

**Systeemanalyse Bovenlopen  
Peizerdiep**





**Systemanalyse Bovenlopen  
Peizerdiep**

referentie	projectcode	status
GN236-1/15-015.584	GN236-1	definitief
		datum
		24 september 2015

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd		



<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>blz.</b>
<b>SAMENVATTING</b>	
<b>1. INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2. THEORETISCH KADER</b>	<b>3</b>
2.1. Inleiding	3
2.2. Onderscheid voorwaarden en toestand	3
2.3. Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren	4
2.4. Schaalniveaus	7
2.5. Grof naar fijn aanpak	7
<b>3. AANPAK</b>	<b>9</b>
3.1. Inleiding	9
3.2. Geohydrologie	9
3.3. Geomorfologie	10
3.4. Uitgangspunten	16
<b>4. BESCHRIJVING VAN HET WATERSYSTEEM</b>	<b>21</b>
4.1. Algemeen	21
4.2. Deelgebieden	22
4.3. Ecologische toestand	25
<b>5. SYSTEEMANALYSE: BESCHOUWING VAN VOORWAARDEN</b>	<b>27</b>
5.1. Grondwater	27
5.2. Afvoerdynamiek	28
5.2.1. Stroming (in droge perioden)	29
5.2.2. Herkomst (in droge perioden)	29
5.2.3. Afvoer (in natte perioden)	33
5.2.4. Inundatie (in natte perioden)	34
5.3. Natte doorsnede	35
5.3.1. Geultype	36
5.3.2. Dwarsprofiel	37
5.3.3. Erosie en sedimentatie	38
5.3.4. Oeverontwikkeling	39
5.4. Belasting	41
5.5. Connectiviteit	42
5.6. Overige voorwaarden	42
<b>6. SYSTEEMANALYSE: BESCHOUWING VAN DE ECOLOGISCHE TOESTAND</b>	<b>45</b>
6.1. Vegetatie	45
6.2. Macrofauna	47
6.3. Vis	48
<b>7. CONCLUSIES</b>	<b>49</b>
<b>8. HANDVATTEN VOOR BEHEER</b>	<b>51</b>
8.1. Kwantiteitsbeheer	51
8.2. Vegetatiebeheer	51
8.3. Monitoring	52
<b>9. LITERATUUR</b>	<b>57</b>

laatste bladzijde

59

**BIJLAGEN**

**aantal blz.**

I notitie hydrologie

16

## SAMENVATTING

De bovenlopen van het Peizerdiep in Drenthe zijn de afgelopen jaren heringericht. Het veranderd functioneren van de beek heeft consequenties voor hoe het systeem beheerd dient te worden. Een watersysteemanalyse is uitgevoerd om een beter begrip van het functioneren te van de beek te krijgen. De centrale vraag hierbij is: 'Kunnen we knelpunten identificeren en hoe kunnen we beheer en monitoring hierop afstemmen'. We hebben gebruik gemaakt van de stoplichtenmethodiek (ESFs) die voor stromende wateren momenteel in ontwikkeling zijn. Het Peizerdiep vormt bij uitstek een testcase voor toepassing en aanpassing.

Een belangrijke randvoorwaarde voor een functionerende beek wordt ons inziens gevormd door de hoogte en variatie van het debiet (ESF afvoerhydrologie). Deze is sterk afhankelijk van afdoende stroomgebied met kwel (ESF grondwater) en/of oppervlaktewater om de beek jaarrond te voeden. De mate van meandering (sinuositeit), de aanwezigheid van vegetatie en inundatiezones rond de beek bepalen ook in hoeverre de beek sponswerking (retentie) vertoont. Morfologische karakteristieken van de beek worden bepaald door geomorfologische processen. Beekprofiel (ESF natte doorsnede), sedimenttype en verhang bepalen of het profiel past bij de dominante debieten. Zo niet, dan zal het beekprofiel door erosie en sedimentatie veranderen. Een hoge nutriëntenbelasting (ESF belasting) veroorzaakt het mogelijk woekeren van vegetatie en beïnvloedt habitatgeschiktheid voor beekgebonden organismen.

Qua geohydrologie zijn de bovenlopen van het Peizerdiep grotendeels op orde omdat op de rand van het Drents plateau voldoende kwelwater beschikbaar is om de beek te voeden. Er zijn echter verschillen tussen de deelsystemen. In grote delen van het systeem staat bijna het gehele jaar stroming, al zal de Slokkert in droge perioden hiervoor afhankelijk zijn van inlaatwater. Door verkleining van de afvoercapaciteit in de heringerichte delen en verhoging van de sinuositeit is de bufferwerking toegenomen. Het Groote Diep heeft gegeven het debiet een relatief smalle dwarsdoorsnede en steile oevers. Door oevererosie zal de beek zich gaan verbreden. Het systeem is zonder inlaatwater al eutroof en vegetatie kan hierdoor makkelijk woekeren. Dit gaat de afvoer pas significant verhinderen bij dichtgroeien over de gehele breedte.

Wij stellen voor dat inlaatwater in heel droge perioden beperkt kan worden ingelaten om minimale stroming in de beek te garanderen. Vanwege de hoge nutriëntengehaltes in het beekeigen water zal inlaatwater niet snel negatief bijdragen. Vegetatiebeheer mag ook spaarzaam worden toegepast, want zolang er een geul bestaat in het midden is afvoer niet in het gedrang. Monitoring aan waterstanden, debieten, EGV, zuurstof, temperatuur en pH zal uitgebreid moeten worden voor beter systeembegrip.

Om tot succesvol beekherstel en tot passend beheer te komen is het van belang de belangrijkste knelpunten op te sporen met betrekking tot de gewenste toestand. Is er voldoende aanvoer van grondwater voor een stromende beek? Past het profiel bij het debiet? In hoeverre is de belasting een knelpunt voor het ecologisch functioneren? Het is vooral deze laatste variabele waarvoor meer gegevens en een beter systeembegrip wenselijk zijn.



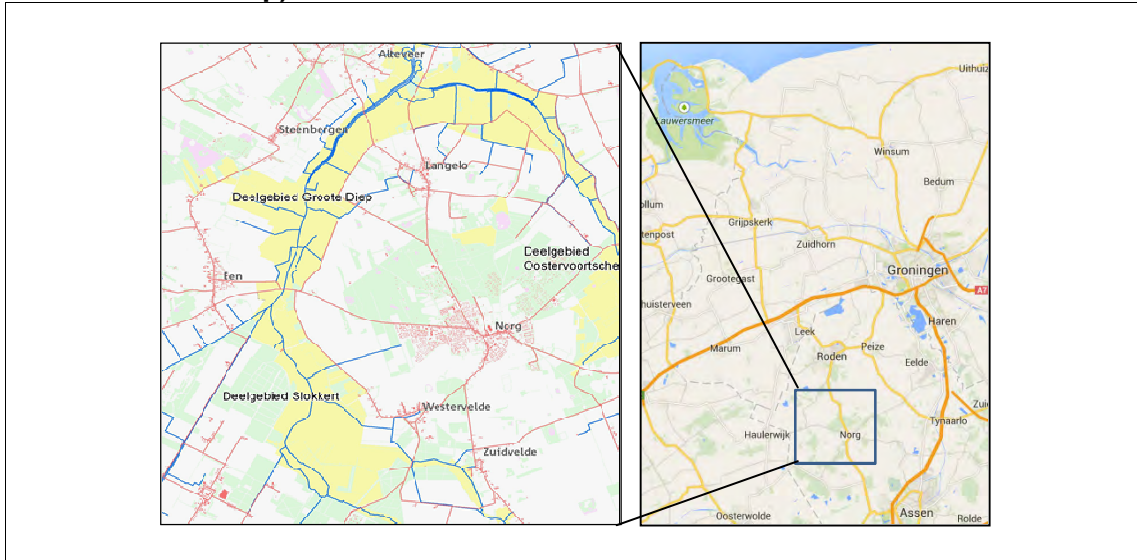


## 1. INLEIDING

### Aanleiding

Recent is de grootschalige herinrichting van de bovenlopen van het Peizerdiep afgerond (Slokkert, Grote Diep en Oostervoortse Diep). Waterschap Noorderzijlvest is verantwoordelijk voor het beheer van het watersysteem. Voor een juiste invulling van het beheer is een goed begrip van het hydrologisch en ecologisch functioneren belangrijk. Hier ontbreekt het nu aan. Dit is de reden geweest dat Noorderzijlvest Witteveen+Bos gevraagd heeft een systeemanalyse uit te voeren van de heringerichte beek.

### Afbeelding 1.1. Bovenlopen Peizerdiep (Grote Diep, Slokkert en Oostervoortse Diep)

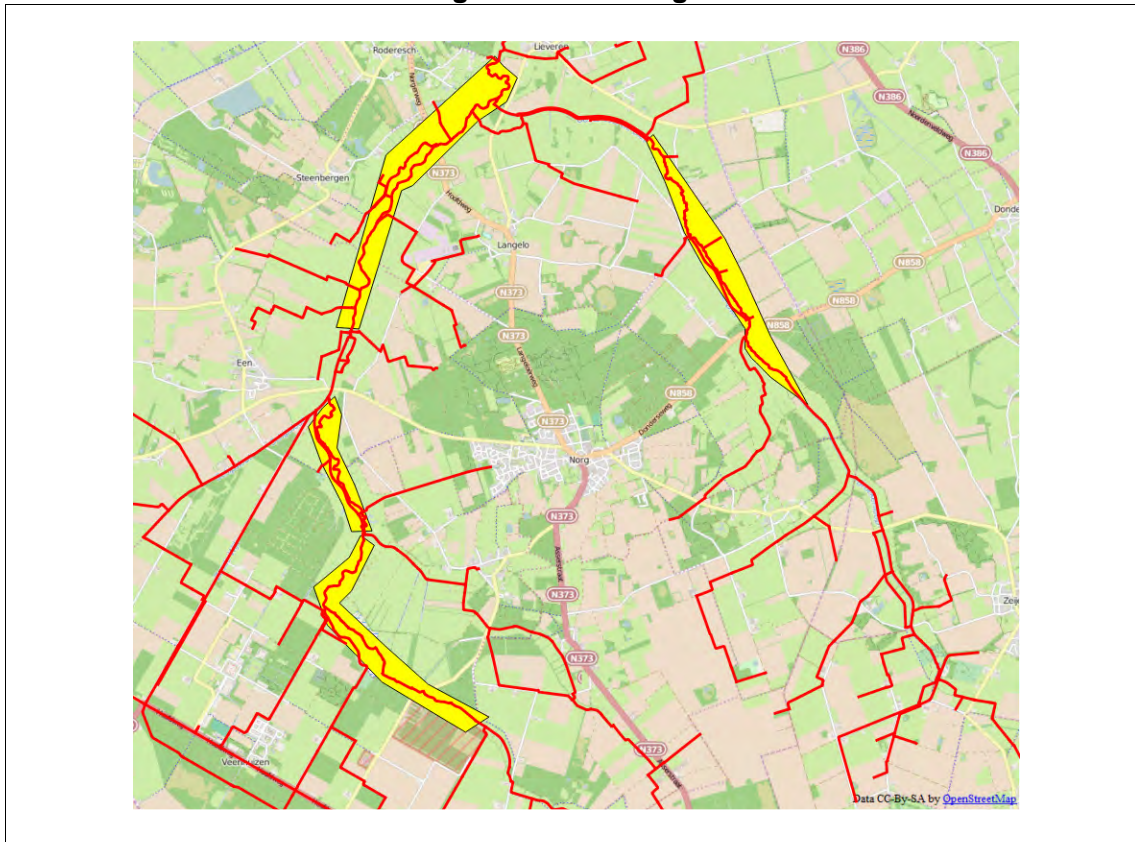


### De herinrichting

De belangrijkste randvoorwaarde voor de herinrichting was de 50 % afvoer, waarbij in de landbouwgebieden geen vermindering van de bestaande drooglegging optreedt, voor zover deze minder dan een meter bedraagt. De 50 % afvoer is representatief voor een natte periode in het voor- of najaar.

Verder is gestreefd naar een zo natuurlijk mogelijk beekstelsel met hogere waterstanden en een grotere dynamiek. Stroomsnelheden waren niet maatgevend, maar er is gestreefd naar enig zelfreinigend vermogen bij hogere afvoeren. Lage afvoeren mogen bij voorkeur niet leiden tot verdroging (Dienst Landelijk Gebied 2012). De herinrichting is vrijwel geheel uitgevoerd. De belangrijkste trajecten die niet heringericht zijn, betreffen het bovenstroomse deel van de Slokkert, het bovenstroomse deel van het Grote Diep (de delen bovenstrooms van de Eenerstuw met uitzondering van de Slokkert) en het benedenstroomse deel van het Oostervoortse Diep.

**Afbeelding 1.2. Bovenlopen van het Peizerdiep met de heringerichte delen aangegeven in geel. Het Oostervoortse Diep, het meest oostelijk gelegen deel is al in 2008 heringericht. De overige delen in 2014**



### **Doel van het onderzoek**

Het doel van deze systeemanalyse is het aanreiken van handvatten voor het beheer van het nieuwe ingerichte systeem op basis van begrip van het huidige en toekomstige hydrologisch en ecologisch functioneren, met name voor het kwantiteitsbeheer, het vegetatiebeheer en de monitoring..

### **Leeswijzer**

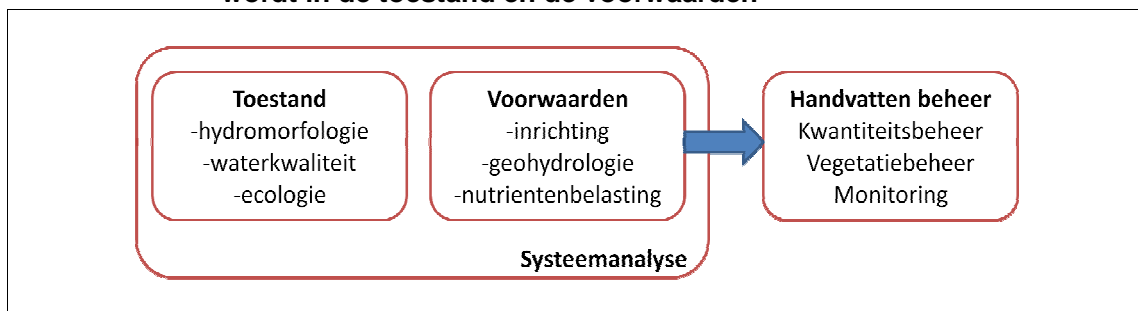
In hoofdstuk 2 is de aanpak van de systeemanalyse op basis van ecologische sleutelfactoren beschreven. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het watersysteem als geheel en van de verschillende deelgebieden. De resultaten van de systeemanalyse worden gepresenteerd in hoofdstuk 4. De belangrijkste conclusies worden gegeven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 komen we tot handvatten voor beheer.

## 2. THEORETISCH KADER

### 2.1. Inleiding

Voor de systeemanalyse is inzicht in de hydromorfologische en ecologische processen in het watersysteem noodzakelijk. Dit inzicht wordt verkregen op basis van wat er van het watersysteem bekend is (veldimpressie, metingen, rapportages, modellen). Door in de systeemanalyse expliciet onderscheid te maken in de toestand en de voor de toestand bepalende voorwaarden kunnen concrete handvatten worden gegeven (zie afbeelding 2.1). Hieronder gaan we nader in op het gehanteerde kader, waarbij belangrijke elementen worden uitgelicht.

**Afbeelding 2.1. Aanpak op basis van systeemanalyse, waarbij onderscheid gemaakt wordt in de toestand en de voorwaarden**



### 2.2. Onderscheid voorwaarden en toestand

Het doel van de systeemanalyse is een zo goed mogelijke duiding van de ecologische toestand en van de daartoe behorende (rand)voorwaarden. Het onderscheid tussen voorwaarden en toestanden staat centraal in de systeemanalyse: de voorwaarden zijn bepalend voor de toestand, maar de toestand is niet bepalend voor de voorwaarden. De toestand geeft wel aanwijzingen over of er wel of niet voldaan wordt aan de voorwaarden. In stilstaande wateren wijst een hoge algenconcentratie (toestand) bijvoorbeeld op een te hoge nutriëntenbelasting (voorwaarde). Maar het is de nutriëntenbelasting die een hoge algenconcentratie veroorzaakt, en niet andersom.

Voor stilstaande wateren zijn ter ondersteuning van de systeemanalyse zogenaamde Ecologische Sleutelfactoren (of ESF's) ontwikkeld (STOWA 2014). De ESF's zijn een reeks van voorwaarden voor een goede ecologische kwaliteit, waarbij wordt uitgegaan van een hiërarchie in voorwaarden. In de systeemanalyse leggen we bloot aan welke van de voorwaarden het systeem wel of niet voldoet. Begrip van welke voorwaarden tot knelpunten leiden in een specifiek systeem helpt bij het identificeren van kansrijke maatregelen. Een systeemanalyse helpt ook om richting te geven aan bijvoorbeeld de evaluatie van ecologische doelen en de invulling van de monitoring.

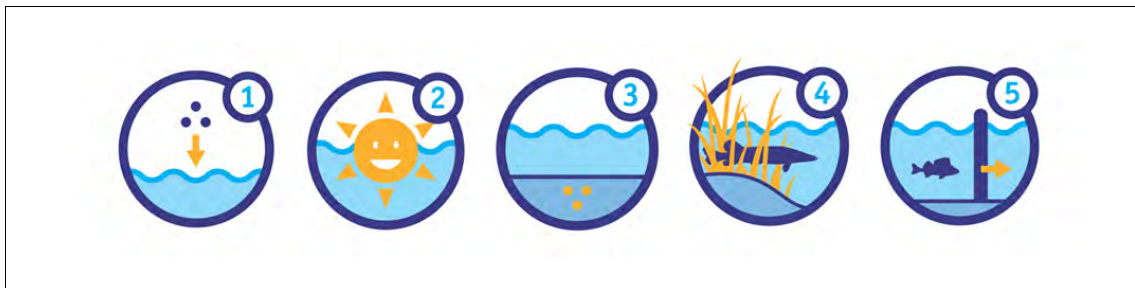
In STOWA (2014) is een uitgebreide beschrijving gegeven van de ESF's voor stilstaande wateren. De volgende vijf hiërarchisch geordende ESF's zijn bijvoorbeeld van belang voor het ecologisch functioneren van stilstaande wateren (Afbeelding 2.2):

1. **Productiviteit water.** Vormt de aanwezigheid van algen of kroos een belemmering voor de groei van ondergedoken waterplanten? Behalve door de externe nutriëntenbelasting (belasting gebonden aan waterstromen) wordt deze sleutelfactor beïnvloed door parameters zoals de verblijftijd van het water en de waterdiepte. Bij een korte verblijftijd is er vaak geen sprake van een voor waterplanten belemmerende algen of kroosontwikkeling;

2. **Lichtklimaat.** Is er voldoende licht beschikbaar voor de groei van ondergedoken waterplanten als de productiviteit van het water op orde is? Plantengroei kan beperkt worden door een gebrekkig lichtklimaat als gevolg van de aanwezigheid van bijvoorbeeld humuszuren en de opwerveling van slib. Er wordt onderscheid gemaakt in de opwervelgevoeligheid van de waterbodem en de krachten die uitgeoefend worden op de waterbodem, zoals scheepvaart en wind;
3. **Productiviteit bodem.** Leidt het nutriëntengehalte in de bodem tot een overmatige productie van algemene en woekerende waterplanten, zoals Waterpest en Grof Hoornblad. Deze soorten staan het herstel van meer bijzondere soorten in de weg. Ze hebben als voordeel dat ze zijn aangepast aan productieve en hiermee vaak gepaard gaande toxische condities als gevolg van de vorming van sulfide en ammonium in de bodem;
4. **Habitatgeschiktheid.** Is er voldoende geschikt habitat voor meer karakteristieke waterplanten, vis en/of macrofauna aanwezig?
5. **Connectiviteit.** Obstakels zoals stuwen kunnen de kolonisatie van beekhabitats ernstig belemmeren. De verspreiding gaat bijvoorbeeld ook over het voorkomen van zaadbanken.

