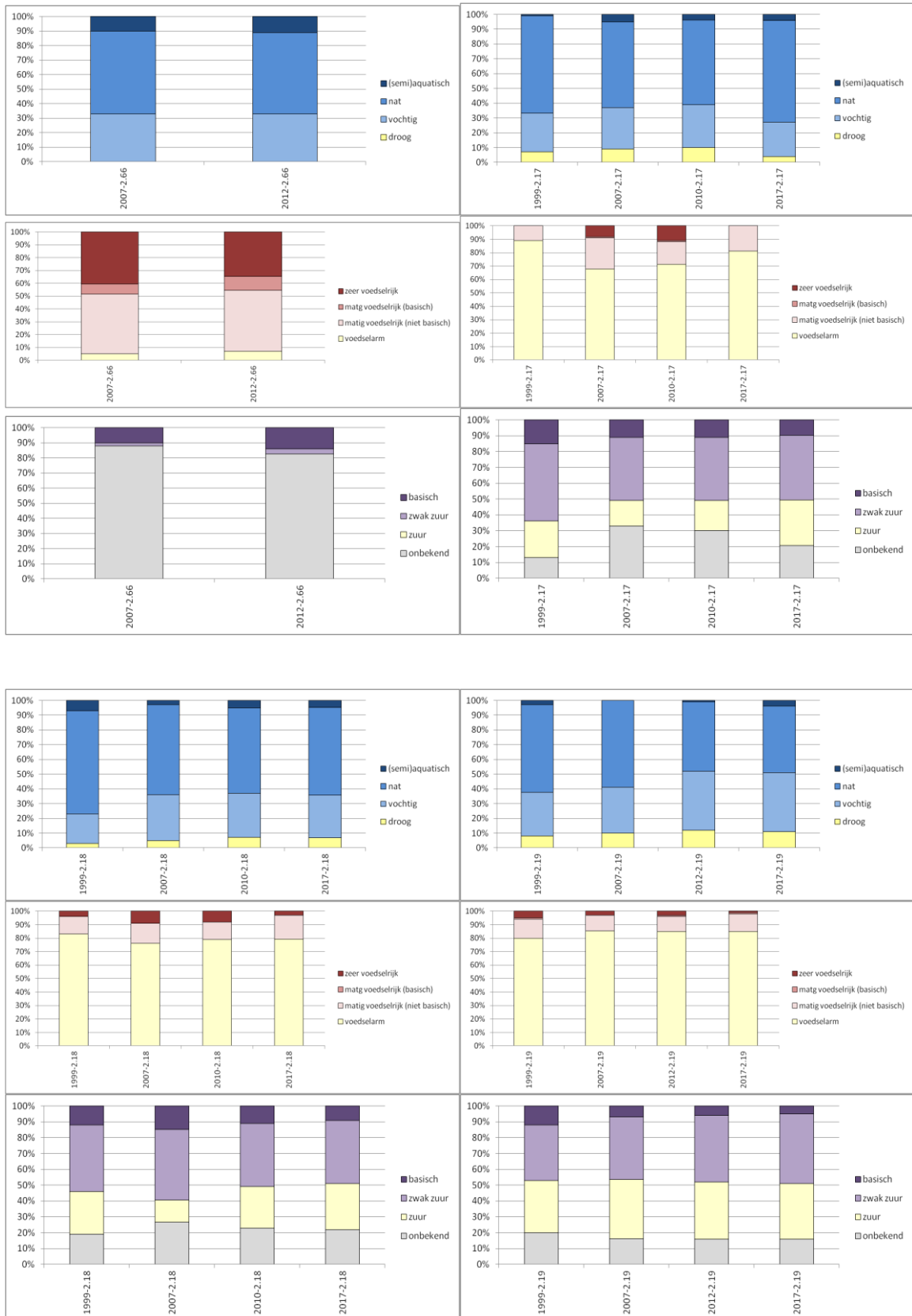
VIII

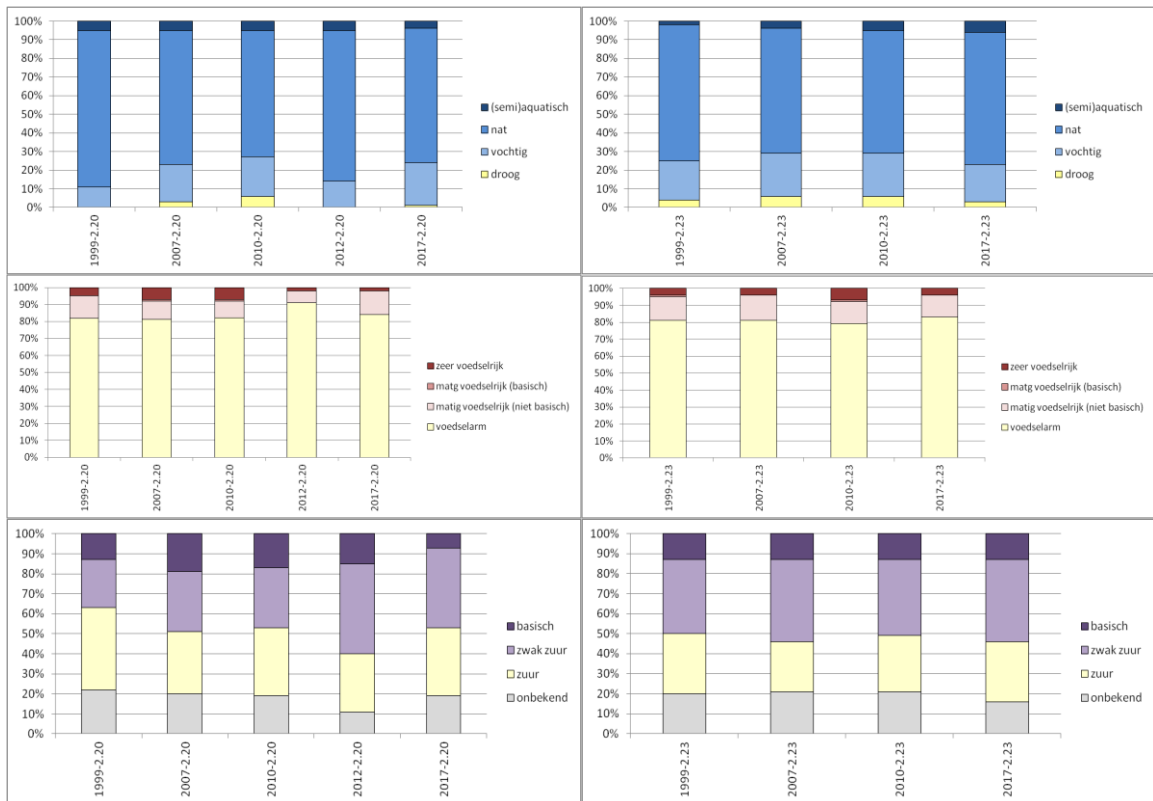