De hiërarchie wordt duidelijk wanneer men bedenkt dat wanneer bijvoorbeeld ESF 1 niet op orde is vanwege een hoge externe belasting, het geen zin heeft om in te grijpen op de productiviteit van de bodem (ESF 3) met als doel het herstel van meer bijzondere ondergedoken waterplanten. Voor het herstel van meer bijzondere ondergedoken waterplanten is licht op de bodem nodig, waardoor ESF 1 en ESF 2 op orde moeten zijn.

**Afbeelding 2.2. Vijf belangrijke ESF's voor het ecologisch functioneren van stilstaande wateren**



### 2.3. Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren

Er wordt op dit moment (mede door Witteveen+Bos) gewerkt aan ESF's voor stromende wateren. Hiertoe is besloten, omdat een dergelijk raamwerk ook van belang is voor het ecologisch herstel van stromende wateren en omdat het karakter van stromende wateren op een aantal belangrijke punten verschilt van stilstaande wateren.

De ESF's voor stromende wateren zijn nog in ontwikkeling. De actuele uitwerking is weergegeven in Afbeelding 2.3. Er zijn negen ecologische sleutelfactoren benoemd op het 'kruispunt' van stressoren ('pressures' of menselijke drukken) en milieufactoren. Hierbij zijn alleen de milieufactoren geselecteerd die direct van invloed zijn op het functioneren van organismen. Net als bij stilstaande wateren is er sprake van een zekere hiërarchie. De tiende sleutelfactor betreft de bredere maatschappelijke afweging, waarbij voor het vaststellen van doelen en maatregelen naast de ecologie ook naar andere functies wordt gekeken zoals veiligheid en landbouw.

**Afbeelding 2.3. Actuele uitwerking ESF's voor het ecologisch functioneren van stromende wateren (niet gepubliceerd). De vorm van het icoon geeft aan of de ESF geldig is voor het stroomgebied (ESF's 1 t/m 5 en ESF 10) of een traject (ESF 6 t/m 9)**



In dit onderzoek concentreren we ons op de volgende vijf ESF's, waarbij we vanuit onze ervaring met de ESF's voor stilstaande wateren en op grond van het recent gepubliceerde handboek geomorfologisch beekherstel van STOWA (2015) uitgaan van een aangepaste hiërarchie en een afwijkende invulling:

- **ESF 1 - Afvoerdynamiek.** Afvoerdynamiek gaat over de variatie in het debiet in relatie tot neerslag en de hiermee samenhangende stroomsnelheid. In de natuurlijke situatie wordt een groot deel van de neerslag vastgehouden in het stroomgebied en komt het gelijkmatig tot afstroming. Afhankelijk van de ondergrond is de basisafvoer relatief hoog en zijn de piekafvoeren relatief laag (STOWA in prep). De afvoerdynamiek heeft weer invloed op onder andere het substraat, de zuurstofdynamiek, het temperatuurregime en daarmee op het voorkomen van beekgebonden organismen. De afvoerdynamiek is sterk afhankelijk van onder andere de geohydrologie (ESF 2), de inrichting (onder andere ESF 6 en ESF 9), de hydrologie of het hydrologisch beheer van het stroomgebied en het vegetatiebeheer. De afvoerdynamiek is geen voorwaarde, maar een toestand afhankelijk van verschillende voorwaarden. In dit onderzoek zal de afvoerdynamiek om deze reden als toestand worden beschouwd, welke samenhangt met de geohydrologie, de inrichting en het beheer;
- **ESF 2 - Grondwater.** Grondwater, of geohydrologie gaat over de aanwezigheid en de dynamiek van kwel (en wegzijging). Op hoger gelegen gronden infiltreert regenwater naar het grondwater. Vervolgens stroomt het grondwater naar diepere lagen of stroomt het grondwater in het beekdal naar de waterloop toe. Daarbij kan zowel sprake zijn van ondiepe kwel (lokale grondwaterstromen) als diepere kwel (regionale grondwaterstromen) (STOWA in prep). Grondwater is de belangrijkste voorwaarde voor het ecologisch functioneren van stromende wateren, omdat er zonder voldoende grondwater geen sprake is van stroming in droge perioden;
- **ESF 3 - Connectiviteit.** Connectiviteit gaat over de mate waarin organismen in staat zijn geschikte habitats te bereiken. Obstakels zoals stuwen kunnen de beweging van bepaalde organismen (zoals vis) ernstig belemmeren. De connectiviteit gaat ook over het wel of niet voorkomen van bronpopulaties. In de actuele uitwerking van de ESF's voor stromende wateren wordt ook gekeken naar transport van bijvoorbeeld substraat

(STOWA in prep). Connectiviteit krijgt in dit onderzoek beperkt aandacht, omdat dit voor het beheer een minder belangrijk aspect is;

- **ESF 4 - Belasting.** In de actuele uitwerking gaat belasting over de flux van niet milieuvreemde stoffen, zoals nutriënten en organische stoffen door het beekstelsysteem (STOWA in prep). Omdat nutriënten en organische stoffen zich verschillend gedragen, maken wij een onderscheid tussen de twee. In dit onderzoek is er alleen aandacht voor nutriënten. De rol van nutriënten wordt in beken nog niet zo goed begrepen als in stilstaande wateren. Verwacht mag worden dat een hoge nutriëntenbelasting bij lage stroomsnelheden net als in stilstaande wateren kan leiden tot een sterke woekering van ondergedoken waterplanten en zelfs tot algen- en/of kroesgroei (zie de ESF's voor stilstaand water hierboven).
- **ESF 6 - Natte doorsnede.** Met de natte doorsnede wordt in de actuele uitwerking het dwarsprofiel bedoeld van insteek tot insteek. Het dwarsprofiel wordt onder natuurlijke omstandigheden gevormd door de afvoerdynamiek, het bodemverhang en de samenstelling van het sediment. Daarnaast is de ontwikkeling van de vegetatie in het water en de oever van belang voor de ontwikkeling van het profiel (STOWA in prep.). Dit zijn dezelfde factoren als de factoren die bepalend zijn voor de geulvorming in natuurlijke wateren (STOWA 2015). Het dwarsprofiel is onderdeel van de geulvorming. De geulvorming in natuurlijke wateren gaat door tot een zeker evenwicht bereikt is. De hiervoor bepalende factoren zijn: (1) de hoeveelheid water (en sediment) die de geul moet verwerken, (2) de helling van het oppervlak waarin de geul zich vormt, en (3) de aard van de ondergrond waarin de geul zich vormt. In dit onderzoek beschouwen we de natte doorsnede na herinrichting in relatie tot de geohydrologische voorwaarden, het verhang, het substraat en het beheer. Hiermee krijgen we een beeld van of het huidige dwarsprofiel blijft zoals die aangelegd is of dat deze zich aan zal passen aan de hydromorfologische voorwaarden. Het dwarsprofiel is net als de afvoerdynamiek dus geen voorwaarde, maar een toestand die veranderlijk is. In plaats van natte doorsnede zullen we het hebben over de geulvorming (of stabiliteit). De geulvorming (of stabiliteit) bepaalt samen met de stromingscondities (ESF 1 en ESF 2) en het beheer wat de potenties zijn voor organismen. Deze ESF's zijn belangrijker dan de connectiviteit (ESF 3) en de belasting (ESF 4).

Kortom, in dit onderzoek beschouwen we de ESF's 1, 2 en 6 in samenhang en leggen we de relatie met de achterliggende voorwaarden geohydrologie, verhang, substraat en beheer. Daarnaast kijken we globaal naar de ESF's 3 en 4, omdat deze in eerste instantie minder belangrijk zijn voor het hydrologisch en ecologisch functioneren van het heringerichte bekensysteem en omdat er minder van bekend is. In Afbeelding 2.4 hebben we dit idee gevisualiseerd aan de hand van de thans beschikbare iconen.

**Afbeelding 2.4. Voorlopige hier relevante ESF's voor stromende wateren: afvoerdynamiek (ESF 1), grondwater (ESF 2), connectiviteit (ESF 3), belasting (ESF 4), en natte doorsnede (ESF 6), waarbij de ESF's 1, 2 en 6 in samenhang worden beschouwd in relatie tot de voorwaarden (geo)hydrologie, verhang, substraat en beheer**



## 2.4. Schaalniveaus

We maken onderscheid in verschillende schaalniveaus (ruimtelijk en temporeel). De geohydrologie is vaak van belang op het niveau van het afwaterende gebied (vaak het beekdal). De toestroom van grondwater is vrij constant (en afhankelijk van de grondwaterstanden in het afwaterende gebied). De stroming varieert juist sterk. Afhankelijk van bijvoorbeeld de weerstand in de beek kunnen lokaal en temporeel grote ruimtelijke verschillen ontstaan. Ruimtelijke verschillen spelen ook voor het verhang en het substraat. Het beheer varieert zowel ruimtelijk als temporeel. Dit alles weerspiegelt zich in verschillende ecologische toestanden in het bekensysteem.

Voor een goed systeembegrip is een belangrijke eerste stap het grip krijgen op de voorwaarden en hydrologische en ecologische toestand op het niveau van het afwaterende gebied. Omdat de verschillen in het beekstelsel groot zijn is verder onderscheid gemaakt in deelgebieden (of afwaterende eenheden). De focus van dit onderzoek ligt op de heringerichte delen. In het volgende hoofdstuk wordt hier verder op ingegaan.

## 2.5. Grof naar fijn aanpak

Voor deze systeemanalyse is een aantal keuzes gemaakt:

- er is zoveel mogelijk uitgegaan van beschikbare gegevens en modellen. Er is slechts beperkt gebruik gemaakt van aanvullende modellen (er is bijvoorbeeld een eenvoudige waterbalans opgesteld ter controle van de afvoer bij de Alteveerstuw);
- de inspanning is vooral gericht op een beter begrip van de geohydrologie, omdat dit begrip essentieel is voor de vragen van waterschap Noorderzijlvest omtrent het beheer. De morfologie (verhang en substraat), waterkwaliteit (nutriënten) en ecologie (waterplanten, macrofauna) zijn meer op hoofdlijnen beschouwd. Er is geen aandacht ge-

weest voor vis (mede omdat de optrekbaarheid van het bekensysteem beperkt wordt door de vistrap Sterrenbosch). De morfologie kon niet tot in detail worden beschouwd, omdat er onvoldoende bekend is van de substraatvariatie.



### **3. AANPAK**

#### **3.1. Inleiding**

We hebben de volgende stappen doorlopen:

- begrenzing van het bekensysteem;
- identificeren van de belangrijkste waterstromen;
- onderscheid bekensysteem in functionele deelgebieden;
- geohydrologische analyse op basis van meteorologie, debieten en chloride en modelresultaten: zie verder hieronder;
- geomorfologische analyse op basis van de geohydrologische voorwaarden, het verhang, het substraat en het beheer: zie verder hieronder;
- analyse waterkwaliteit op basis van metingen, met name nutriënten;
- analyse ecologie op basis van metingen. Deze metingen betreffen waterplanten en macrofauna;
- integratie resultaten.

De meeste stappen spreken voor zich. De geohydrologische en geomorfologische analyse vergen enige toelichting. Voor de toelichting over de geomorfologische analyse putten we daarbij vooral uit het 'Handboek geomorfologisch beekherstel' (STOWA 2015), dat recent is verschenen.

#### **3.2. Geohydrologie**

Bij de geohydrologische analyse hebben we onder andere gekeken naar de stroming onder droge condities (is er sprake van stroming en hoeveel?) en de stroming onder natte condities (leidt de afvoer tot inundatie en hoeveel?). Hierbij zijn we uitgegaan van de modelresultaten van Arcadis (2013). Voor de droge condities zijn we uitgegaan van de 5% afvoer. Voor de natte condities van de 50 % afvoer.

De definities zijn niet duidelijk in het rapport van Arcadis omschreven. Daarom hieronder onze definities (welke we grof hebben gecontroleerd door een vergelijking met de metingen bij de Alteveerstuw):

- 100 % afvoer (Q100): de maatgevende afvoer. Deze wordt gemiddeld één keer per jaar bereikt of overschreden. In de studie van Arcadis is januari 2008 gebruikt als karakteristiek voor een 100 % afvoer (verderop in dit rapport zullen we overigens zien dat deze keuze in het rapport van Arcadis niet juist is);
- 50 % afvoer (Q50): halve maatgevende afvoer. Representatief voor een natte periode in het voor- of najaar. Volgens het Cultuurtechnisch Vademecum (1988) zou dit overeen komen met een afvoer die gemiddeld 10 à 20 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden;
- 5 % afvoer (Q5). 5 % van de maatgevende afvoer. Deze afvoer is representatief voor een drogere periode en wordt gemiddeld 70 à 120 dagen per jaar bereikt of overschreden.

We merken op dat bovenstaande afvoeren gemiddelden betreffen. Meteorologische condities variëren in de praktijk sterk van jaar tot jaar.

Omdat er weinig hydrologische metingen beschikbaar waren en de beschikbare modellen niet geschikt waren voor een analyse van de belangrijkste waterstromen in het watersysteem, is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gemeten chlorideconcentraties. Chloride is een effectieve tracer om de herkomst van de verschillende waterstromen in beeld te brengen. Chlorideconcentraties in het oppervlaktewater schommelen met de variatie in neerslag

en verdamping, maar ook als gevolg van bijvoorbeeld inlaat van water van buitenaf. Als er in een beek vaak water wordt ingelaten dan verwachten we dat de chlorideconcentraties in de beek dit signaal laten zien. Als grondwater daarentegen de dominante component vormt van het beekwater dan verwachten we dat de chlorideconcentratie min of meer constant is ten opzichte van de netto neerslagdynamiek, omdat voor grondwater de samenstelling veel constanter is.

### 3.3. Geomorfologie

In de geomorfologische analyse hebben we ons de volgende vragen gesteld:

- welk geultype (recht, meanderend of vlechtend) past bij de heersende condities?
- welke dimensies (diepte, breedte) passen bij de heersende condities?
- welke processen (erosie, sedimentatie) passen bij de heersende condities?
- welke oeverontwikkeling past bij de heersende condities?
- welke invloed heeft vegetatie op erosie- en sedimentatieprocessen en oeverontwikkeling?

Voor al deze vragen is het belangrijk de afvoer vast te stellen welke bepalend is voor de natuurlijke dimensies van de beek (STOWA 2015). Deze dominante of geulvormende afvoer wordt gedefinieerd als de afvoer die het meeste sedimenttransport veroorzaakt in een evenwichtssituatie (Carling 1988). Deze afvoer is zowel hoog genoeg als frequent genoeg om over het jaar heen sediment te transporteren en hiermee sturend te zijn voor de geomorfologie. Er zijn verschillende manieren om de geulvormende afvoer te schatten (STOWA 2015):

- de geulvullende afvoer: de afvoer die nog net door de geul verwerkt kan worden zonder dat deze overloopt. De grondslag voor deze definitie is dat onder natuurlijke condities bij de geulvullende afvoer de verhouding tussen de breedte en de diepte van de stroming het minimaal mogelijke bereikt;
- de gemiddelde jaarlijkse afvoer: voor natuurlijke geulen valt die meestal wat lager uit dan de geulvullende afvoer en hierdoor onderschat de gemiddelde jaarlijkse afvoer de geulvormende afvoer;
- de afvoer met een statistische herhalingsperiode van 1,58 jaar. Deze waarde benadert de geulvullende afvoer, zoals die onder natuurlijke condities voor een geul in evenwicht zou bestaan. Uit onderzoek van een groot aantal natuurlijke rivieren is gebleken dat de geulvullende afvoer gemiddeld overeenkomt met een statistische herhalingsperiode van 1,58 jaar. De spreiding rond dit gemiddelde is echter groot. De geldigheid van deze benadering voor een Nederlandse beek is onbekend en het is niet gezegd dat zij beter is dan andere benaderingen;
- de gemiddelde jaarlijkse piekafvoer: ook deze waarde ligt doorgaans niet ver af van de geulvullende afvoer. Soms wordt ook de afvoer met een herhalingsperiode van 2 jaar of 2,33 jaar als representatieve piekafvoer voor geulvormende processen genomen.

De stroomsnelheid van het water en daarmee de geomorfologische processen worden mede bepaald door de helling van het beekdal. De helling van het beekdal is onveranderlijk binnen de tijdschaal die voor beheerders interessant is. Door meandering is de geulhelling van de beek lager dan de dalhelling. Het meanderproces is echter een gevolg van de oorspronkelijke condities, inclusief de terreinhelling, en daarom wordt de dalhelling beschouwd als sturende factor voor beekmorfologie.

Ten slotte worden de geomorfologische processen bepaald door het type materiaal dat in de beekbedding voorkomt. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen de bodem van de beek en de oevers:

- de oevers van Nederlandse beken bestaan uit zand, klei of veen. Zand erodeert gemakkelijk. Klei en veen zijn daarentegen recalcitranter. Het type oevermateriaal is sterk bepalend voor de vorm en dynamiek van de beekbedding. Beddingen met venige of kleiige oevers zijn vaak relatief smal in verhouding tot hun diepte en kunnen zich moeilijk door erosie zijdelings verplaatsen. Grondwateruittreding faciliteert oevererosie. Organische stof en plantenwortels in de bovengrond maken de oever steviger;
- de processen op de bodem zijn beter te beschrijven. Op de bodem van Nederlandse beken ligt meestal zandig materiaal dat bij hogere afvoeren door de stroming wordt meegevoerd. De mate van transport van beddingmateriaal hangt af van de afvoerdynamiek en de korrelgrootte van het beddingsediment. Hoe grover het beddingzand hoe meer stromingsenergie nodig is om het te verplaatsen. De hoeveelheid beddingmateriaal die door de beek getransporteerd kan worden is in hoge mate sturend voor de vorm en het gedrag van de beekbedding. Als de beek het beddingmateriaal moeilijk kan verplaatsen, zal de bedding stabiel blijven. Als de beek het beddingmateriaal makkelijk kan verplaatsen zullen allerlei beddingvormen en banken ontstaan die de stroomdraad (de lijn waarlangs de hoogste stroomsnelheden voorkomen) van de beek op bepaalde plaatsen richting de oever duwen, waardoor lokaal erosie optreedt. Lokale oevererosie gaat veelal gepaard gaan met rustiger condities aan de tegenoverliggende oever, waardoor daar afzetting van beddingmateriaal plaats kan gaan vinden. Op deze wijze kan de bedding zich zijdelings verplaatsen en vormen zich bijvoorbeeld meanderbochten.

#### **Welk geultype (recht, meanderend of vlechtend) past bij de heersende condities?**

De geomorfologische variabiliteit van beken en rivieren is te vatten in een continuüm van geulpatronen, waarin recht, meanderend en vlechtend de basisvormen zijn:

- wanneer er weinig stromingsenergie beschikbaar is, ontstaan geulen waarin onregelmatige bochten afgewisseld worden door vrij rechte stukken. Rechte geulen zijn in het algemeen relatief smal en diep en hebben steile oevers die veelal gevormd zijn in cohesief (lemig, kleiig) sediment of in veen. Door de geringe stromingsenergie en de relatief stevige oevers ondergaan rechte geulen in de loop der tijd nauwelijks veranderingen in vorm.
- meanderende geulen kenmerken zich door een regelmatig patroon van bochten, die zich langzaam verplaatsen door oevererosie in de buitenbocht en aanwas in de binnenbocht. Basisvoorwaarde voor hun ontstaan is de beschikbaarheid van voldoende stromingsenergie voor oevererosie. Meanderende geulen zijn gemiddeld breder en ondieper dan rechte geulen met een vergelijkbare afvoer.

Geulpatronen kunnen veranderen wanneer sturende factoren voor morfologie veranderen. In sommige gevallen leidt een verandering in sturende factoren tot een kleine wijziging in geulpatroon, maar niet tot een ander type patroon. In andere gevallen betekent een verandering in de sturende factoren een overgang naar een ander type patroon. Wanneer een geul zich aan de rand van een bereik van een bepaald geultype bevindt kan een kleine verandering in sturende factoren tot een overgang naar een ander geultype leiden. De bereiken voor geultypen zijn bepaald op basis van de factoren (1) dominante afvoer, (2) terreinhelling en (3) sediment in de geul.

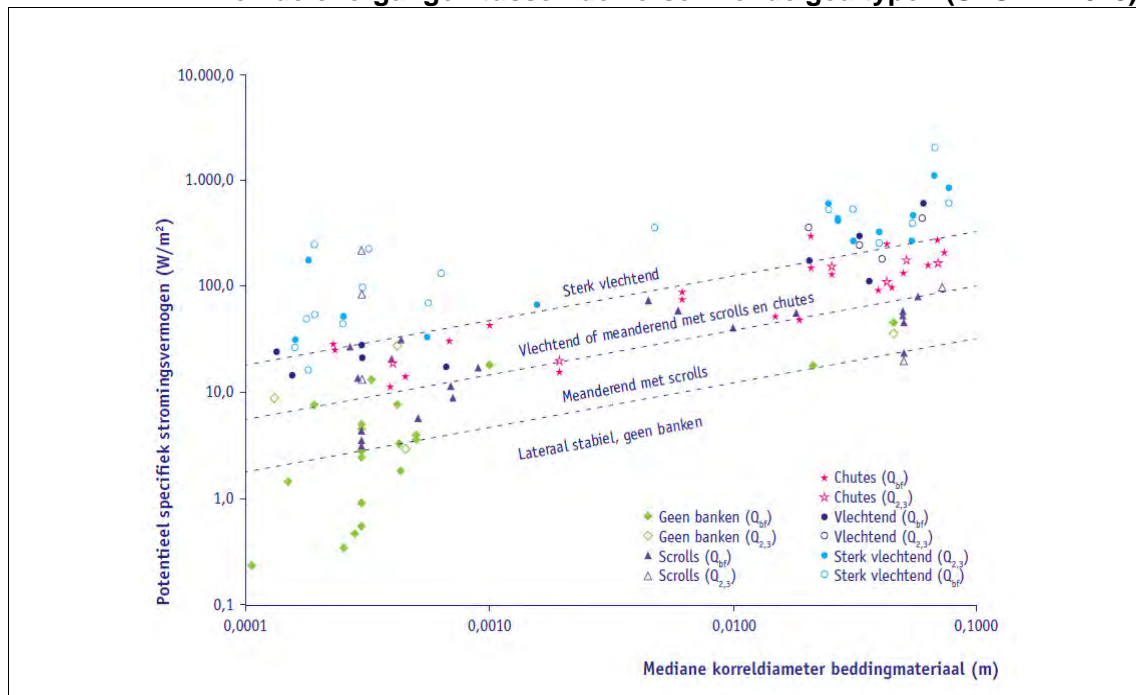
In dit onderzoek hebben we gebruik gemaakt van een zogenaamd stabiliteitsdiagram. Hierin wordt een energieparameter (waarin de dominante afvoer en terreinhelling terugkomen) uitgezet tegen een sedimentparameter (waarin het sediment wordt gekarakteriseerd aan de hand van de korrelgrootte). Een geschikte energieparameter voor stabiliteitsdiagrammen is het potentiële specifieke stromingsvermogen ( $\omega_{pv}$ ; in  $W/m^2$ ), dat is gedefinieerd als:

$$\omega_{pv} = \rho g Q S_v / W_r \quad (1)$$

waarin:

- $\rho$  = dichtheid van water ( $\text{kg/m}^3$ );
- $g$  = zwaartekrachtsversnelling ( $\text{m/s}^2$ );
- $Q$  = dominante of geulvormende afvoer ( $\text{m}^3/\text{s}$ );
- $S_v$  = helling van dal of vlakke (-);
- $W_r$  = breedte van een referentiegeul (m).

**Afbeelding 3.1. Stabiliteitsdiagram voor morfologische geultypen. Het potentiële specifieke stromingsvermogen is uitgezet tegen de mediaan van de korrelgrootte van het beddingmateriaal. De diagonale lijnen markeren de overgangen tussen de verschillende geultypen (STOWA 2015)**



De energie- en sedimentparameters zijn geschat voor de verschillende deelgebieden en afgezet tegen de referentietypen (zie Afbeelding 3.2). Voor de geulvormende afvoer is uitgegaan van de 50 % afvoer. Op basis van de positie van de deelgebieden in de afbeelding is bepaald welk geulpatroon op hoe de breedte van een referentiegeul wordt bepaald. Nader details over deze methode zijn te vinden in het handboek geomorfologisch beekherstel (STOWA 2015).

### Welke dimensies (diepte, breedte) passen bij de heersende condities?

Voor het berekenen van de dimensies van de dwarsdoorsnede (breedte en diepte) van geulen in een evenwichtssituatie zijn hydraulische-geometrie-relaties ontwikkeld. Dit zijn empirische vergelijkingen die breedte en diepte via een exponentiële functie relateren aan de afvoer. In het algemeen hebben hydraulische-geometrie-vergelijkingen de volgende vorm:

$$W = a Q^b$$

$$D = c Q^f$$

waarin

- $W$  = geulbreedte (m);
- $D$  = gemiddelde geuldiepte (m);
- $Q$  = dominante of geulvormende afvoer ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

a, c = te bepalen coëfficiënten;  
b, f = te bepalen exponenten.

Uit vele onderzoeken wereldwijd is naar voren gekomen dat de variatie in de exponenten b en f beperkt is. Meestal geldt:  $b = 0,5$  en  $f = 0,4$ . Deze waardes zullen hieronder als vast beschouwd worden.

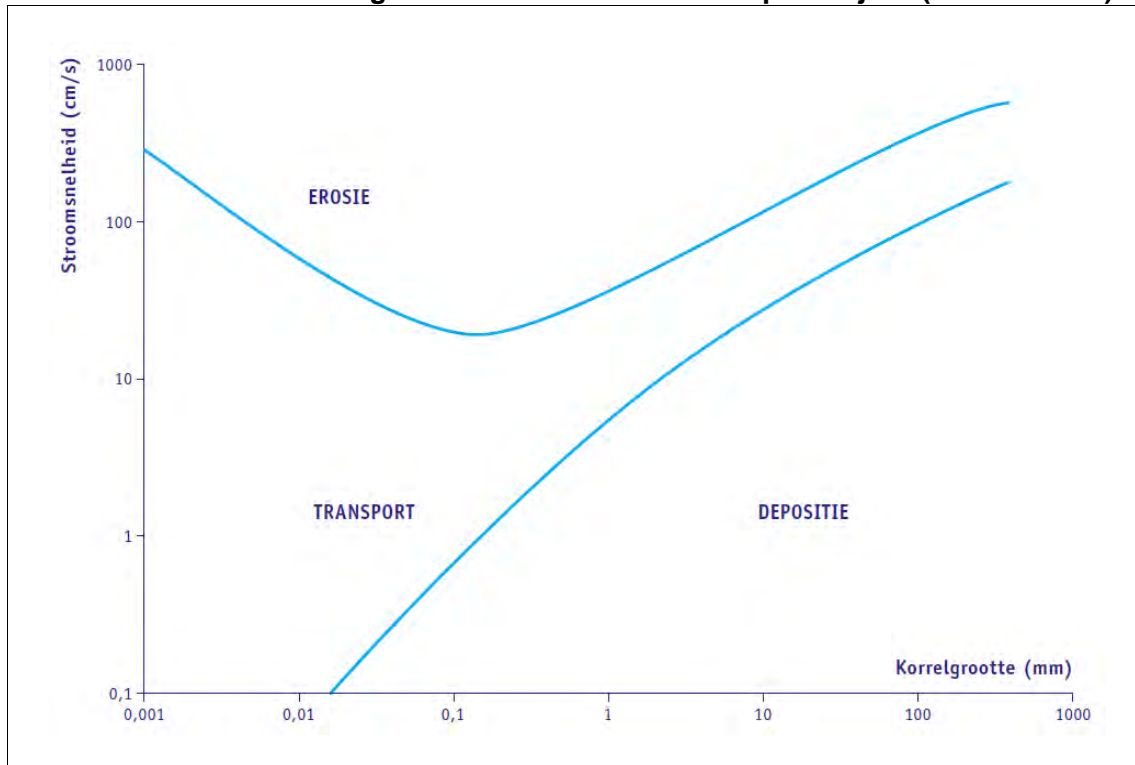
De coëfficiënt a in de vergelijking voor de breedte varieert aanzienlijk, vooral afhankelijk van sedimentkarakteristieken en de mate van oeverbegroeiing. Op basis van Knighton (1987) gebruikte Hobo (2006) voor het inschatten van de breedte van de herstelde Overijsselse Vecht een waarde van 5,62 bij zandige oevers en een waarde van 4 bij cohesieve (kleiige/lemige) oevers. Voor het Peizerdiep zijn we uitgegaan van respectievelijk 5,5 en 4.

Voor het inschatten van de diepte van geulen met een hydraulische-geometrie vergelijking moet coëfficiënt c bepaald worden. Knighton (1987) geeft waardes van 0,54 voor zandige oevers en 0,58 voor cohesieve oevers, bij een exponent f van 0,4. Deze waardes zijn door Hobo (2006) gebruikt om de diepte van de herstelde Overijsselse Vecht te voorspellen. Deze waarden zijn overgenomen ten behoeve van dit onderzoek.

### **Welke processen (erosie, sedimentatie) passen bij de heersende condities?**

Onderzocht is of er sprake zal zijn van erosie- en sedimentatieprocessen als gevolg van de optredende stroomsnelheden. De invloed van de stroomsnelheid op sedimenttransport verschilt per korrelgrootte. In Afbeelding 3.2 is het Hjulström-diagram weergegeven. Er wordt in dit diagram onderscheid gemaakt in drie fasen voor sedimenttransport, afhankelijk van stroomsnelheid en korrelgrootte. De bovenste curve is de erosiecurve. Fijn zand (korreldiameter  $\sim 0,1$  mm) kan bijvoorbeeld worden geërodeerd bij stroomsnelheden vanaf 20 cm/s, terwijl voor erosie van fijner en grover materiaal hogere stroomsnelheden nodig zijn. De onderste curve is de depositiecurve, die de fase afgrenst tussen transport en afzetting. Wanneer de stroomsnelheid daalt tot onder de depositiecurve wordt materiaal afgezet. De verticale afstand tussen beide curves laat zien dat fijn materiaal, zoals klei en silt, bij een groot bereik aan stroomsnelheden in transport kan blijven. Voor grover materiaal, zoals zand en grind, geldt een klein bereik van snelheden waarin nog transport plaats kan vinden.

**Afbeelding 3.2.** Hjulström-diagram, waarin erosie, transport en afzetting van sediment wordt gerelateerd aan korrelgrootte (horizontale as) en stroomsnelheid (verticale as). Het diagram geldt voor water dat over een los sedimentoppervlak stroomt. De bovenste curve geeft de ondergrens voor erosie van het sedimentoppervlak, de onderste curve geeft de bovengrens voor sedimentafzetting. In de zone tussen beide curves kan eerder geërodeerd sediment in transport blijven (STOWA 2015)



### Welke oeverontwikkeling past bij de heersende condities?

In rechte geulen is een systematische afwisseling van oevererosie en -aanwas in ruimte en tijd afwezig en zijn beide vaak langzame processen. Lange periodes van dominante oeveraanwas tijdens relatief lage afvoeren, die ervoor zorgen dat afvoercapaciteit van de geul langzaam afneemt, kunnen overgaan in grootschalige oevererosie wanneer de geul hogere afvoeren moet verwerken. Oeverontwikkeling kan in rechte geulen dus een cyclisch proces van opbouw en afbraak zijn, waarin een belangrijke rol is weggelegd voor de oevervegetatie die stabiliserend werkt op een erosiegevoelige oever omdat wortels het oevermateriaal binden, en die aanwas kan bevorderen door remming van de stroming en het invangen van sediment.

Oevererosie langs beken en rivieren is een complex proces, omdat er verschillende mechanismen aan ten grondslag liggen. De vier belangrijkste mechanismen (Afbeelding 3.3) zijn:

- A: afschuiving langs een recht schuifvlak;
- B: afschuiving langs een cirkelvormig schuifvlak;
- C: ondergraving en bezwijking van overhangende oevers;
- D: kwel-gerelateerde oeverbezwijking.

Onafhankelijk van het type mechanisme bepaalt de sedimenttransportcapaciteit van de stroming of en hoe vaak een bepaald mechanisme daadwerkelijk tot terugtrekken van de oever zal leiden. Alle mechanismen leiden tot stapsgewijze terugtrekking van de oever,

waarbij per stap een bepaalde hoeveelheid oevermateriaal ineens in de beek of rivier terecht komt. Dit materiaal blijft in eerste instantie aan de voet van de oever liggen op de bodem van de geul, als een soort voethelling die beschermend en stabiliserend werkt op de oever. Doorgaans kan de oever pas opnieuw bezwijken als dit materiaal door de stroming is opgeruimd. Het bezwijken van oevers gebeurt vaak bij een dalende waterspiegel na hoge afvoer, wanneer de tegendruk van het water in de geul op het met water verzadigde oevermateriaal wegvalt. Ook zorgt de waterverzadiging voor een verlaging van de weerstand langs het afschuifvlak. Welke mechanismen van oevererosie van toepassing zijn hangt af van:

- (1) de hoogte van de oever;
- (2) de helling van de oever;
- (3) het oevermateriaal en de eventuele gelaagdheid daarvan;
- (4) de erosieve kracht van de stroming;
- (5) het al dan niet voorkomen van uittredend grondwater;
- (6) de aard en dichtheid van oevervegetatie.

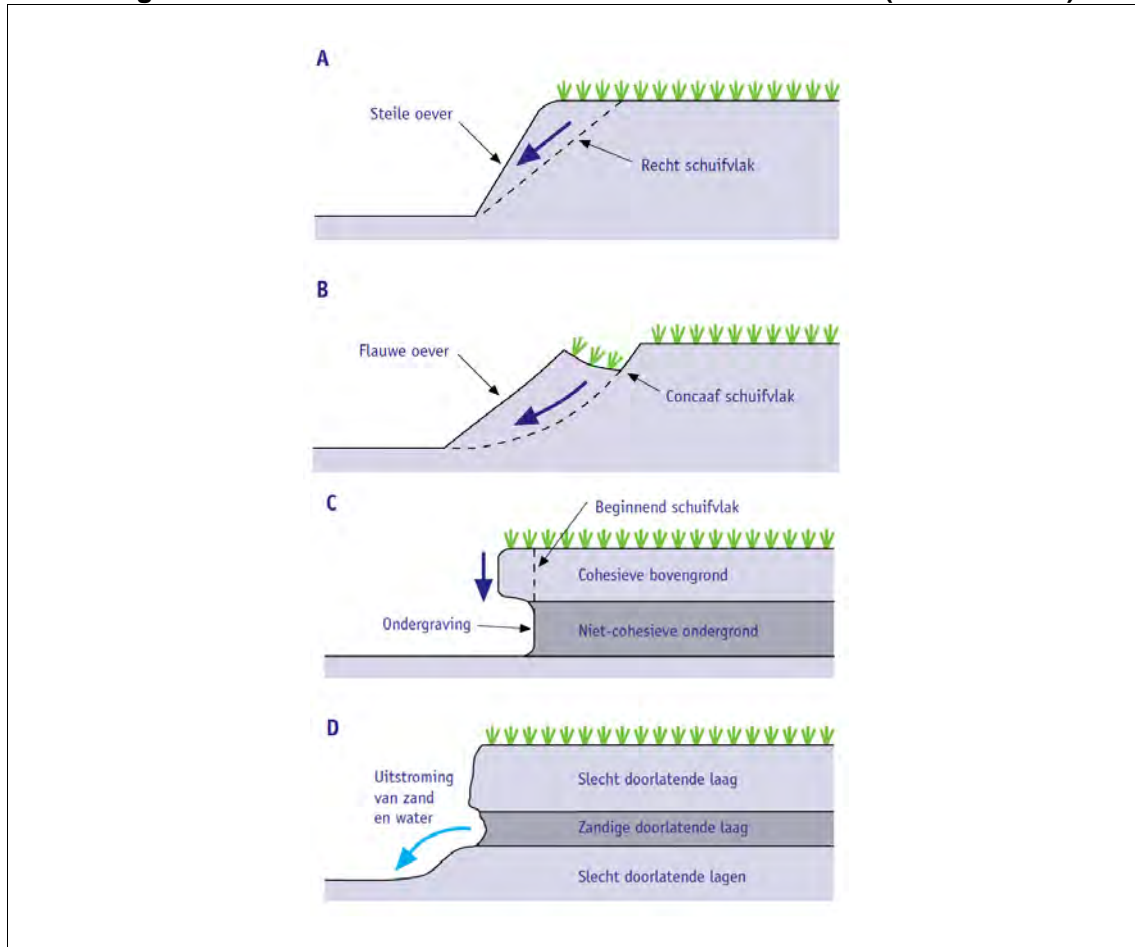
De mechanismen A en B vereisen oeverhoogtes van minimaal 2 tot 3 m en zijn in de praktijk voor Nederlandse beken niet van toepassing. Mechanisme C is waarschijnlijk dominant over aanzienlijke lengtes vrij eroderende oevers van Nederlandse beken, terwijl mechanisme D meer lokaal van toepassing is.