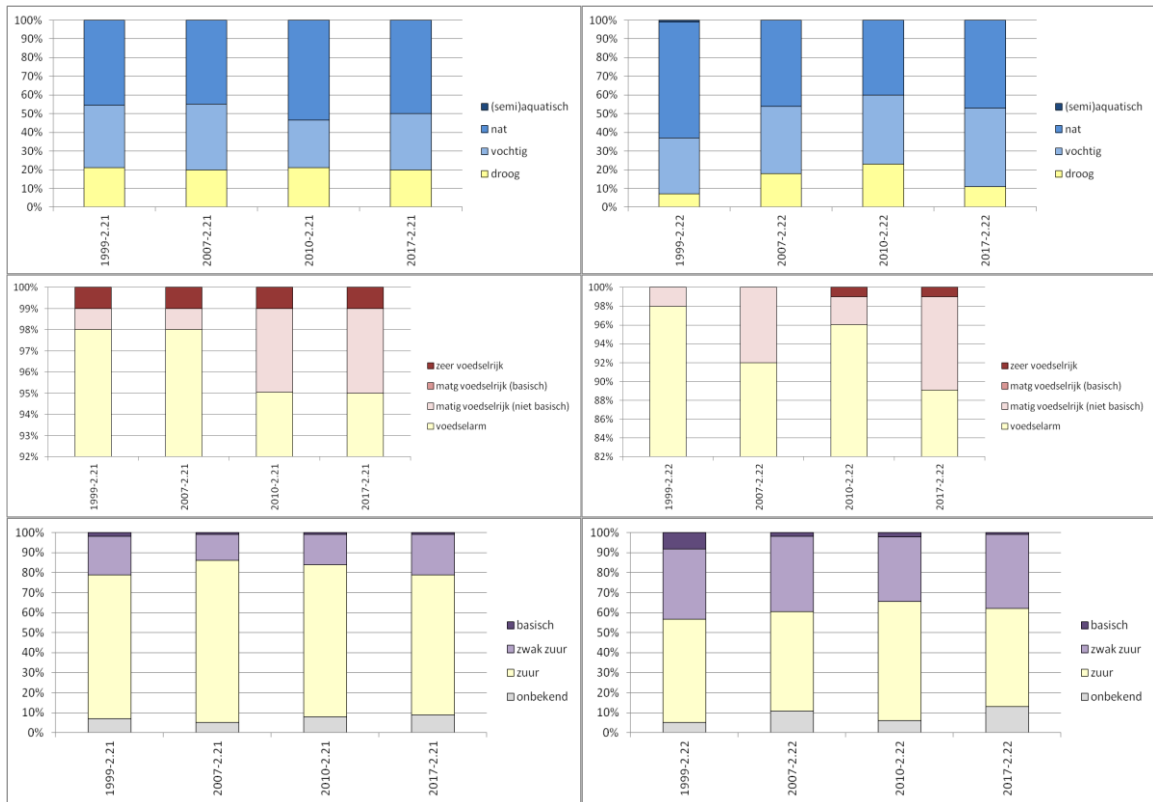
BIJLAGE: MILIEU INDICATIE PQ'S VOOR VOCHTTOESTAND, VOEDSELRIJKDOM EN ZUURGRAAD

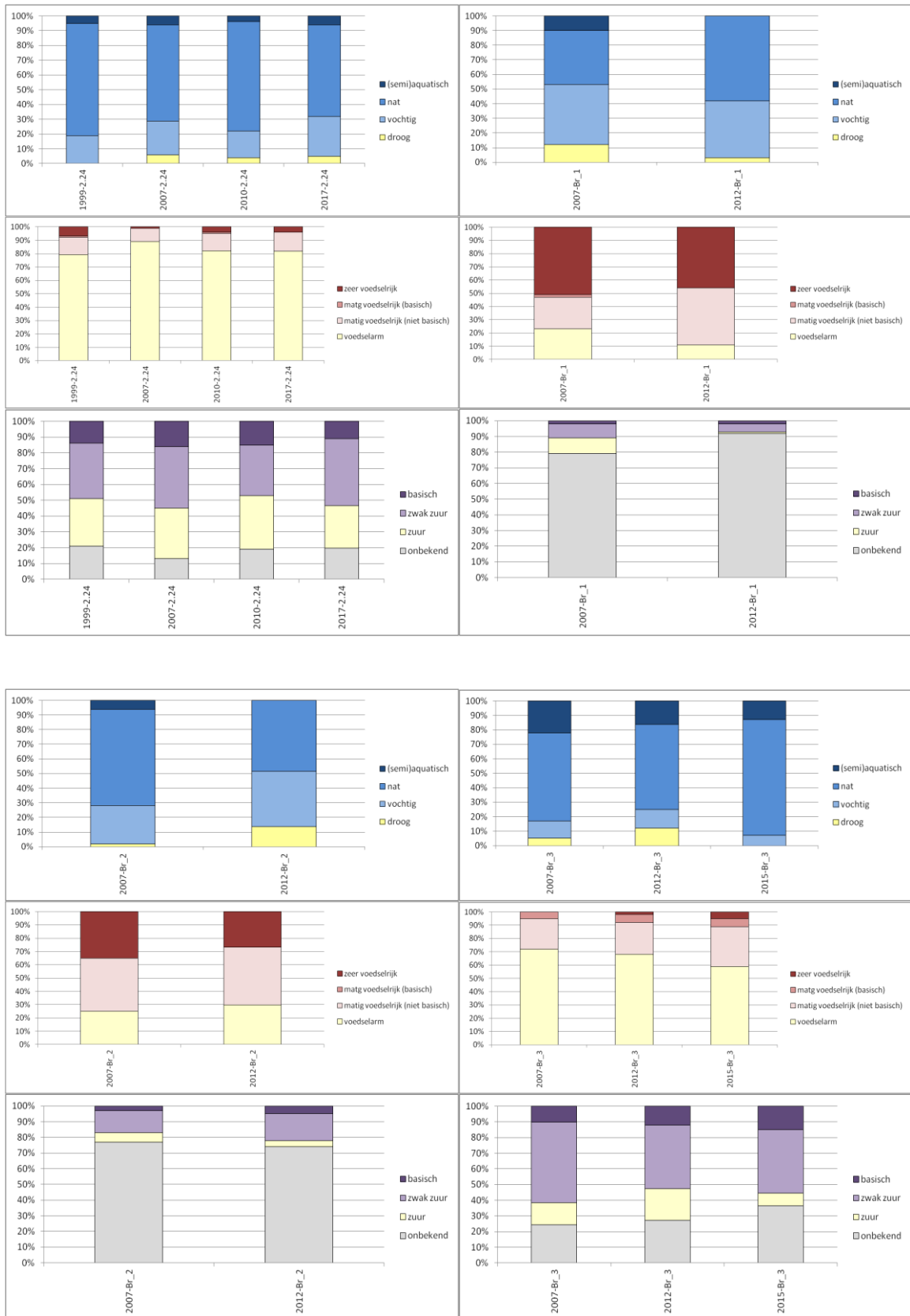
(nummer pq en jaartal opname staan op de horizontale as)