Mechanisme C is van toepassing op steile, gelaagde oevers, waarin een zandige onderlaag afgedekt wordt door een meer samenhangende, eventueel cohesieve, bovengrond (Wolfert, 2001). In zandgebieden geven humushoudende bodemhorizonten samenhang aan de bovengrond, terwijl de humusarme zandige ondergrond relatief makkelijk erodeerbaar is. Ook plantenwortels binden de bovengrond. Naarmate het zand meer leem bevat neemt de erodeerbaarheid af. In gebieden waar een kleiige of venige laag op een zandondergrond ligt is de dikte hiervan, ten opzichte van de geuldiepte, sterk bepalend voor de erodeerbaarheid van de oevers.

In de oever uittredende kwel kan zand opwoelen en in transport brengen en daardoor oevererosie teweeg brengen (mechanisme D). Vaak komen mechanismen C en D gecombineerd voor en wordt ondergraving van de oever versterkt door kwel.

Op grond van bovenstaande beschrijving is bepaald welke oeverontwikkeling verwacht mag worden.

**Afbeelding 3.3. Vier verschillende mechanismen van oevererosie (STOWA 2015)**



### Welke invloed heeft vegetatie op erosie- en sedimentatieprocessen en oeverontwikkeling?

De invloed van vegetatie op de oeverontwikkeling in beken is in potentie groot. Door de geringe diepte van beken beslaat de goed doorwortelde bovengrond een relatief groot deel van de totale oeverhoogte. Door de vaak geringe stroomsnelheden kan zich in beken relatief makkelijk vegetatie op de oever vestigen die sediment kan invangen. Door de lage stroomsnelheden is de sedimenttransportcapaciteit beperkt en kan het vrij lang duren voordat het materiaal, dat door afschuiving aan de voet van de oever terecht is gekomen, is opgeruimd. Als bijvoorbeeld afvoerpieken een tijdje uitblijven, kan de voethelling begroeid raken en sediment in gaan vangen. Op deze wijze kan de voethelling zich ontwikkelen tot een bank die de steile oever beschermt en op den duur volledig bedekt. Wanneer weer een periode van erosie aanbreekt, kan de cyclus van afbraak en opbouw zich herhalen.

Op grond van het substraat, de oeverhoogte en de vegetatieontwikkeling is bepaald wat de invloed van vegetatie is.

### 3.4. Uitgangspunten

De systeemanalyse is gebaseerd op wat er op dit moment van het bekensysteem bekend is. Het bijzondere van dit onderzoek is dat de herinrichting net is afgerond. Veel gegevens beschrijven de situatie voor (of tijdens) herinrichting. De herinrichting van het Oostervoortse Diep is eerder afgerond. Het Oostervoortse Diep wordt dan ook als referentie gebruikt (wat



zijn hier de voorwaarden, hoe ontwikkelt de ecologie zich en wat mag op grond hiervan verwacht worden in het de rest van het bekensysteem?).

Hieronder geven we per deelonderwerp aan welke gegevens gebruikt zijn in de systeem-analyse.

### Geohydrologie

Voor de geohydrologische analyse zijn we uitgegaan van:

- debietmetingen: Alteveerstuw (Lieversche Diep) en brug over de N858 (Oostervoortse Diep);
- langjarige metingen aan de chlorideconcentratie op verschillende meetpunten. Er zijn veel meetpunten, maar de meetfrequentie is vaak beperkt. Dit onderzoek is gebaseerd op zeven meetpunten. Aanvullend is gebruik gemaakt van monsterpunten die in 2004 en 2005 bemonsterd.
- meteorologische gegevens van het KNMI-station Eelde;
- eerdere (model)studies:
  - MIPWA modelleringen (2011, 2012) gericht op de geohydrologie;
  - SOBEK modelstudies van ARCADIS gericht op de afvoerhydrologie: het betreft een globale modellering van het bekensysteem gebaseerd op de debietmetingen bij de Alteveerstuw. Een goede waterbalans ontbreekt en er zijn veel pragmatische keuzes gemaakt.

### Geomorfologie

Er zijn grote verschillen in de (nieuwe) inrichting van het bekensysteem. In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van verschillende morfologische kenmerken.

**Tabel 3.1. Geomorfologische kenmerken**

	De Slokkert (bovenstrooms/ fase I <sup>\$</sup> )	De Slokkert (benedenstrooms/ fase II*)	Lieversche Diep	Groote Diep (heringericht deel)	Oostervoortse Diep
breedte (m)	1,1 - 4	3	7-10	5-8	2-3
lengte (km)	11,5	3	2,5	10	9
verval (m)	3,0	1,1	1,3	2,4	5,5
verhang (m/km)	0,26	0,37	0,52	0,24	0,6
diepte	0,6-0,8	0,3-0,9	0,5-1,2	0,4-0,8	0-0,6

\$ Vanaf inlaat Kolonievvaart tot aan voormalige monding Broekenloop

\* Vanaf voormalige monding Broekenloop tot aan de vistrap ten zuiden van de Eenerstraat

### Waterkwaliteit

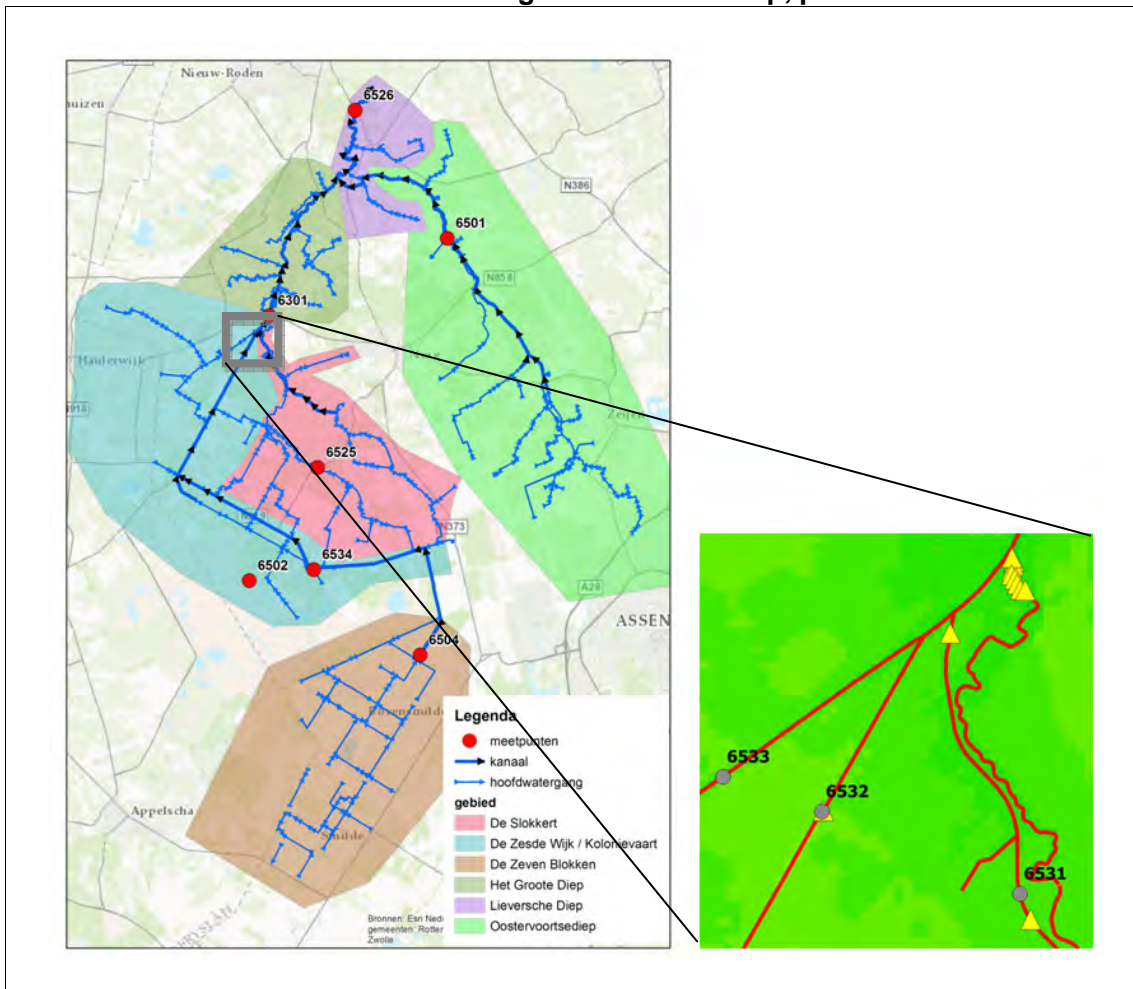
Voor de analyse van de waterkwaliteit zijn we uitgegaan van fysisch-chemische metingen, onder andere nutriënten en chlorofyl a. In Afbeelding 3.4 en Tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste meetpunten voor dit onderzoek. Er zijn ook andere meetpunten in het gebied, maar deze zijn buiten beschouwing gelaten, omdat het aantal metingen beperkt is.

**Tabel 3.2. Meetpunten, deelgebieden en meetperiodes**

meetpunt	deelgebied	meetperiode
6501	Oostervoortse Diep	actueel
6502	Fochteloërveen (Eesmeer)	actueel
6504	Zeven Blokken	actueel
6525	Slokkert (bovenstrooms)	actueel
6526	Lieversche Diep	actueel

meetpunt	deelgebied	meetperiode
6531	Slokkert (benedenstreams)	2004-2005
6532	Zesde Wijk	2004-2005
6533	Schipsloot	2004-2005
6534	Sluis 1 <sup>e</sup> Wijk (Inlaat Kolonievaart)	actueel
DREH2	Drentsche Hoofdvaart (Bovensmilde)	2004
DREH7	Drentsche Hoofdvaart (Uffelte)	actueel

**Afbeelding 3.4.** Links: geselecteerde meetpunten waterkwaliteit ten behoeve van dit onderzoek. Rechtsonder: aanvullende meetpunten ten behoeve van inzicht in samenstelling water Groote Diep, periode 2004-2005



## Vegetatie

Vegetatiegegevens zijn beperkt beschikbaar. Voor vier meetpunten zijn vegetatiegegevens beschikbaar over langere perioden. In het Oostervoortse Diep ligt punt 6501, in de Zeven Blokken punt 6504, in de Slokkert punt 6525 en in het Lieversche Diep punt 6526. Uitgebreider is er gemonsterd vanaf 2010. PQ's in het Oostervoortse Diep en Groote Diep zijn vanaf dat moment bemonsterd. Deze PQ's zijn goed gerepliceerd en geven daarom een gebalanceerd beeld van de situatie over de vegetatie in de twee beektakken. We kunnen hier gebruik maken van het gegeven dat het Oostervoortse Diep al in 2008 is heringericht en dat dit systeem als blauwdruk kan fungeren voor de westelijke tak van het systeem. We bekijken vegetatie vooral op het niveau van de bedekking van functionele groepen.

## **Macrofauna**

Door het waterschap zijn in de loop van de jaren op verschillende punten in het beekstelsysteem gegevens verzameld rond macrofauna.

Voor vier meetpunten zijn macrofaunagegevens beschikbaar over langere perioden (tussen 1994 en 2013). In het Oostervoortse Diep ligt punt 6501, in de Zeven Blokken punt 6504, in de Slokkert punt 6525 en in het Lieversche Diep punt 6526. Uitgebreider is er gemonsterd vanaf 2010. PQs in het Oostervoortse Diep en Groote Diep zijn vanaf dat moment bemonsterd. We hebben gebruik gemaakt van KRW abundantieclassen en van ruwe tellingen.



## 4. BESCHRIJVING VAN HET WATERSYSTEEM

### 4.1. Algemeen

#### Kenmerken

De 'bovenlopen van het Peizerdiep' is een bekensysteem dat water afvoert vanaf het Drents plateau in noordelijke richting. Het systeem bestaat uit twee hoofdtakken, 'een hoefijzer', dat het dorp Norg omsluit. Eén tak van het systeem loopt ten westen van Norg en vormt het Grootte Diep. Een andere tak loopt ten oosten van Norg en vormt het Oostervoortse Diep. Ten noorden van Norg komen de beide beken samen en vormen dan het Lieversche Diep.

**Afbeelding 4.1. Het Peizerdiepsysteem rond Norg in A. 1899, het 'oorspronkelijke' beekensysteem, B. 1998, het gekanaliseerde systeem en C. 2015, het heringerichte systeem**



#### Historie

In de afgelopen zestig jaar is er veel veranderd in het gebied:

- tot in de jaren zestig van de twintigste eeuw werden de sterk kronkelende bovenlopen van het Peizerdiep vooral omgeven door hooilanden en waren de hoger gelegen gronden onontgonnen woeste gronden (Afbeelding 4.1 A);
- in de jaren zestig werden de bovenlopen rechtgetrokken en verbreed. De beek werd vergraven tot een breed kanaal, waarmee werd geanticipeerd op hoge piekafvoeren (tweemaal de maatgevende afvoer). Het oorspronkelijke karakter van de beek en de bijbehorende habitats gingen hierdoor verloren (Afbeelding 4.1 B);

- recentelijk zijn herinrichtingsprojecten uitgevoerd in grote delen van het Oostervoortse Diep (afgerond in 2008) en het Groote Diep (afgerond in het najaar van 2014) met als doel herstel van het oorspronkelijk karakter van het beekstelsel (Afbeelding 4.1 C).

### **Herinrichting**

De waterlopen zijn versmald en teruggebracht naar meanderende beken. De bodem van de beken is verhoogd en volgt nu weer het natuurlijke verhang van het gebied. Het beekdal is ingericht op basis van een 50 % maatgevende afvoer. De herinrichting is hiermee zodanig dat de beek in grote delen van het gebied buiten de oevers kan treden. Stuwen zijn gedeeltelijk verwijderd waardoor connectiviteit niet langer een belemmering vormt binnen de heringerichte delen. Wel is er stroomafwaarts van het studiegebied nog een matig functionerende vistrap waardoor vismigratie van buiten het gebied nog wel op problemen kan stuiten.

## **4.2. Deelgebieden**

Ten behoeve van de systeemanalyse voor het beekstelsel is uitgegaan van een onderverdeling in deelgebieden op grond van de (geo)hydrologie en de inrichting, omdat we op grond hiervan verwachten dat de deelgebieden hydrologisch en ecologisch anders functioneren. Er is onderscheid gemaakt in de volgende deelgebieden (van bovenstrooms naar benedenstrooms):

- Drentse Hoofdvaart/Norgervaart (brongebied, buiten onderzoeksgebied);
- de Zeven Blokken (brongebied, buiten onderzoeksgebied);
- Fochteloërveen (brongebied, buiten onderzoeksgebied);
- zesde Wijk/Kolonievaart (niet heringericht, buiten onderzoeksgebied);
- de Slokkert;
- Groote Diep;
- Oostervoortse Diep;
- Liewersche Diep.

Hieronder volgt een beschrijving van de deelgebieden met karakteristieke foto's van De Slokkert, het Groote Diep en het Oostervoortse Diep (de deelgebieden die deel uitmaken van het onderzoeksgebied). De foto's zijn gemaakt tijdens het veldbezoek.

### **Drentse Hoofdvaart/Norgervaart (buiten het onderzoeksgebied)**

De Drentse Hoofdvaart loopt van het Meppelderiep en de Reest in Meppel naar het Noord-Willemskanaal bij Assen. De Drentse Hoofdvaart is van belang in droge perioden. Er kan water vanuit de Norgervaart worden ingelaten via De Zeven Blokken en via de Kolonievaart. De Norgervaart is een zijtak van de Drentse Hoofdvaart. Het Oostervoortse Diep heeft een inlaat vanuit het Noord-Willemskanaal.

### **De Zeven Blokken (buiten het onderzoeksgebied)**

De Zeven Blokken is de naam van het landbouwgebied ter hoogte van Smilde. In droge periodes wordt in dit gebied water ingelaten vanuit de Norgervaart. Afwatering vindt plaats via de 'Leiding naar de Kolonievaart'. In droge perioden ontvangt dit gebied dus voornamelijk water en in natte periodes wordt er afgewaterd op de Kolonievaart.

### **Fochteloërveen (buiten het onderzoeksgebied)**

Geïsoleerd hoogveengebied dat bij hoge waterstanden afwatert op de Kolonievaart.

### **Zesde Wijk/Kolonievaart (buiten het onderzoeksgebied)**

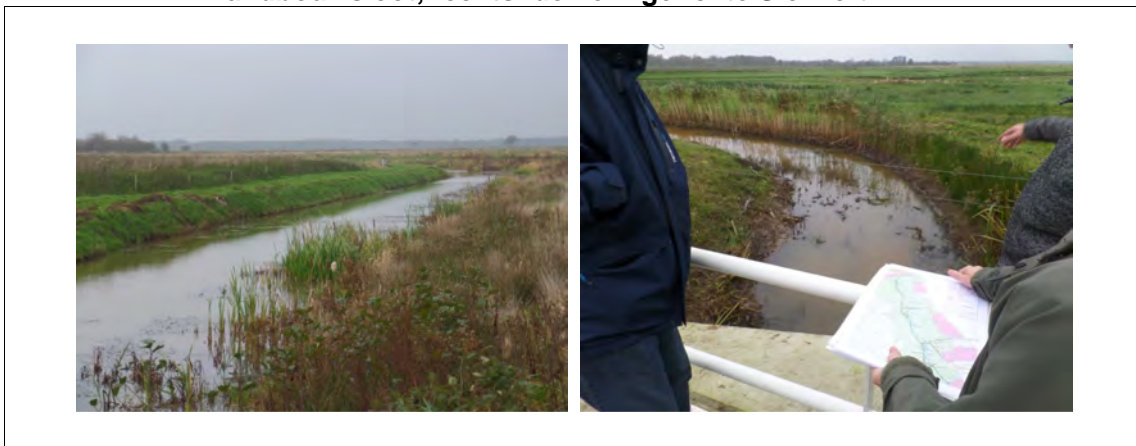
De Kolonievaart (die stroomafwaarts overgaat in de Zesde Wijk) ontvangt het wateroverschot vanuit het landbouwgebied 'de Zeven Blokken', verschillende percelen rondom de

vaarten en vanuit het Fochteloërveen. Daarnaast heeft de Kolonievaart een inlaat vanuit de Norgervaart. Vanuit de Kolonievaart wordt water ingelaten in het Tonckensdiepje en de Slokkert. De Zesde Wijk komt bij Eén samen met de Schipsloot en de Slokkert en vormt vanaf daar het Grootte Diep.

#### **De Slokkert (binnen het onderzoeksgebied)**

De Slokkert ontvangt inlaatwater vanuit de Kolonievaart en regenwater en kwel vanuit de landbouwgebieden rond de beek. Vanaf het punt waar de Brullenloop in de Slokkert uitmondt komt ook water uit het Fochteloërveen in de Slokkert terecht. Bij de herinrichting is er voor gekozen om de Slokkert niet hydrologisch te verenigen met de oorspronkelijke landbouwfawatering rond de Slokkert zelf en het Tonckensdiepje dat in deze overgedimensioneerde afwating uitkomt. Op korte afstand van deze rechtgetrokken sloot ligt nu een meanderende Slokkert (Afbelding 4.2).

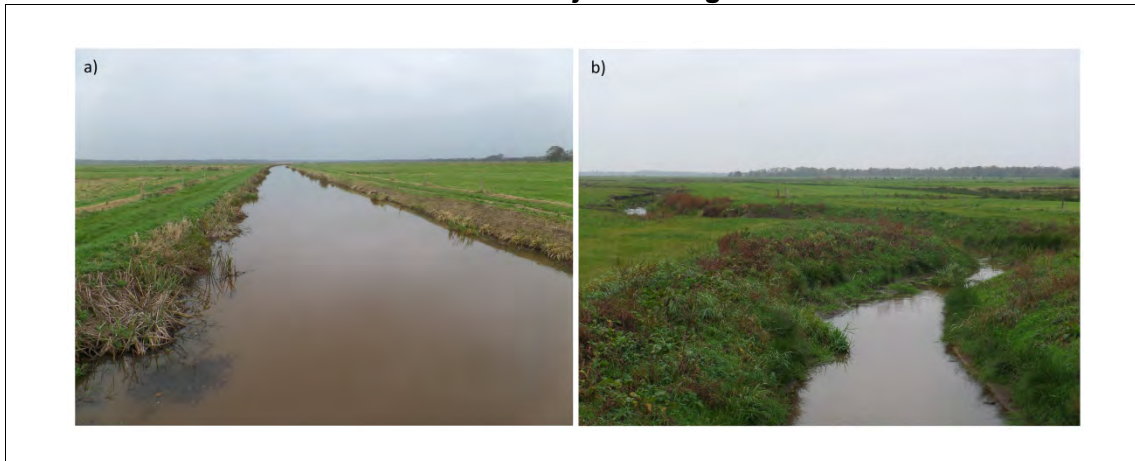
**Afbelding 4.2. De Slokkert (ter hoogte van de Veenhuizerbrug). Links: de oude landbouwsloot, rechts: de heringerichte Slokkert**



#### **Het Grootte Diep (binnen het onderzoeksgebied)**

Het Grootte Diep betreft het deelgebied beginnend bij de samenkomst van de Zesde Wijk, de Slokkert en de Schipsloot. Omdat er in het Grootte Diep nog een stuw zit, is er een belangrijk verschil tussen het Grootte Diep boven de stuw en het Grootte Diep beneden de stuw (Afbelding 4.3). Het bovenstuwse gedeelte van de beek is niet heringericht en heeft daarom de oude dimensionering gericht op afvoer. Beneden de stuw is het Grootte Diep heringericht en treffen we juist weer een kronkelende beek met stroming aan. Dit geldt voor het grootste deel van de beek ten noorden van de stuw. Op het punt waar het Oostervoortse Diep en het Grootte Diep samen komen begint het Lieversche Diep.

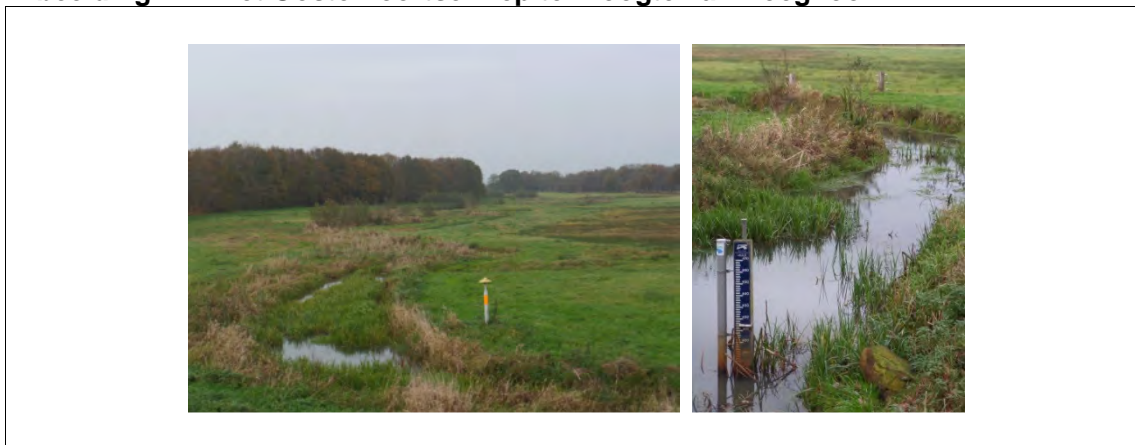
**Afbeelding 4.3. a) Het Grote Diep boven de stuw ter hoogte van de Eenerweg in Noordelijke richting. b) Het Grote Diep beneden de stuw ter hoogte van de N373 in zuidwestelijke richting**



#### **Oostervoortse Diep (binnen het onderzoeksgebied)**

Het Oostervoortse diep vormt de oostelijke tak van de bovenloop van het Lieversche Diep. Het zorgt voor de afwatering van het gebied ten zuidoosten van Norg en ten noorden van Assen. Het Peesterdiep en de Broekenloop vormen de bovenloopse beekjes. Er is een inlaat voor water vanuit de Noord-Willemskanaal. Het Oostervoortse Diep is heringericht in 2008 en de beekontwikkeling loopt om die reden zes jaar voor op de trajecten die in 2014 zijn heringericht (Afbeelding 4.4).

**Afbeelding 4.4. Het Oostervoortse Diep ter hoogte van Roeghoorn**



#### **Lieversche Diep (binnen het onderzoeksgebied)**

Het Lieversche Diep is het meest benedenstroomse deelgebied, en ontvangt water uit het Grote Diep en het Oostervoortse diep. Het Lieversche Diep vormt een belangrijk punt in deze systeemanalyse vanwege de debietmetingen afkomstig van de voormalige stuw. Het deelsysteem wordt in onze analyse begrensd door de brug van de Meersingheweg over het Lieversche Diep, welke samenvalt met meetpunt 6526. Benedenloops van dit punt heeft geen herinrichting plaats gehad en zijn geen metingen geanalyseerd.



**Afbeelding 4.5. Lieversche diep ter hoogte van voormalige Alteveerstuw**



### 4.3. Ecologische toestand

Het KRW-waterlichaam 'bovenlopen van het Peizerdiep' scoort op de KRW maatlatten (2012) matig voor waterplanten, ontoereikend voor macrofauna en slecht voor vis (Koeman en Bijkerk 2013). Afbeelding 4.6 geeft de referentiesituatie voor het relevante watertype R4 voor waterplanten (en de bedekking behorend bij de verschillende klassen). Opvallend is dat er voor alle deelmaatlatten een optimale bedekking is vastgesteld die lager is dan 100 %. Voor ondergedoken en drijvende planten is dit bijvoorbeeld 20-45 %. Dit geldt echter niet voor oeverbegroeiing (bos), welke zeer goed scoort tussen 50 % en 100 %. Met andere woorden, hoe meer bos hoe beter. In grote lijnen vraagt de KRW dus om een gevarieerde begroeiing met aan de oevers bosontwikkeling. Andere soorten (macrofauna, vis) zullen van de begroeiing profiteren.

**Afbeelding 4.6. Benodigde bedekking waterplanten uitgaande van watertype R4 volgens Europese Kaderrichtlijn Water**

Groevorm	Slecht	Ontoereikend	Matig	Goed	Zeer goed	Referentiewaarde
Submers & Drijvend	-	0-5%	5-10%	10-20%	20-45%	30%
		80-100%	60-80%	45-60%		
Emerse vegetatie	>75%	0-1%	1-3%	3-5%	10-20%	10%
		50-75%	30-50%	20-30%		
Draadwier/Flab	30-100%	20-30%	10-20%	5-10%	0-5%	2%
Kroos	20-100%	10-20%	5-10%	3-5%	0-3%	1%
Oeverbegroeiing (bos)	0-5%	5-10%	10-20%	20-50%	50-100%	75%



## 5. SYSTEEMANALYSE: BESCHOUWING VAN VOORWAARDEN

In de eerste plaats proberen we in de systeemanalyse grip te krijgen op de voorwaarden die bepalend zijn voor het geohydrologisch, geomorfologisch en ecologisch functioneren van een beek. Deze voorwaarden zetten we af tegen de ecologische toestand (hoofdstuk 6).

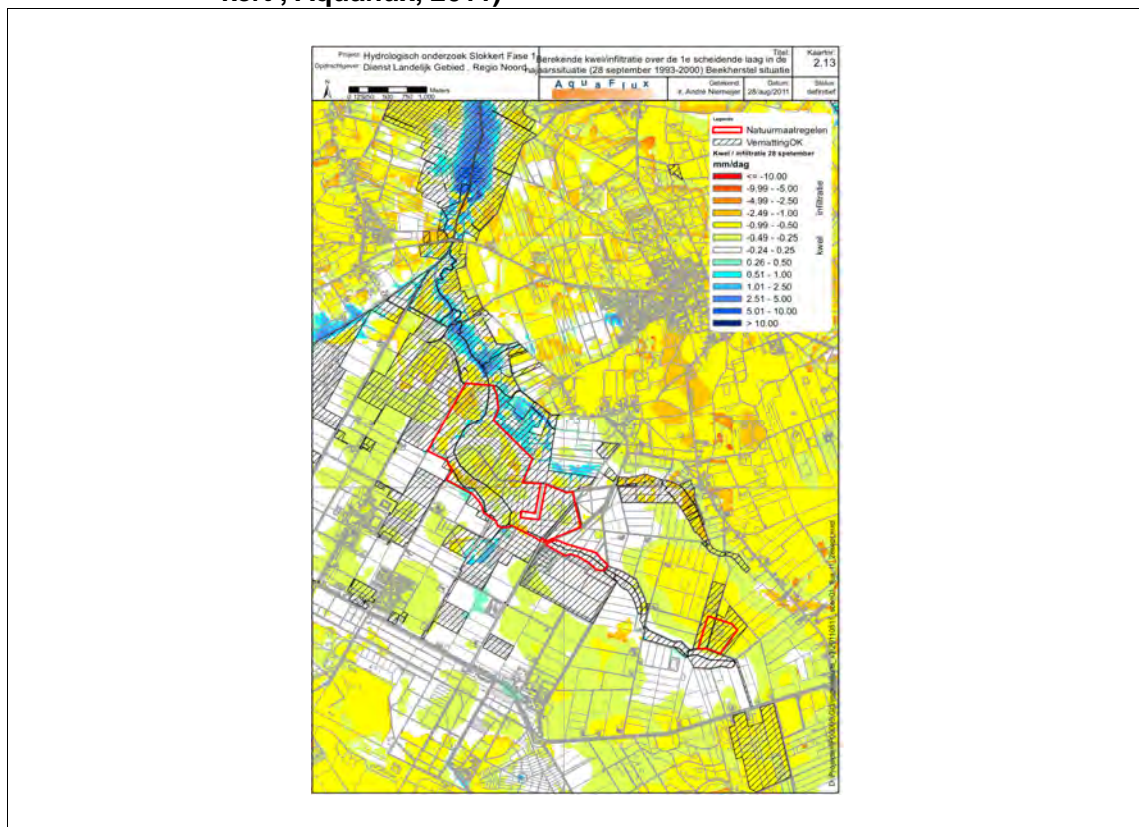
In dit hoofdstuk beschouwen we achtereenvolgens:

- de geohydrologie: (ESF2) grondwater, ESF1 afvoerdynamiek;
- de geomorfologie: (ESF6) natte doorsnede;
- de waterkwaliteit : (ESF4) belasting;
- de overige aspecten: (ESF3) connectiviteit.

### 5.1. Grondwater

Een belangrijke vraag is of er in de huidige situatie voldoende aanvoer is van grondwater (ESF 2) om het beekstelsel het gehele jaar te laten stromen. De toevoer van grondwater is vooral van belang in droge perioden. In Afbeelding 5.1 is de langjarig gemiddelde kwel en infiltratie weergegeven.

**Afbeelding 5.1. Kwel (blauw) en infiltratie (geel-rood) rondom De Slokkert en een deel van het Groote Diep (uit 'Geohydrologisch onderzoek De Slokkert', Aquaflex, 2011)**



Afbeelding 5.1 laat zien dat het Groote Diep gevoed wordt met veel kwel (1-10 mm/dag rond de beek). In het benedenstroomse deel van de Slokkert is ook sprake van kwel, maar wel veel minder dan in het Groote Diep (0.5-5 mm/dag). In het bovenstroomse deel van de Slokkert is de kwelbijdrage verwaarloosbaar. Uit deze afbeelding valt niet op te maken of er

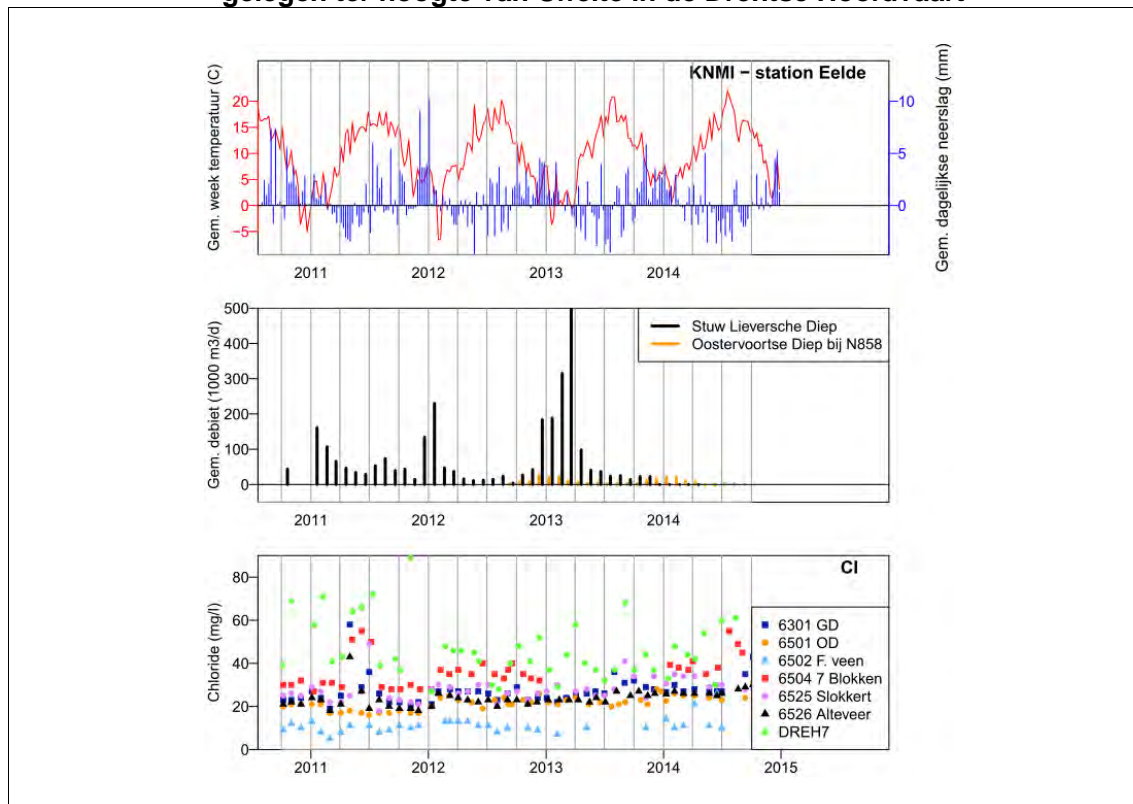
in het bekensysteem als geheel voldoende kwel aanwezig is om een continu stromende beek zonder hulp van inlaatwater te verkrijgen. In de volgende paragraaf komen we hier op terug.

De herinrichting heeft geleid tot hogere grondwaterstanden in de directe omgeving van het bekensysteem, met name rond het Grootte Diep. Dit leidt tot een tragere afvoer van grondwater in natte perioden. Hierdoor neemt de sponswerking van het beekdal toe. Een groot deel van de landbouwgebieden heeft echter zijn functie behouden. De drooglegging blijft hier gehandhaafd op één meter uitgaande van een 50 % afvoer. De sponswerking van het beekdal als geheel blijft hiermee beperkt (zie ook bijlage I).

## 5.2. Afvoerdynamiek

Een andere manier om te bepalen of er voldoende grondwater in het bekensysteem aanwezig is voor stroming, is een analyse van de debieten bij de Alteveerstuw. Voor een goede analyse rond afvoerdynamiek (ESF 1) is het van belang de debieten te beschouwen in relatie tot de meteorologie (neerslag en verdamping) en de chlorideconcentratie (herkomst van water). In afbeelding 5.2 is respectievelijk de netto neerslag (neerslag-verdamping), de watertemperatuur, het gemeten debiet en de chlorideconcentratie weergegeven voor de jaren 2010 t/m 2014.

**Afbeelding 5.2. Meteorologische gegevens van KNMI-station Eelde van 2010 t/m 2014. Neerslag- en luchttemperatuurdata zijn daggemiddelden per week. Daaronder debietgegevens (gemiddelde per maand) en de chlorideconcentraties van het water op verschillende punten in het systeem. GD = Grootte Diep bovenstrooms van de Enerstuw, OD = Oostervoortse Diep, F. veen is Fochteloërveen. DREH7 is een punt gelegen ter hoogte van Uffelte in de Drentse Hoofdvaart**



We gaan eerst in op de stroming, de herkomst, de gevolgen van herinrichting en het (inlaat)beheer en vervolgens op de afvoer en de verwachte inundatie. Eerst concentreren we ons op droge perioden (stroming, herkomst, gevolgen herinrichting en beheer). Later op natte perioden (afvoer en inundatie).

### 5.2.1. Stroming (in droge perioden)

In afbeelding 5.2 is te zien dat er ter hoogte van de Alteveerstuw vrijwel altijd sprake is van afvoer en dus van stroming. Dit komt overeen met het beeld van het waterschap. De afvoer kent een logische relatie met het neerslagoverschot. Verder is te zien dat de afvoer vanuit het Oostervoortse Diep maar beperkt bijdraagt aan de afvoer bij de Alteveerstuw. Hieruit kunnen we afleiden dat de bijdrage vanuit het Groote Diep veel groter is dan vanuit het Oostervoortse Diep. De afvoer vanuit het Oostervoortse Diep lijkt wel continue (hoewel de meetreeks beperkt is tot de jaren 2012 t/m 2014).

NB! In het voorjaar van 2013 is de afvoer erg hoog in vergelijking met de andere jaren. Ook in de jaren voor 2010 komen dergelijk hoge afvoeren niet voor. We vermoeden dat hier sprake is van een meetfout. Waarschijnlijk als gevolg van de herinrichting.

Bij een 5 % afvoer is de stroming in de nieuwe situatie in het Groote Diep 7 tot 15 cm s<sup>-1</sup>. Bovenstrooms van de Eenerstuw (Kolonievaart/Zesde Wijk, Schipbeek, Slokkert) en in het Oostervoortse Diep is de stroming (veel) lager (zie bijlage I). Door de afwezigheid van stuwen in het heringerichte gebied is de stroming continue (het water zal nooit achter de stuw blijven staan).