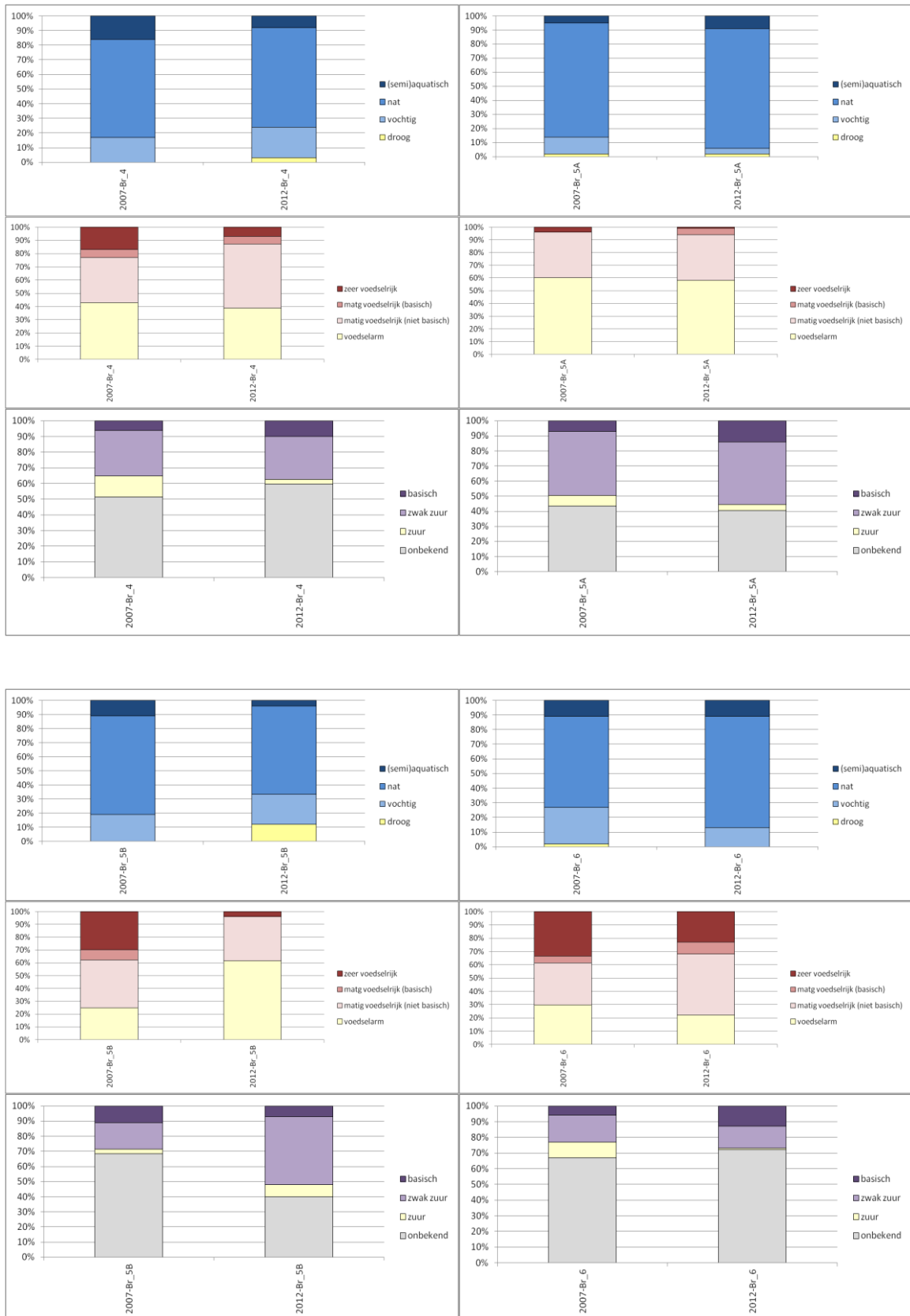


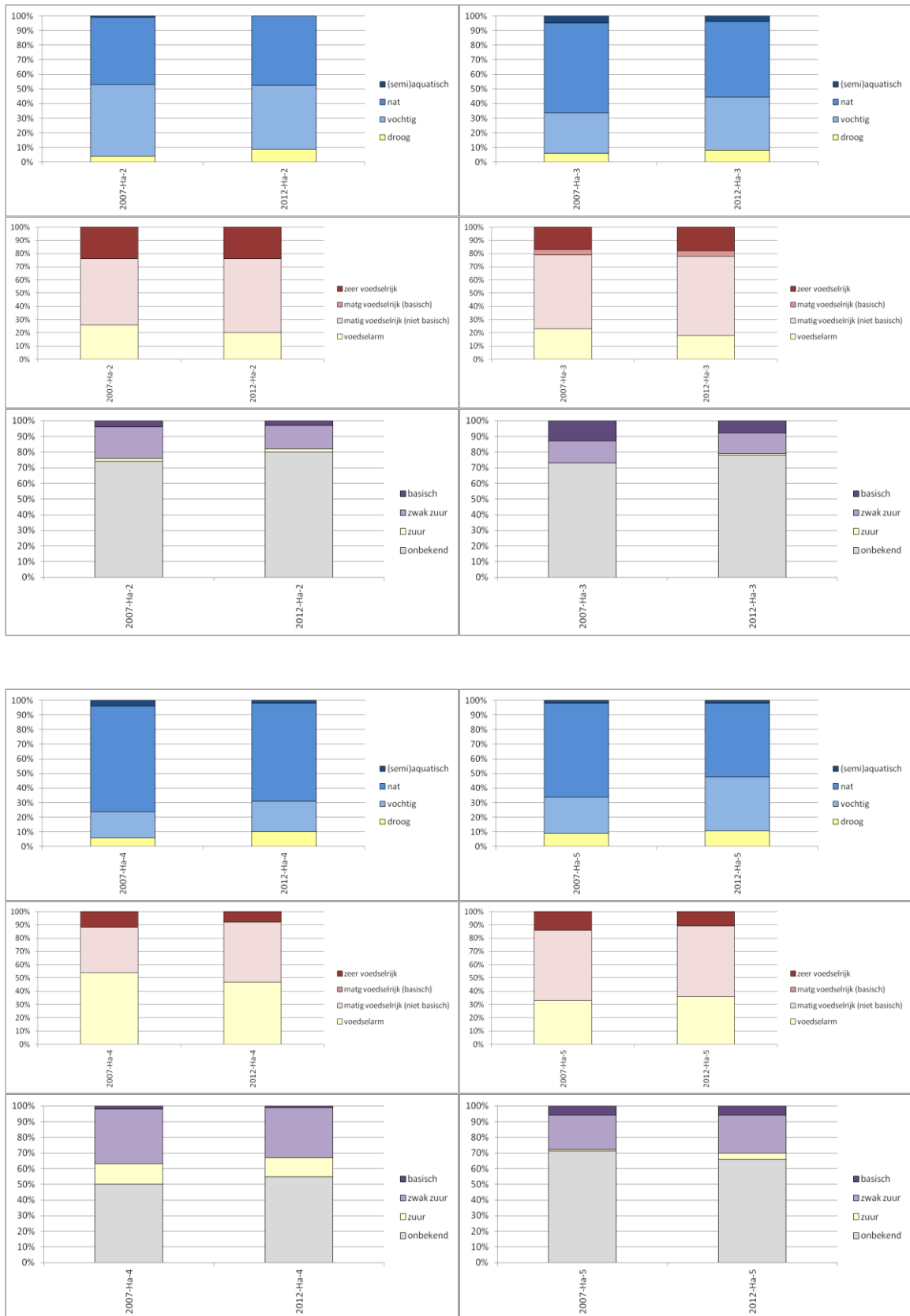


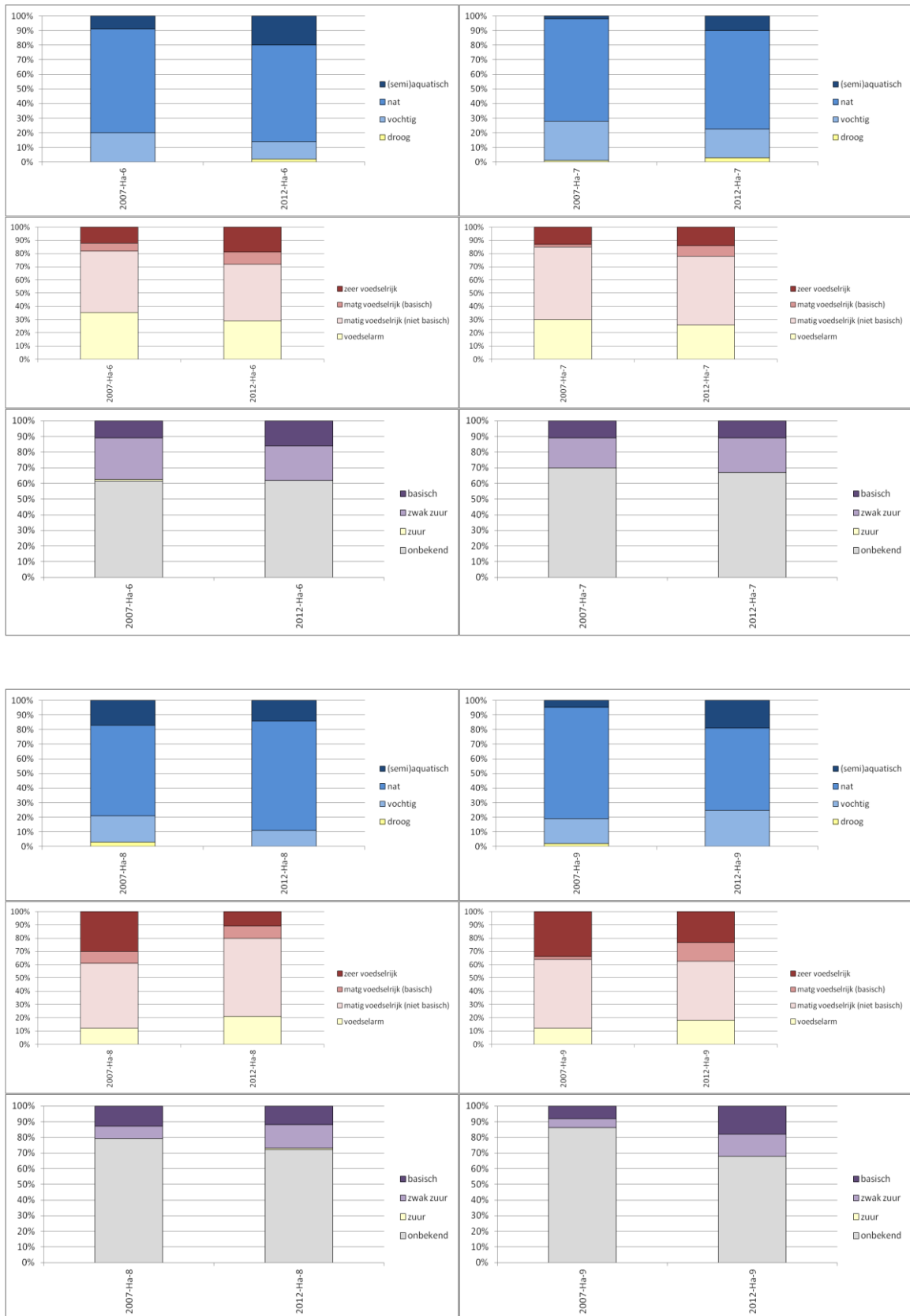


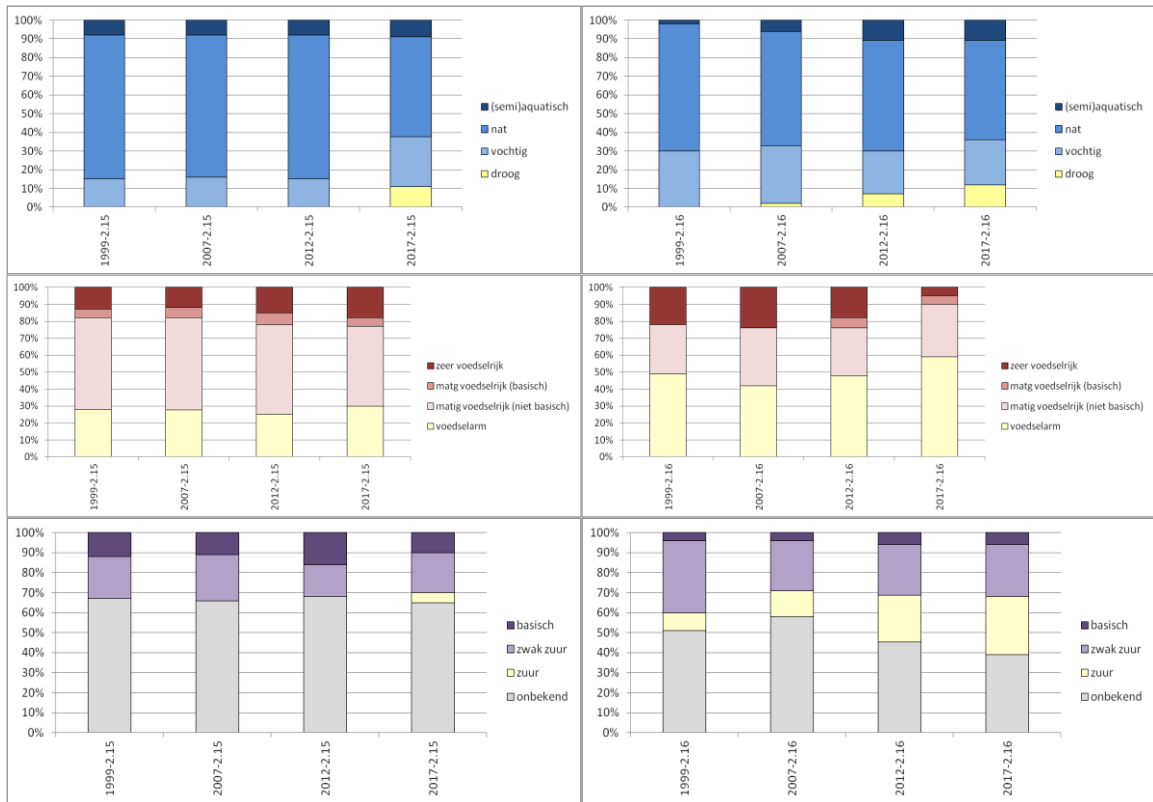












IX

BIJLAGE: VOORBEWERKING EN ANALYSE MACROFAUNADATA

Vorbewerking gegevens

Ten behoeve van de analyse van de macrofaunadata is een aantal voorbereidingsstappen uitgevoerd volgens een 'gestandaardiseerde aanpak'. Onderstaand worden deze toegelicht:

- 1 afstemming van het taxonomisch niveau. Voor de analyse is het noodzakelijk de oorspronkelijke taxa in de gegevensbestanden taxonomisch op elkaar af te stemmen. Verschillen in determinatieniveau kunnen in een later stadium de oorzaak blijken te zijn van de ongelijke weging en daarmee de vorming van verschillen in de resulterende soortengroepen. Hiertoe zijn de taxa in de gegevensbestanden eerst op taxonomische volgorde gezet. Voor ieder taxon is berekend in hoeveel van de monsters (frequentie) en met hoeveel individuen (totaal-aantal) deze voorkomt. Beide kenmerken ondersteunen de beslissingen die genomen zijn bij de taxonomische afstemming. Voor taxonomische afstemming worden in het algemeen de volgende criteria gehanteerd:
 - afstemming vindt plaats op een zo laag mogelijk taxonomisch niveau (liefst soortniveau). Indien een genus op een paar uitzonderingen na is uitgedetermineerd tot op soortniveau, is het genus verwijderd en zijn de soorten gehandhaafd;