### 5.2.2. Herkomst (in droge perioden)

#### Algemeen

In afbeelding 5.2 is naast de afvoer ook de chlorideconcentratie weergegeven op verschillende locaties in het bekensysteem. De chlorideconcentratie vertelt veel over de herkomst van het water. Er zijn drie belangrijke potentiële bronnen: water uit de Drentse Hoofdvaart (DREH7), water uit het Fochteloërveen (6502) en (grond)water uit het gebied zelf (geen meetpunt, maar de locaties 6501 en 6526 geven een enigszins representatief beeld).

De drie potentiële bronnen hebben ieder een karakteristiek verloop in de chlorideconcentratie:

- Drentse Hoofdvaart: variërend van 20 mg/l tot 100 mg/l met hoge concentraties in droge perioden;
- Fochteloërveen: vrij stabiel met variaties van 5 mg/l tot 20 mg/l als gevolg van de grote bijdrage van regenwater in dit hoogveengebied;
- (grond)water uit het gebied zelf: zeer stabiel, gemiddeld iets boven de 20 mg/l.

Van de deelgebieden die weergegeven zijn in de afbeelding is de chlorideconcentratie in de Zeven Blokken (6504) het hoogst. De invloed van water vanuit de Drentse Hoofdvaart lijkt hier dan ook het grootst. Dit is vermoedelijk het gevolg van een grotere watervraag dan in de rest van het gebied door het strakke peilbeheer en door irrigatie in het landbouwgebied. Er werd tot 2013 meer water ingelaten dan nodig voor het peilbeheer (mededeling waterschap Noorderzijlvest). Het gevolg was dat het overtollige water via de Kolonievaart in het beekstelsel terecht kwam.

Ter hoogte van de Alteveerstuw (6526) en het Oostervoortse Diep (6501) is de chlorideconcentratie in het bekensysteem het laagst. Dit wijst op een overheersende invloed van grondwater. Het verloop van de chlorideconcentratie is vergelijkbaar. Omdat de bijdrage

van het Oostervoortse Diep in de afvoer beperkt is, kunnen we hieruit afleiden dat de chlorideconcentraties in het (grond)water uit het Grootte Diep en het Oostervoortse Diep vergelijkbaar zijn. De chlorideconcentratie in het Grootte Diep bovenstrooms van de Enerstuw is wat hoger. Grondwater in het Grootte Diep zorgt voor de verlaging van de concentratie benedenstrooms. Ook in de Slokkert zien we soms hogere chlorideconcentraties als gevolg van inlaat.

Belangrijke verdere inzichten kunnen we verkrijgen aan de hand van patronen die zich voordoen in droge perioden waar tegelijkertijd sprake is van afvoer bij de Alteveerstuw. Met name het tweede kwartaal van 2011 is interessant vanwege de uitzonderlijke droogte. In het voorjaar van 2011 zien we aanhoudend hoge chlorideconcentraties in de Drentse Hoofdvaart (DREH7) en in de Zeven Blokken (6504). In de centraal gelegen punten in het Grootte Diep (6301) en de Slokkert (6525) en zelfs ter hoogte van de Alteveerstuw (6526) zien we ook verhoogde concentraties. Dit betekent dat er op dat moment veel inlaatwater door het gehele beekstelsel stroomt, eerst met name via het Grootte Diep, later ook via de Slokkert. De bijdrage van grondwater lijkt beperkt, met uitzondering van het traject tussen het Grootte Diep en de Alteveerstuw. Grondwater in het Grootte Diep zorgt voor de lagere concentraties bij de Alteveerstuw in vergelijking met het Grootte Diep.

Hieruit volgt dat de afvoer bij de Alteveerstuw in droge perioden vooral het gevolg is van inlaat van water uit de Drentse Hoofdvaart (waarvan een deel via Zeven Blokken) en dat het grootste deel van het inlaatwater de route via de Kolonievaart volgt. Er wordt maar beperkt water ingelaten via de Slokkert. Het Oostervoortse Diep laat in tegenstelling tot de andere meetpunten binnen het beekstelsel nagenoeg geen effect zien van droge periodes, zoals 2011. De inlaat vanuit de Noord-Willemsvaart is dus zeer beperkt. Het Oostervoortse Diep wordt vrijwel geheel door grondwater gevoed.

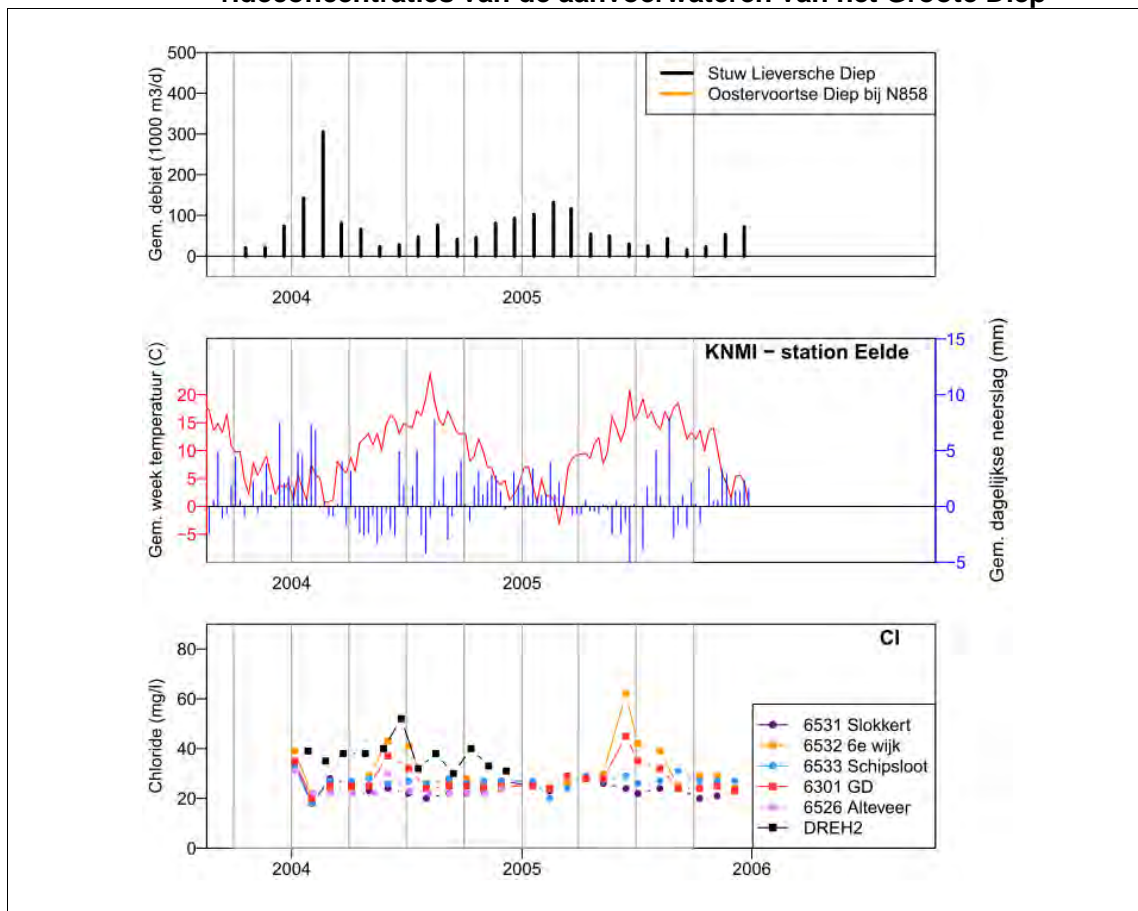
### **Grootte Diep**

Het Grootte Diep is een belangrijk element in het bekensysteem, omdat de toevoer van grondwater hier het grootst lijkt (Afbeelding 5.1). Er zijn geen recente gegevens voor een beter beeld van het hydrologisch functioneren van het Grootte Diep. Het enige meetpunt in het Grootte Diep (6301) ligt in het niet heringerichte deel stroomopwaarts van de belangrijkste kwelgebieden en de Enerstuw. Er zijn wel uitgebreide gegevens beschikbaar van de jaren 2004 en 2005. In Afbeelding 5.3 zijn deze gegevens op een rijtje gezet.

Het Grootte Diep begint daar waar drie waterstromen samenkomen (zie onder andere Afbeelding 4.1), te weten de Zesde Wijk, de Slokkert en de Schipsloot. Het Grootte Diep komt met het Oostervoortse Diep samen in het Liewersche Diep. In Afbeelding 5.3 is te zien dat in de zomer de chlorideconcentraties in de Drentse Hoofdvaart (DREH2) en de Zesde wijk (6532) toenemen (van 2005 ontbreken metingen in de Drentse Hoofdvaart). De Schipsloot en de Slokkert laten tegelijkertijd nauwelijks een verhoging van de chlorideconcentraties zien. De chlorideconcentratie in het Grootte Diep volgt de chlorideconcentratie in de Zesde wijk, maar is lager. De chlorideconcentratie bij de Alteveerstuw (6526) is nog lager, maar toch is er wel duidelijk sprake van een verhoging als gevolg van inlaat van water uit de Drentse Hoofdvaart.

Bovenstaande bevestigt het beeld dat de bijdrage van (inlaat)water uit de Kolonievaart/Zesde wijk aan de voeding van het bekensysteem aanzienlijk kan zijn, maar met name in (langdurige) droge perioden. In natte perioden is de bijdrage van grondwater overheersend. De bijdrage van (inlaat)water uit de Kolonievaart/Zesde wijk neemt bovendien af in het Grootte Diep van bovenstrooms naar benedenstrooms (bovenstrooms van Enerstuw tot Alteveerstuw).

**Afbeelding 5.3. Debieten over de Alteveerstuw, meteorologische gegevens en chlorideconcentraties van de aanvoerwateren van het Groot Diep**

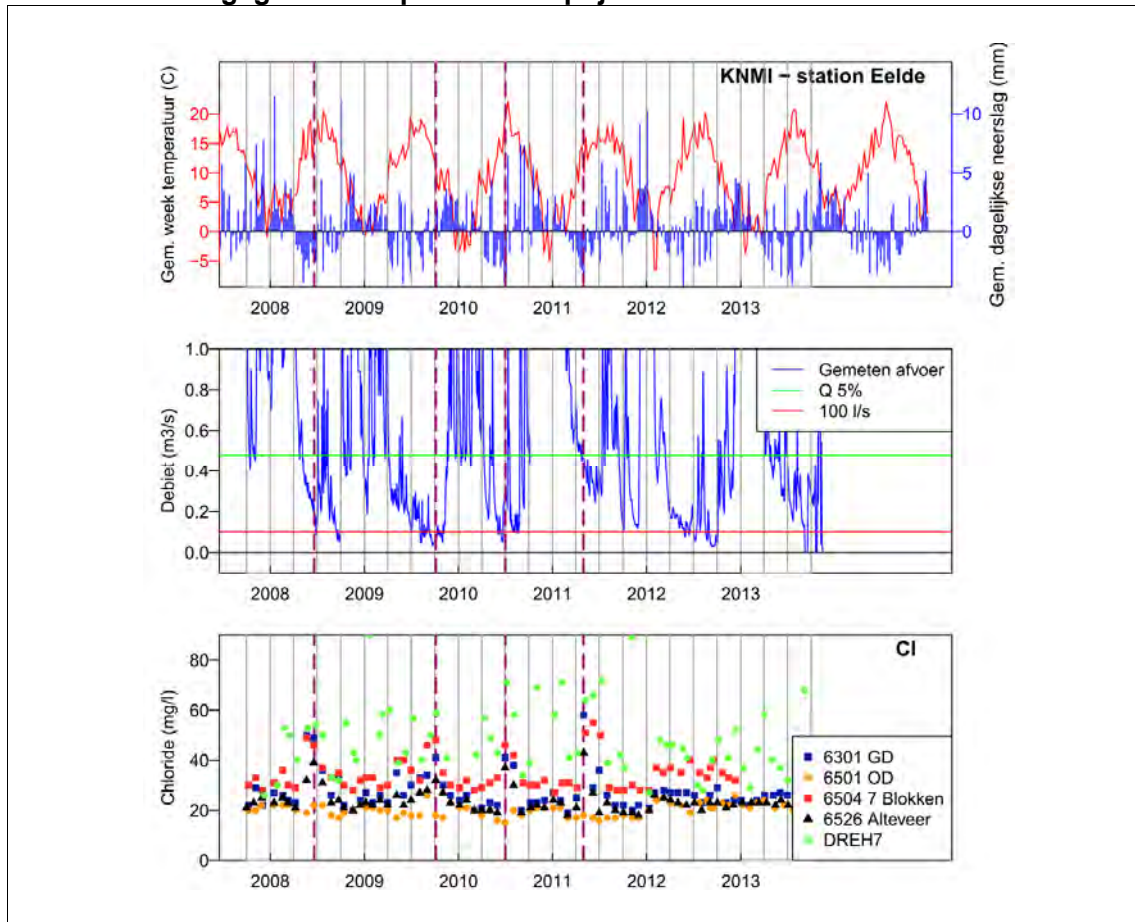


### Beheer (in droge perioden)

Voor een beter beeld van de bijdrage van de inlaat aan de afvoer ter hoogte van de Alteveerstuw in droge perioden beschouwen we een langere periode, waarbij we verder inzoomen op de afvoer. Verder zijn wederom de meteorologie en de chlorideconcentratie weergegeven. In de afbeelding is ter referentie aangegeven wat de 5 % maatgevende afvoer is (70 tot 120 dagen per jaar, de afvoer is dan  $500 \text{ l s}^{-1}$  en de stroming circa  $7 \text{ cm s}^{-1}$ ). Een afvoer van 100 l/s wordt zelden lange tijd onderschreden.

In de afbeelding zien we een bevestiging van wat geconcludeerd is op basis van het voorjaar van 2011. In de jaren voor 2012 zien we dat langere periodes van lagere afvoer steeds volgen op droge periodes en gepaard gaan met een verhoging van de chlorideconcentraties in met name het Groot Diep en in mindere mate bij de Alteveerstuw. Dit als gevolg van inlaat van water uit de Drentse Hoofdvaart. Vanaf 2012 zien we een afwijkend verloop van de chlorideconcentratie. Er lijkt minder water te worden ingelaten. Dit vermoeden is bevestigd door waterschap Noorderzijlvest. Vanaf 2013 is er met Henri Hoeks een nieuwe beheerder actief.

**Afbeelding 5.4. Meteorologische gegevens Eelde en debieten over de Alteveerstuw met de nadruk op de lage afvoeren en chlorideconcentraties in het Peizerdiep. Chloridepieken ter hoogte van de Alteveerstuw zijn aangegeven met paarse streeplijnen**



#### **Gevolgen herinrichting (in droge perioden)**

De belangrijkste verandering als gevolg van de herinrichting is dat er meer water wordt vastgehouden in het bekensysteem. Omdat een groot deel van de grondwaterstanden gelijk blijft (het gebied blijft in landbouwkundig gebruik) zal de afvoer ten tijde van droogte niet wezenlijk veranderen. De veranderde inrichting (smallere en ondiepere watergangen) zal wel invloed hebben op het vasthouden van water, zeker als er veel waterplanten gaan groeien.

In de Slokkert zal de herinrichting gepaard gaan met een verminderde grondwateraanvoer. Omdat de heringerichte Slokkert circa één meter hoger ligt dan de watergang die gebruikt wordt voor waterafvoer vanuit de landbouwgebieden, zal een groot deel van het grondwater niet meer via de Slokkert worden afgevoerd. De geohydrologische situatie tot 2014 is dan ook niet representatief voor de heringerichte Slokkert!

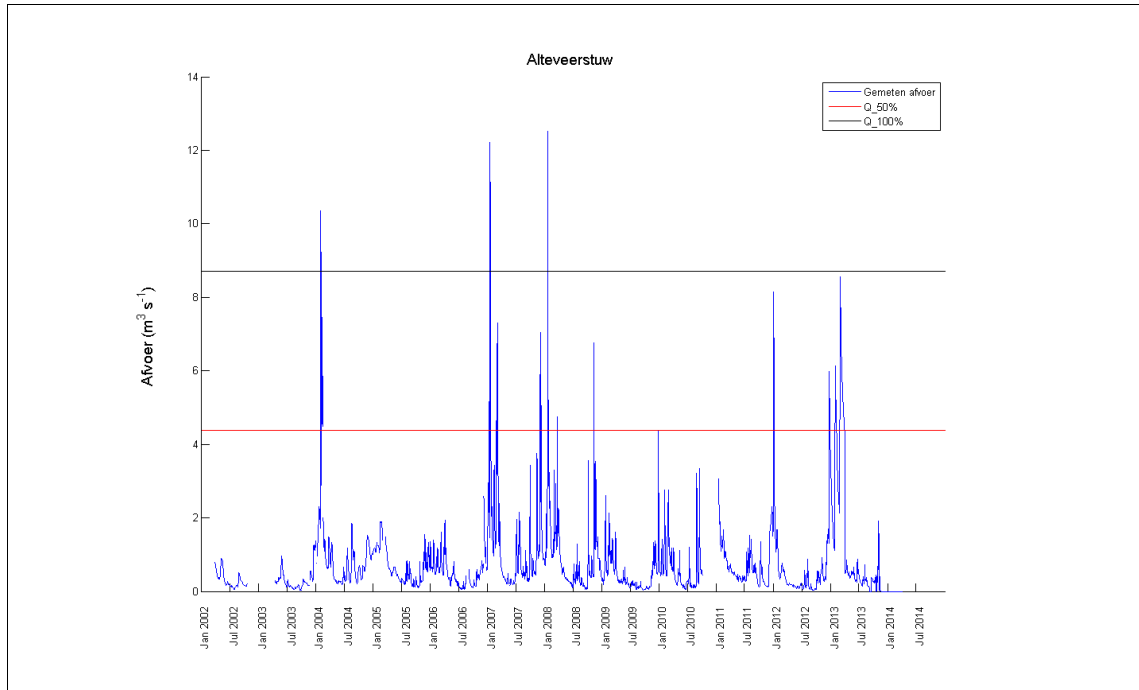
Door het wegnemen van stuwen zal de verdeling van kwel lokaal veranderen: waar de watergang nu dieper ligt dan eerder neemt de kweldruk toe en waar deze hoger ligt neemt deze af. Resultaat is dat er ongeveer evenveel water door de beek loopt.



### 5.2.3. Afvoer (in natte perioden)

Belangrijke gegevens over de afvoer in natte perioden in de nieuwe situatie ontlenen we aan het rapport van ARCADIS (2013). Een 50 % afvoer is hiervoor karakteristiek. Een dergelijke afvoer is tussen 2002 en 2014 grofweg eens in de één tot twee jaar opgetreden (zie Afbeelding 5.5).