 - indien de frequentie waarmee het genus voorkomt echter meer dan circa 20 % van de frequenties van de onderliggende soorten gezamenlijk bedraagt, dan zijn de soorten omgezet naar het genus. Het 20 % criterium is geen 'harde' grens. Bij grensgevallen is gekeken naar de indicatieve waarde van het genus of de soorten. Zijn er tussen de soorten onderling duidelijke ecologische verschillen dan wordt voor de soorten gekozen en vervalt het genus. Is het genus op zich al zeer indicatief en verschillen de soorten onderling nauwelijks daarvan, dan is gekozen voor het genus;
 - alle mannetjes, vrouwtjes, poppen, larven, juvenielen en nymfen zijn samengevoegd onder de soort. Vaak zijn de dieren als nymfe nog niet te determineren en is bijvoorbeeld de naam van het genus toegekend. Het kan dan voorkomen dat alle nymfen onder het genus geschaard zijn (met nymfe als toevoeging) en alle volwassen dieren als aparte soorten zijn opgenomen;
 - alle taxa waarin de aanduiding conform voorkomt, zijn samengevoegd met de soort of het genus waarop het betrekking heeft;
 - indien soorten en groepen/aggregaten voorkomen geldt hetzelfde criterium als voor de afstemming tussen genus/soorten. Bedraagt de frequentie van de groep meer dan een vijfde deel van de totale frequentie van de onderliggende soorten/aggregaten dan worden de soorten onder de groep/aggregaten geschaard.
- 2 Het transformeren van de abundanties van de taxa. Deze transformatie is om de volgende redenen noodzakelijk:
 - de mathematische achtergrond van de gehanteerde analyse technieken vereist een transformatie; de techniek is namelijk gevoelig voor hoge aantallen;