**Afbeelding 5.5. Historische afvoer bij Alteveerstuw met respectievelijk de Q50 % en Q100 %**



Opgemerkt moet worden dat de 50 % afvoer en 100 % afvoer gelet op de metingen van de afvoer bij de Alteveerstuw overschat lijken. Dit kan te maken hebben met het ontbreken van meetwaarden van de afvoer bij de Alteveerstuw, maar ook het gevolg zijn van afwijkingen tussen model en werkelijkheid.

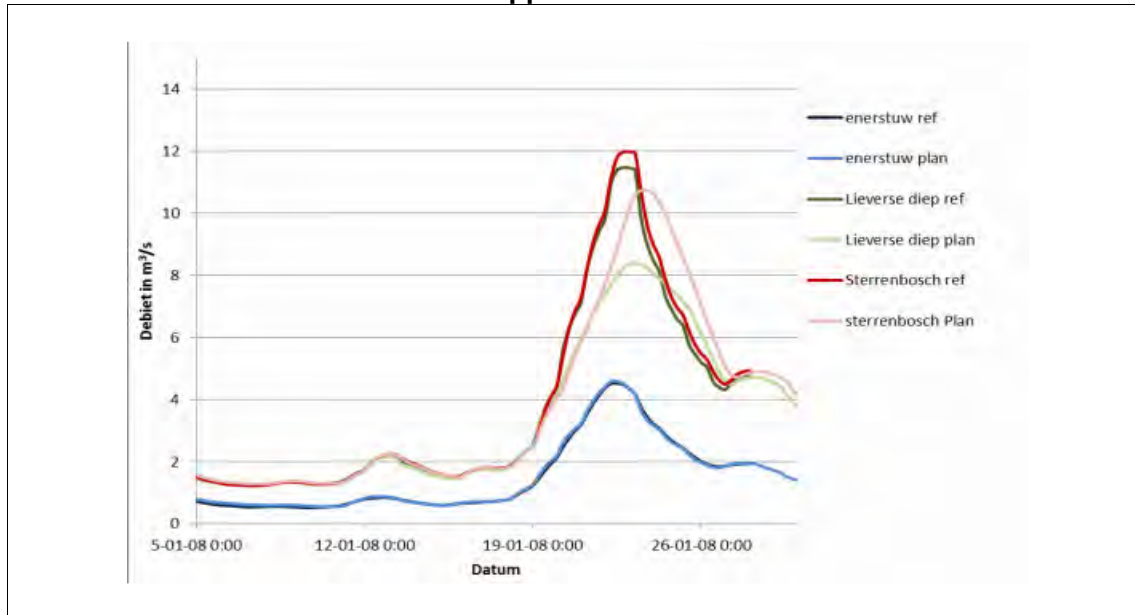
Bij een 50 % afvoer is er in het Groote Diep (benedenstrooms van de Enerstuw) gemiddeld sprake van een stroming van 30 tot 50 cm s<sup>-1</sup>. Lokaal zal de stroomsnelheid sterk variëren.

De herinrichting van het bekensysteem zorgt ervoor dat het water bij hoge afvoeren (>50% afvoer) buiten zijn oevers treedt, waardoor het langer vastgehouden wordt. Dit verlaagt en vertraagt piekafvoeren. Dynamische modellering door ARCADIS geeft een beeld van een hoge afvoer in de oude en de nieuwe inrichting (Afbeelding 5.6). Er is overigens uitgegaan van een afvoer die hoger is dan de 100 % afvoer. De afvoer zoals gemeten in januari 2008 komt zeer beperkt voor (in de afgelopen 12 jaar slechts één keer, uitgaande van de beschikbare metingen). De afvoer in januari 2008 ter hoogte van de Alteveerstuw zakt van ongeveer 11,5 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> naar 8,5 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> en er is sprake van enige vertraging (ruim 25 %). Ter hoogte van de Eenerstuw is geen effect zichtbaar van de herinrichting van het bekensysteem op de afvoer.

NB! Het is vreemd dat het oppervlak onder de lijn in Afbeelding 5.6 voor de afvoer voor en na herinrichting afwijkt. Het oppervlak (wat aangeeft hoeveel water in deze periode passeert) is na herinrichting lager dan voor herinrichting. Dit betekent dat er water zou verdwij-

nen in het bekensysteem. Ter hoogte van de Sterrebos (benedenstrooms van de Alteveerstuw) komen de oppervlaktes veel beter overeen. Tussen Alteveerstuw en Sterrebos verandert er niet veel in het bekensysteem. We vermoeden dat de berekende afvoer bij de Alteveerstuw na herinrichting niet klopt. De afvoer bij Sterrebos zou wel eens een beter beeld kunnen geven. In dat geval is de afvoer slechts 10 % lager dan voor herinrichting!

**Afbeelding 5.6. Met SOBEK gemodelleerde afvoer in januari 2008 over de Alteveerstuw voor zowel de oorspronkelijke situatie als de heringerichte nieuwe situatie. Uit rapport Arcadis 2013**



Het beeld van de gevolgen van de herinrichting op de afvoer is niet volledig (gebaseerd op een uitzonderlijke afvoer) en mogelijk onjuist (volumes voor en na herinrichting komen niet overeen).

De rol van de vegetatieontwikkeling is belangrijk. Vegetatie in de beek en in de overstroomingsvlakte kan de weerstand van het bekensysteem verhogen en daarmee de afvoer verder vertragen. Met beheer kan de vegetatieontwikkeling worden gestuurd. De vegetatieontwikkeling is in de studie van Arcadis meegenomen als één weerstand in het gehele bekensysteem.

#### 5.2.4. Inundatie (in natte perioden)

Ook gegevens over de inundatie na herinrichting ontleen we aan het rapport van ARCADIS (2013). De inundatie is bepaald voor een uitzonderlijke afvoer, zoals in januari 2008. Tijdens deze berekende afvoer treedt inundatie op in een groot deel van het bekensysteem, maar niet bovenstrooms van het Groote Diep (wat overeenkomt met het feit dat de berekende afvoer bij de Enerstuw voor en na herinrichting niet verschilt).

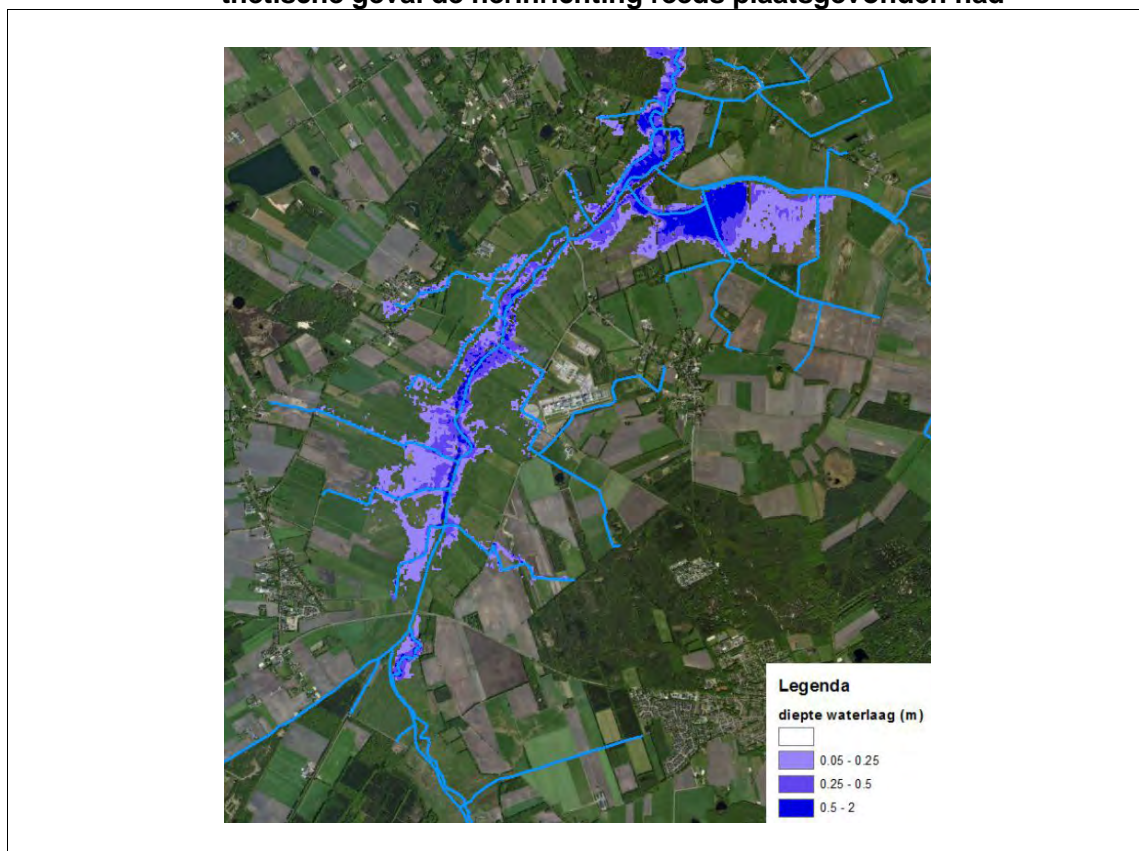
In het Groote Diep treedt verhoging van het grondwaterpeil op buiten de 'vernating ok' gebieden (zie bijlage I). Dit is niet gewenst. Er zijn echter verschillende kanttekeningen te plaatsen:

- deze grondwaterverhoging treedt op bij een uitzonderlijke afvoer, zoals de afvoer van januari 2008. Belangrijker is wat de verandering in grondwaterpeil is tijdens een 50 % afvoer en 100 % afvoer;

- het grondwaterpeil is afhankelijk van de weerstand in de beek. Deze weerstand is vooral afhankelijk van de vegetatieontwikkeling in de beek en de overstromingsvlakte. Met beheer is de weerstand te controleren (overigens zal de weerstand in de winter lager zijn dan in de zomer, omdat de vegetatie dan minder ontwikkeld is).

Vanwege de afname in dimensionering heeft de beek een grotere invloed gekregen op de bufferzone rondom de beek: zowel verhoging van het grondwaterpeil als het buiten de oevers treden van de beek behoren tot de mogelijkheden in het heringerichte systeem. Het functioneren van de bufferzone zal een matigende invloed hebben op de debietvariatie (ESF 1). De vegetatiedichtheid in de beek zal ook sturend zijn voor vernatting in de bufferzone en voor retentie van water in het systeem.

**Afbeelding 5.7. Maximale inundatie tijdens de afvoerpiek januari 2008 in het hypothetische geval de herinrichting reeds plaatsgevonden had**



### 5.3. Natte doorsnede

Hieronder gaan we in op de uitgevoerde geomorfologische analyse. Hierbij hebben we uitgebreid gebruik gemaakt van de kennis in het handboek geomorfologisch beekherstel van STOWA (2015). Sommige passages zijn (bijna) letterlijk overgenomen. Er is alleen gebruik gemaakt van kennis die relevant is voor dit onderzoek.

Er is eerst gekeken naar het geultype dat verwacht mag worden uitgaande van de geulvormende afvoer, de helling en het substraat. Vervolgens is bepaald welke dimensies (diepte en breedte) passen bij de geulvormende afvoer en in hoeverre dit overeenkomt met de dimensies na inrichting. Daarna is bepaald of verwacht mag worden dat er erosie-

processen op gaan treden. Ten slotte is een voorspelling gedaan van de oeverontwikkeling op korte en lange termijn.

### 5.3.1. Geultype

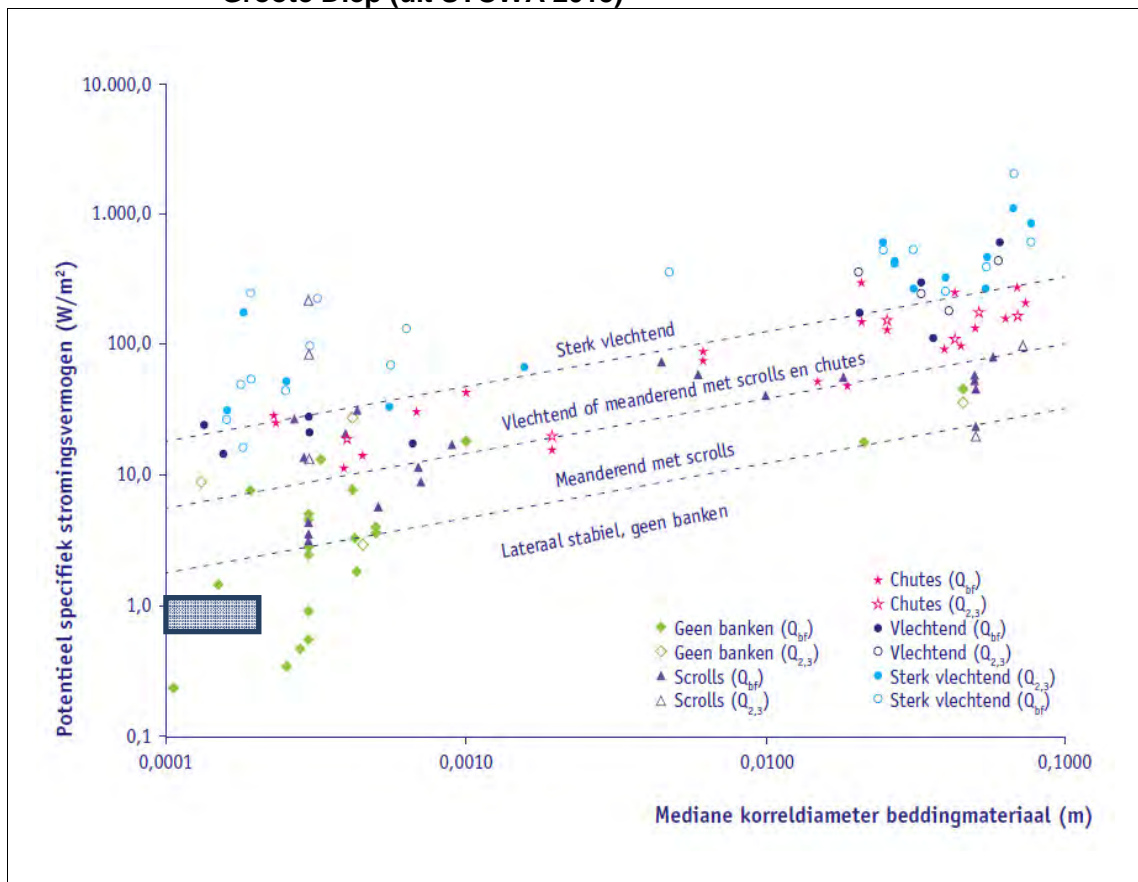
In Afbeelding 5.8 is het stabiliteitsdiagram voor morfologisch geultypen weergegeven met daarin de positie van het Groote Diep, waarbij we er vanuit zijn gegaan dat de geulvormende afvoer gelijk is aan de 50 % afvoer. We zijn uitgegaan van een  $Q = 50\%$  afvoer, omdat deze voldoende vaak optreedt en omdat deze gelijk is aan de geulvullende afvoer: de afvoer waarbij in theorie een maximale hoeveelheid deeltjes kan worden afgevoerd.

Uit de afbeelding wordt duidelijk dat het Groote Diep geschaard kan worden onder de basisvorm 'recht'. Dit is het gevolg van de beperkte hoeveelheid stromingsenergie in het beekdal. Karakteristiek voor deze basisvorm is een combinatie van onregelmatige bochten afgewisseld met vrij rechte stukken. Door de geringe stromingsenergie en de relatief stevige oevers ondergaan rechte geulen in de loop der tijd nauwelijks veranderingen in vorm. Hierbij wordt uitgegaan van een evenwichtsituatie.

Omdat het Groote Diep net heringericht is, is er nog geen sprake van een evenwichtsituatie. Ondanks dat het Groote Diep geschaard kan worden onder de basisvorm recht, kan er toch sprake zijn van veranderingen in vorm op korte termijn. Dit hangt af van de wijze waarop de beek is heringericht in relatie tot de stromingsenergie in het beekdal.

De andere heringerichte deelgebieden hebben minder stromingsenergie dan het Groote Diep. Deze deelgebieden scharen we om deze reden ook onder de basisvorm recht. Ook in deze delen zouden veranderingen in vorm op korte termijn op kunnen treden, afhankelijk van de nieuwe inrichting in relatie tot de stromingsenergie in het beekdal.

**Afbeelding 5.8. Stabiliteitsdiagram voor morfologische geultypen toegepast voor Grootte Diep (uit STOWA 2015)**



### 5.3.2. Dwarsprofiel

Of er sprake zal zijn van veranderingen in vorm van de geul op korte termijn hangt af van de inrichting in relatie tot de stromingsenergie in het beekdal. Hieronder vergelijken we het dwarsprofiel na herinrichting van het Grootte Diep met het natuurlijk dwarsprofiel dat past bij de stromingsenergie in het beekdal. Wederom zijn we uitgegaan van een geulvormende afvoer die gelijk is aan de 50 % afvoer.

De breedte van het Grootte Diep na herinrichting varieert van 5 tot 8 m (Tabel 3.1). De referentiebreedte (of natuurlijke breedte) varieert van 7 tot 11 m uitgaande van zandig materiaal en afhankelijk van de geulvormende afvoer waar vanuit wordt gegaan. Uitgaande van cohesief materiaal varieert de referentiebreedte grofweg van 5 tot 8 m. De referentiebreedte is hoger dan de huidige breedte na herinrichting. Wij verwachten op grond hiervan dat het Grootte Diep zich zal verbreden.

De diepte van het Grootte Diep na herinrichting varieert van 0,4 tot 0,8 m. De referentie diepte varieert van 0,7 tot 0,9 m uitgaande van zandig materiaal en afhankelijk van de geulvormende afvoer waar vanuit wordt gegaan. Uitgaande van cohesief materiaal varieert de referentie diepte (of natuurlijke diepte) grofweg van 0,8 tot 1,0 m. De referentie diepte ligt in de buurt van de huidige diepte na herinrichting. Wij verwachten op grond hiervan dat de diepte in het Grootte Diep ongeveer gelijk blijft, maar wel dat er meer variatie zal ontstaan (zie ook de volgende paragraaf).

Als we er vanuit gaan dat de beek overal op een vergelijkbare manier is ingericht zal de natuurlijke breedte in een groot deel van het gebied groter zijn dan de breedte na herinrichting. Een uitzondering vormt de Slokkert, omdat we weten dat de 50 % afvoer hier gering zal zijn.