 - bij onderzoek aan macrofauna speelt de plaats van deze dieren in de voedselpyramide een rol. De dieren die laag in de pyramide voorkomen (zoals detrituseters) zijn altijd in hogere aantallen vertegenwoordigd dan de dieren die hoog in de pyramide staan (zoals carnivoren). Beide bewonen hetzelfde water en worden op dezelfde manier bemonsterd, maar de aantalsverschillen hebben een biologische oorzaak en nauwelijks relatie met het milieu. In feite verstoren deze biologische aantalsverschillen de gehanteerde mathematische analysetechniek teveel.
- 3 De abiotische gegevens per monsterlocatie zijn op de volgende manier aangeleverd:
 - waterkwaliteit en waterkwantiteit: losse meetwaarden op een aantal meetpunten;
 - velddata: zoals breedte, diepte, maaien waterplanten, stroming en beschaduwing zoveel mogelijk op het tijdstip van bemonsteren;
 - GIS-data: X/Y-coördinaten van de monsterpunten.
- 4 De gegevens zijn op de volgende wijze verwerkt:
 - kwantitatieve variabelen; deze variabelen zijn uitgedrukt in een absoluut gemeten waarde (bijvoorbeeld 0.542) of in een schatting (bijvoorbeeld mate van beschaduwing %);
 - kwalitatieve variabelen: 1) ordinale variabelen; deze variabelen zijn gemeten in klassen met een hiërarchische volgorde (bijvoorbeeld: 1,2,3,..); 2) nominale variabelen; deze variabelen zijn uitgedrukt in aan- of afwezigheid (0 of 1). De ordinale variabelen zijn per klasse omgezet in een aparte variabele ('dummy' variabele), waarbij per klasse/variabele aan- of afwezigheid (0 of 1) aangegeven is.

Kwantitatieve variabelen zijn gelogarithmiseerd ($\ln(x+1)$), met uitzondering van de pH. Deze variabele is van zichzelf al gelogarithmiseerd. De transformatie van kwantitatieve variabelen is noodzakelijk in verband met de in de analyse-technieken gehanteerde algoritmen. Voor de ordinaties is het noodzakelijk om ontbrekende waarden in de bestanden met abiotische gegevens aan te vullen. Omdat bleek dat voor een relatief groot aantal veldparameters gegevens ontbraken, en dat er veel overlap zat in de parameters, is gekozen voor een '95 % criterium'. Monsters of parameters waarvan de waarden in minder dan 95 % van de gevallen bekend waren, zijn niet meegenomen in de directe analyse. Bij de resterende monsters zijn voor de ontbrekende waarden de gemiddelde waarden van de betreffende parameter ingevuld. De waarden van de aangevulde parameters uitoefenen op deze manier geen invloed uit op de plaatsing van monsterpunten in het ordinatiediagram.

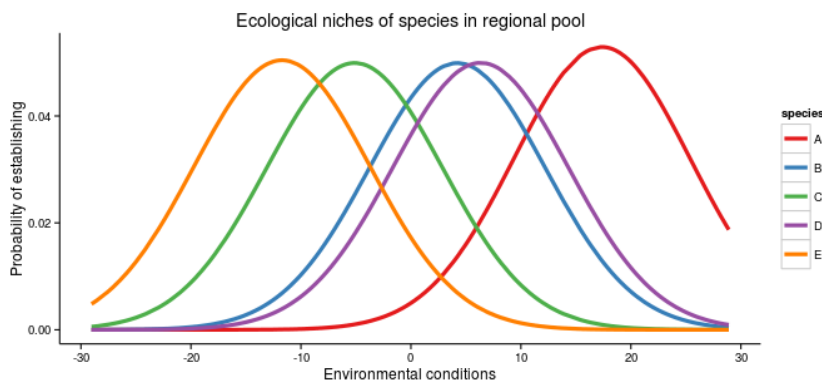
Toelichting ordinatie

De verkennende analyses zijn uitgevoerd met het softwarepakket CANOCO versie 5.0, Ter Braak & Šmilauer (2012). Hiermee zijn de volgende typen analyses uitgevoerd met de voorbereekte macrofauna-dataset:

- 1 DCA (Detrended Correspondence Analysis), met alleen soorten. In deze ordinatie-analyse worden monsters geordend op basis van overeenkomsten en verschillen in het voorkomen en de abundantie van de soorten in die monsters. De grootste variatie in soortensamenstelling wordt weergegeven door de eerste ordinatie-as, de resterende variatie in de volgende assen (in totaal worden 4 assen onderscheiden). Het resultaat kan worden gepresenteerd door middel van een ordinatiediagram. Daarin liggen monsters met een vergelijkbare soortensamenstelling en abundantie dicht bij elkaar en sterk verschillende monsters ver uiteen. NB! Bij deze analyse zijn de aantallen individuen $\ln(x+1)$ getransformeerd;
- 2 DCA, met soorten en milieuv variabelen. Dit is feitelijk dezelfde analyse als (1), aangevuld met de veldgegevens van het beekmilieu. In de analyse wordt de correlatie tussen het voorkomen van soorten en de waarden van de milieuv variabelen onderzocht. Het levert daarmee inzicht in de milieufactoren die de variatie in soortensamenstelling kunnen verklaren. Het betreft echter correlaties, wat niet wil zeggen dat er een oorzakelijk verband is. NB! Bij deze analyse zijn de aantallen individuen en de waarden van de milieuv variabelen voorzover relevant $\ln(x+1)$ getransformeerd. Er is in dit geval gekozen voor een indirecte ordinatie (DCA) in plaats van een directe ordinatie (D)CCA ((Detrended) Canonical Correspondence Analysis) omdat het in de eerste plaats gaat om de variatie in soortensamenstelling. In een indirecte ordinatie hebben de milieuv variabelen (in tegenstelling tot bij een directe ordinatie) geen invloed op de uitkomst (het ordinatiediagram).

Bij deze analyse (Correspondentie Analyse) wordt uitgegaan van een 'unimodale' relatie van soorten met milieuv variabelen. De in de ecologie meest gebruikte unimodale curve is de Gaussische responscurve. Deze curve beschrijft de abundantie (kans op voorkomen of dichtheid) van een soort (y) als functie van een variabele (x). Afbeelding IX.1 laat dit schematisch zien voor enkele soorten langs een milieugradiënt. Langs de gradiënt heeft iedere soort een optimum (de waarde waar de soort de hoogste abundantie bereikt) en een bepaalde bandbreedte of 'tolerantie'.

Afbeelding IX.1 Kans op voorkomen van een soort afhankelijk van diverse milieuv variabelen



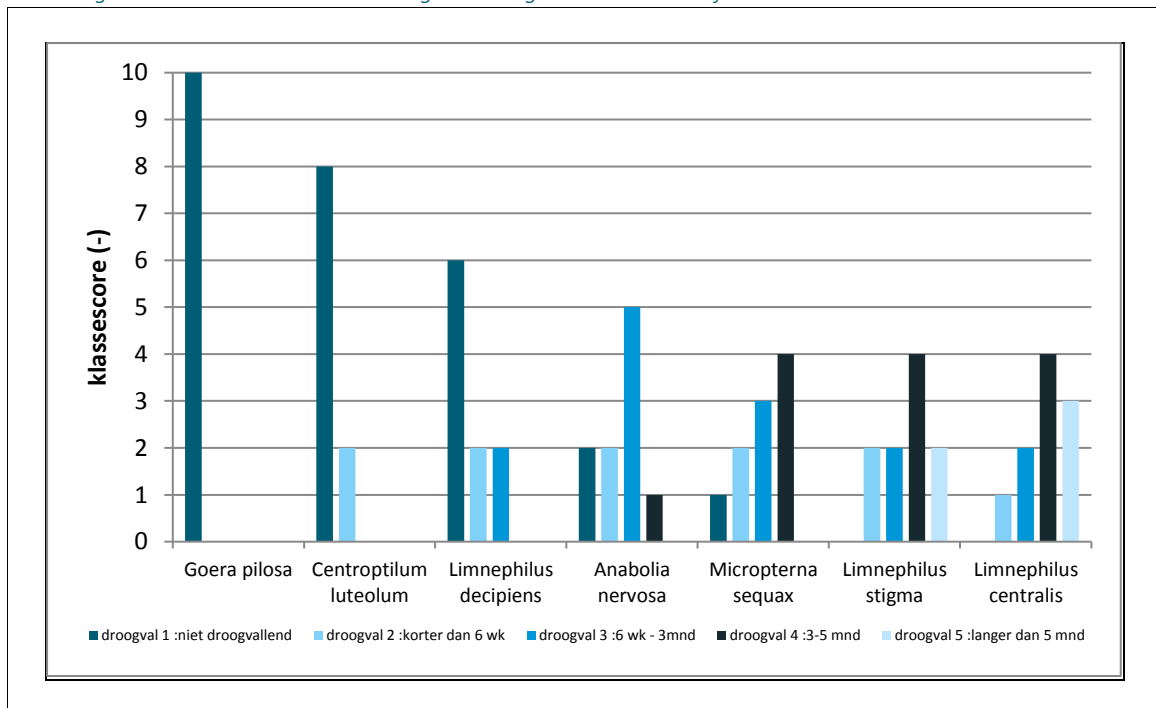
Bij de correspondentie analyse worden de soorten en monsters op basis van hun voorkomen in de dataset geplaatst langs ordinatie-assen. Iedere as is te zien als een 'hypothetische milieugradiënt' waarlangs soorten voorkomen. De eenheid van de score op de assen is de standaarddeviatie. Wanneer de variatie in as-scores groter is dan 3 standaarddeviaties (gradiëntlengte > 3) betekent dat de milieugradiënt dermate groot is dat soorten langs de as verschijnen en weer verdwijnen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de soorten A en E in bovenstaande figuur. Hoe groter de variatie op de ordinatie-as, hoe groter de variatie in soortendata dus is en hoe groter de verwachte variatie in milieucondities.

Toelichting milieu indicatiewaarden

De milieu indicatiewaarden zijn bepaald volgens de methoden uit Verdonschot 2011, maar dan geprogrammeerd in MS ACCESS om grotere hoeveelheden monsters in 1 keer door te rekenen (met de beschikbare tool kan 1 monster per keer worden doorgerekend). Voor een beschrijving van AqMaD macrofauna wordt verwezen naar Verdonschot (2011). Dat rapport beschrijft welke parameters uit de dataset met milieu- en habitatinformatie van macrofauna van de autoecologie-groep van WEW (Werkgroep Ecologie Waterbeheer) zijn gebruikt voor toepassing binnen AqMaD. Tevens wordt de rekenmethode beschreven waarmee deze data in AqMaD worden gebruikt.

AqMaD macrofauna werkt ongeveer als volgt: ieder macrofauna taxon (meestal soort of genus) in de AqMaD database wordt op basis van zijn ecologische preferenties ingedeeld in een of meer klassen van parameterwaarden. Dit wordt gedaan door totaal 10 punten te verdelen over de klassen, waarbij het zwaartepunt ligt in de klasse waar de soort het meest voorkomt (optimum). Op basis van het voorkomen en de abundantie van macrofaunataxa kan zo een gewogen gemiddelde 'ecologisch of milieuprofiel' van een monster worden afgeleid, in dit geval een gewogen gemiddelde klassennummer. Afbeelding IX.2 geeft een voorbeeld voor enkele kokerjuffers en de parameter droogval. De soorten zijn zo geordend dat van link naar rechts de droogvalduur van het water waarin ze voorkomen steeds toeneemt. De meest linker soort (*Goera pilosa*) is een soort van snelstromende beken, de beide rechter soorten zijn van het genus *Limnephilus*, wat meerdere soorten kent die zijn aangepast aan langdurige droogval. *Goera pilosa* heeft een koker van zand- en grindkorrels (passend bij een stromend milieu), Sommige *Limnephilus* soorten hebben een kokertje dat mede is gemaakt van blad en takjes (passend bij een langzaamstromend/stagnant/droogvallend milieu).

Afbeelding IX.2 Voorbeeld van klassenverdeling voor droogval van enkele kokerjuffersoorten





BIJLAGE: CLUSTERING MACROFAUNA ABUNDANTIES