**Tabel 5.1. Referentiebreedte uitgaande van geulvormende afvoer en substraat**

	geulvormende afvoer 2 m³/s	geulvormende afvoer 4 m³/s
cohesief	5,7	8,0
zand	7,8	11,0

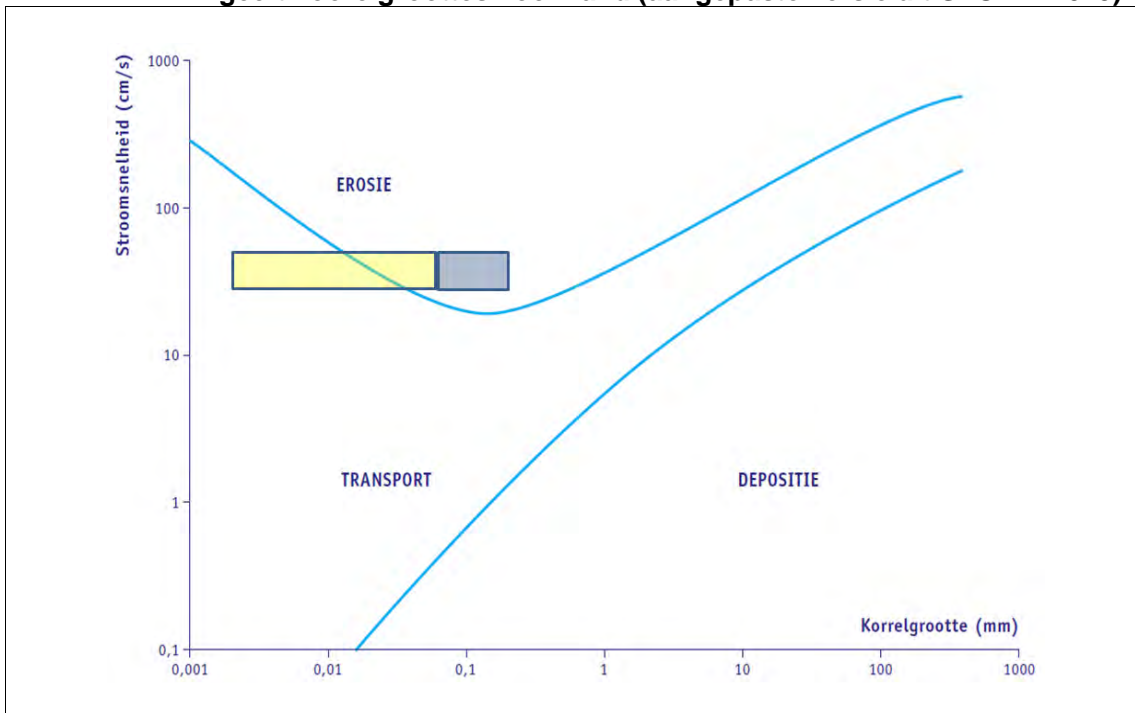
**Tabel 5.2. Referentiediepte uitgaande van geulvormende afvoer en substraat**

	geulvormende afvoer 2 m³/s	geulvormende afvoer 4 m³/s
cohesief	0,8	1,0
zand	0,7	0,9

### 5.3.3. Erosie en sedimentatie

We hebben gezien dat de breedte na herinrichting smaller is dan de natuurlijke breedte passend bij de hoeveelheid stromingsenergie. Op grond hiervan verwachten we dat de geul zich op korte termijn zal verbreden. Hiervoor is het noodzakelijk dat erosie van de oevers optreedt. Of dit daadwerkelijk gebeurt kunnen we bepalen op grond van een vergelijking van de stroomsnelheid die optreedt bij de geulvormende afvoer met de stroomsnelheid die nodig is om deeltjes te eroderen. Ook hier zijn we weer uitgegaan van een geulvormende afvoer die gelijk is aan de 50 % afvoer.

**Afbeelding 5.9. Hjulström-diagram toegepast op het Grootte Diep. Het gele gebied geeft aan welke combinaties van korrelgrootte en stroomsnelheid ruwweg geldig zijn in het Grootte Diep voor silt en het grijze gebied geeft koorelgroottes voor zand (aangepaste versie uit STOWA 2015)**



De stroomsnelheid is bij een 50% afvoer in het Grootte Diep op verschillende plaatsen voldoende voor erosie van sediment (zie Afbeelding 5.10 en Afbeelding 5.9). Hierbij zijn we er vanuit gegaan dat de korrelgrootte in de beek varieert van 2  $\mu\text{m}$  tot 63  $\mu\text{m}$  (silt) en van 63 tot 210  $\mu\text{m}$  (zeer fijn tot matig fijn zand). Alleen de zandige fracties zijn gevoelig voor erosie (blauw in de afbeelding). Bij lagere stroomsnelheden die tegelijkertijd op andere plaatsen in het Grootte Diep optreden vindt weer sedimentatie plaats van het gerodeerde materiaal. Bij lage afvoeren zal in grote delen van het Grootte Diep sedimentatie plaatsvinden.

Op termijn zal de beek breder worden en zal de stroomsnelheid bij de geulvullende afvoer hierdoor afnemen. Als gevolg hiervan zal de bijdrage van erosieprocessen afnemen. De balkjes in de afbeelding zakken immers naar het gebied van erosie en transport naar alleen transport. Alleen bij extreme afvoeren zal nog sprake zijn van erosie, maar doordat deze afvoeren weinig voorkomen zal er netto sprake zijn van sedimentatie (of aanwas).

In de andere heringerichte delen zal de bijdrage van erosieprocessen minder groot zijn dan in het Grootte Diep, omdat de stroomsnelheden lager zijn.

**Afbeelding 5.10. Oevererosie (ondergraving) in het Lieversche Diep ter hoogte van de Markeweg (bij het fietsbruggetje). Foto van 8 augustus 2015**



**5.3.4. Oeverontwikkeling**

Voor een verwachting van de oeverontwikkeling is gekeken naar verschillende factoren, welke in Tabel 5.3 zijn opgesomd.

Op grond van deze factoren wordt op de korte termijn verwacht dat oevers in de heringerichte delen afschuiven, omdat de oevers steil zijn aangelegd. Daarnaast zal sprake zijn van ondergraving, omdat het zandige materiaal gevoelig is voor erosie, maar het meer co-

hesieve materiaal daarboven niet. In het Grootte Diep zal dit proces dominanter zijn dan in de andere heringerichte delen. De ondergraving leidt tot overhangende oevers die zullen instorten. Ten slotte zullen de oevers in het Grootte Diep mogelijk lokaal eroderen onder invloed van uittredend grondwater. In de andere heringerichte delen is de invloed van grondwater rond de beek kleiner.

Alle mechanismen leiden tot stapsgewijze terugtrekking van de oever, waarbij per stap een bepaalde hoeveelheid oevermateriaal ineens in de beek of rivier terecht komt. Dit materiaal blijft in eerste instantie aan de voet van de oever liggen op de bodem van de geul, als een soort voethelling die beschermend en stabiliserend werkt op de oever. Doorgaans kan de oever pas opnieuw bezwijken als dit materiaal door de stroming is opgeruimd. De oevervegetatie werkt stabiliserend op een erosieve oever omdat wortels het oevermateriaal binden, en de aanwas bevorderen door remming van de stroming en het invangen van sediment.

Op de langere termijn verwachten we een meer stabiele situatie in het hele heringerichte gebied met een beperkte bijdrage van ondergraving onder invloed van stroming in de beek en wellicht ook uittredend grondwater. Hoe lang dit duurt is op grond van de beperkte gegevens lastig te voorspellen. De stabiele situatie zal worden bereikt als de dimensies van de beek (breedte en diepte) in evenwicht zijn met de geulvormende afvoer en vegetatieontwikkeling in en om de beek.

In deze stabiele situatie zal sprake zijn van lange periodes van dominante oeveraanwas tijdens relatief lage afvoeren, die ervoor zorgen dat afvoercapaciteit van de geul langzaam afneemt, welke kunnen overgaan in grootschalige oevererosie wanneer de geul hogere afvoeren moet verwerken. De oeverontwikkeling kan hierin een cyclisch proces zijn van opbouw en afbraak.

De invloed van vegetatie op de oeverontwikkeling in het heringerichte gebied is in potentie groot. Door de geringe diepte van de beken beslaat de goed doorwortelde bovengrond een relatief groot deel van de totale oeverhoogte. Door de vaak geringe stroomsnelheden kan zich relatief makkelijk vegetatie op de oever vestigen die sediment kan invangen. Door de lage stroomsnelheden is de sedimenttransportcapaciteit beperkt en kan het vrij lang duren voordat het materiaal, dat door afschuiving aan de voet van de oever terecht is gekomen, is opgeruimd. Als bijvoorbeeld afvoerpieken een tijdje uitblijven, kan de voethelling begroeid raken en sediment in gaan vangen. Op deze wijze kan de voethelling zich ontwikkelen tot een bank die de steile oever beschermt en op den duur volledig bedekt. Wanneer weer een periode van erosie aanbreekt, kan de cyclus van afbraak en opbouw zich herhalen.

**Tabel 5.3. Factoren die bepalend zijn voor de oeverontwikkeling op korte en lange termijn**

factor	korte termijn	lange termijn
de hoogte van de oever	tot circa 1 m	tot circa 1 m
de helling van de oever	steil (na aanleg)	op termijn minder steil
het oevermateriaal en de eventuele gelaagdheid daarvan	aan maaiveld cohesief en beïnvloed door wortels, daaronder zandig	aan maaiveld cohesief en beïnvloed door wortels, daaronder zandig
de erosieve kracht van de stroming	voldoende om de zandige delen te eroderen	afnemend, onduidelijk is of de stroming voldoende blijft om de zandige delen te eroderen
het al dan niet voorkomen van uittredend grondwater	onduidelijk, vooral in het Grootte Diep is veel kwel rond de heringerichte beek. Er is niet onderzocht of grondwater uit-treedt.	idem



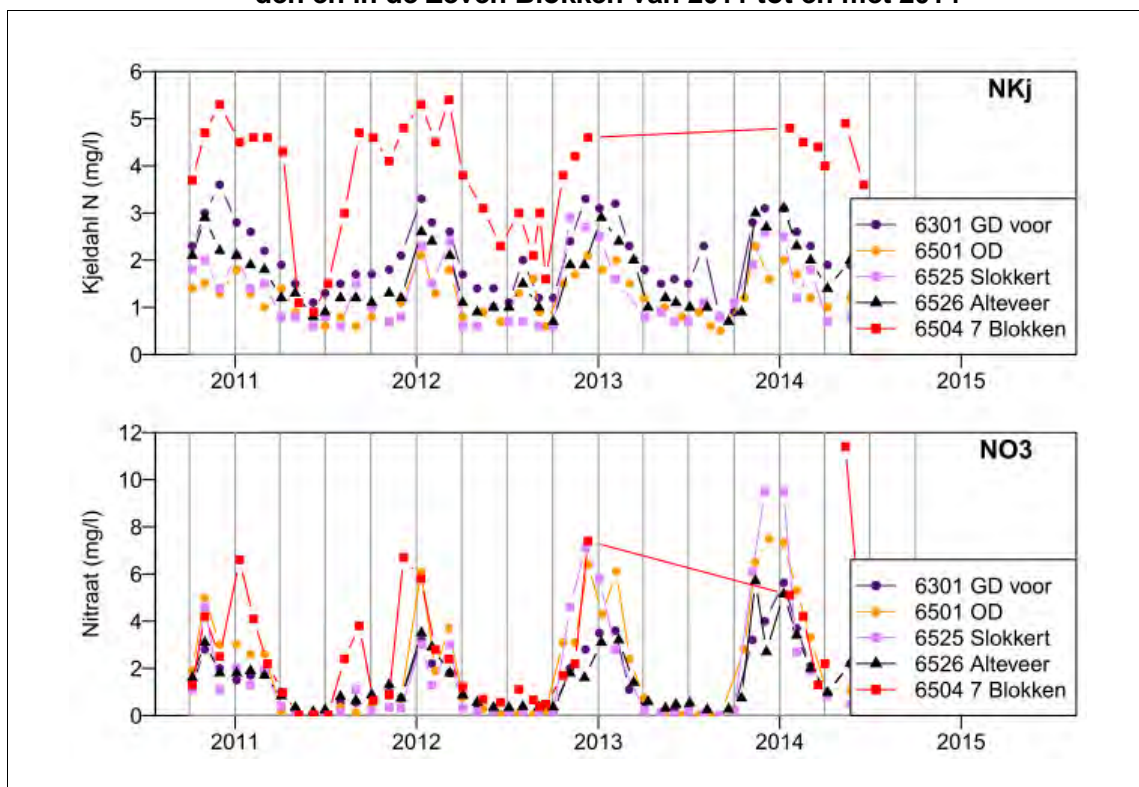
factor	korte termijn	lange termijn
de aard en dichtheid van oevervegetatie.	nog niet in beeld, hiervoor is de ontwikkeling te recent	de ontwikkeling is afhankelijk van het gevoerde beheer

## 5.4. Belasting

In dit onderzoek hebben we ons beperkt tot nutriënten. Nutriënten bepalen de productiviteit van het watersysteem. Nutriënten zijn naast bijvoorbeeld stroming medebepalend voor de potentie voor veel beekgebonden organismen. Bij hoge nutriëntengehaltes is de primaire productie hoog en komen veel algemene soorten voor. Bij lage nutriëntengehaltes is de primaire productie lager en komen meer specifieke soorten voor. In onderstaande afbeeldingen is het verloop van de concentraties stikstof (Kjeldahl N en nitraat) en fosfor (totaal P) weergegeven, respectievelijk Afbeelding 5.11 en Afbeelding 5.12.

De stikstof (N) concentraties zijn voor het merendeel van het systeem vrij hoog. Dit geldt vooral voor de winter. In de zomer zijn de concentraties veel lager. Stikstof is dan vooral in gebonden vorm aanwezig (Kjeldahl N). De KjN-concentratie is het hoogste in de Zeven blokken. De KjN-concentratie in de Drentse Hoofdvaart is lager en vergelijkbaar met het Groote Diep (niet afgebeeld). De KjN-concentratie bij de Alteveerstuw is nog lager. Vermoedelijk vormen de Zeven Blokken de belangrijkste bron van stikstof in het bekensysteem en wordt veel KjN vastgehouden in de Kolonievvaart/Zesde Wijk.

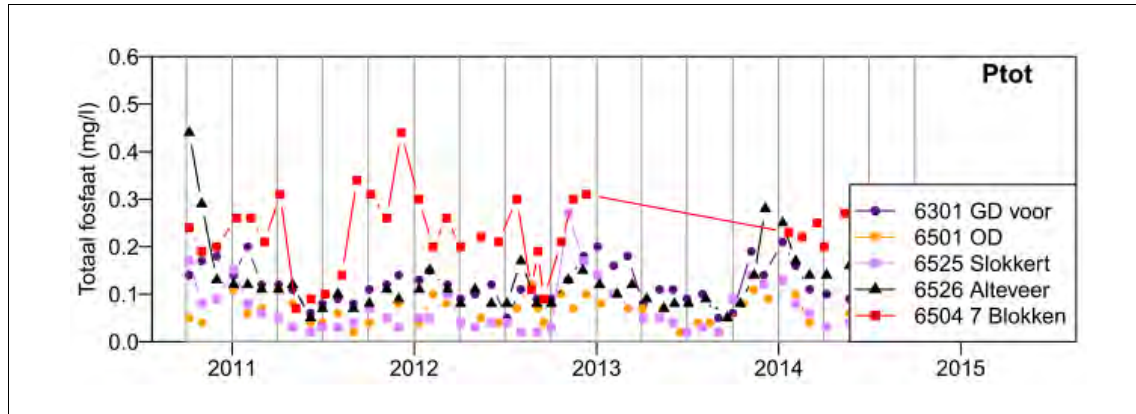
**Afbeelding 5.11. Concentraties Kjeldahl N en Nitraat in de belangrijkste deelgebieden en in de Zeven Blokken van 2011 tot en met 2014**



De fosfor-(P)-concentraties zijn net als de N-concentraties vrij hoog. De P-concentratie is met name hoog in de Zeven Blokken. Er is hier een duidelijk verschil tussen natte perioden met hoge P-concentraties (0,2 tot 0,4 mg/l) en droge perioden met lagere concentraties (ongeveer 0,1 mg/l). Hetzelfde geldt voor de Drentsche Hoofdvaart (niet afgebeeld). In de

rest van het bekensysteem is de P-concentratie lager, waarbij er een duidelijk seizoenspatroon zichtbaar is. In de winter is de concentratie hoger dan in de zomer met maxima tot 0,3 mg/l (bij de Alteveerstuw wordt in het najaar van 2010 eenmalig een hogere concentratie gemeten). De P-concentratie in het Groote Diep en bij de Alteveerstuw is vergelijkbaar. Vermoedelijk vormen de Zeven Blokken de belangrijkste bron van fosfor in het bekensysteem en wordt veel P vastgehouden in de Kolonivaart/Zesde Wijk.

**Afbeelding 5.12. Concentraties totaal-fosfaat in de belangrijkste deelgebieden en de Zeven Blokken van 2011 tot en met 2014**



## 5.5. Connectiviteit

De connectiviteit is slechts beperkt beschouwd. Er is bijvoorbeeld niet gekeken naar de aanwezigheid van restpopulaties en zaadbanken. Wel is gekeken naar de aanwezigheid van stuwen die bepalend zijn voor de optrekbaarheid van het gebied door vis. Veel andere soorten ondervinden geen hinder van stuwen.

De stuwen in het bekensysteem zijn grotendeels verwijderd, waardoor verspreiding binnen het heringerichte bekensysteem geen grote belemmering meer vormt. Benedenstreams (bijvoorbeeld bij de vispassage bij Sterrebos) is er nog wel sprake van migratieknelpunten. Dit vormt een probleem voor de optrekbaarheid door vis. Karakteristieke vissoorten zullen hierdoor grote moeite hebben het bekensysteem te bereiken.

## 5.6. Overige voorwaarden

Andere belangrijke voorwaarden voor het ecologisch functioneren van het heringerichte bekensysteem zijn gerelateerd aan de inrichting van het beekdal.

De beek heeft de mogelijkheid op verschillende plaatsen te inunderen. Dit zorgt voor een geleidelijke overgang tussen land en water en voor een geleidelijke overgang van de invloed van grondwater naar oppervlaktewater. Dit is positief voor de ecologische ontwikkeling rondom het heringerichte bekensysteem. Dit aspect hebben we buiten beschouwing gelaten, behalve dat de hydrologische buffer- of sponswerking wordt vergroot, waardoor piekafvoeren worden vertraagd.

Beschaduwing is van belang voor het licht- en temperatuursregime in het heringerichte bekensysteem. Sommige karakteristieke beekgebonden organismen zijn afhankelijk van beschaduwing. Op dit moment is de beschaduwing nog zeer beperkt, omdat de herinrichting pas net is voltooid. Zonder beheer zal het gebied rondom het heringerichte bekensysteem dichtgroeien met helofyten en bos. In het Oostervoortse Diep wordt het gebied rondom de

heringerichte bekensysteem op verschillende plaatsen extensief beheerd, waardoor elzen opkomen aan de zonzijde. Dit zorgt voor beschaduwing van de beek. De effecten hiervan zijn niet onderzocht. Verwacht wordt dat het extensieve beheer positief is voor de ecologische ontwikkeling. Naast beschaduwing zorgen de boompjes ook voor substraatvariatie door bal van blad en takken.



## 6. SYSTEEMANALYSE: BESCHOUWING VAN DE ECOLOGISCHE TOESTAND

In dit hoofdstuk beschouwen we de ecologische toestand. Hiervoor gaan we uit van de ecologische toestand in het Oostervoortse Diep en van de ecologische toestand in de rest van het bekensysteem vóór herinrichting (hoofdstuk 5).

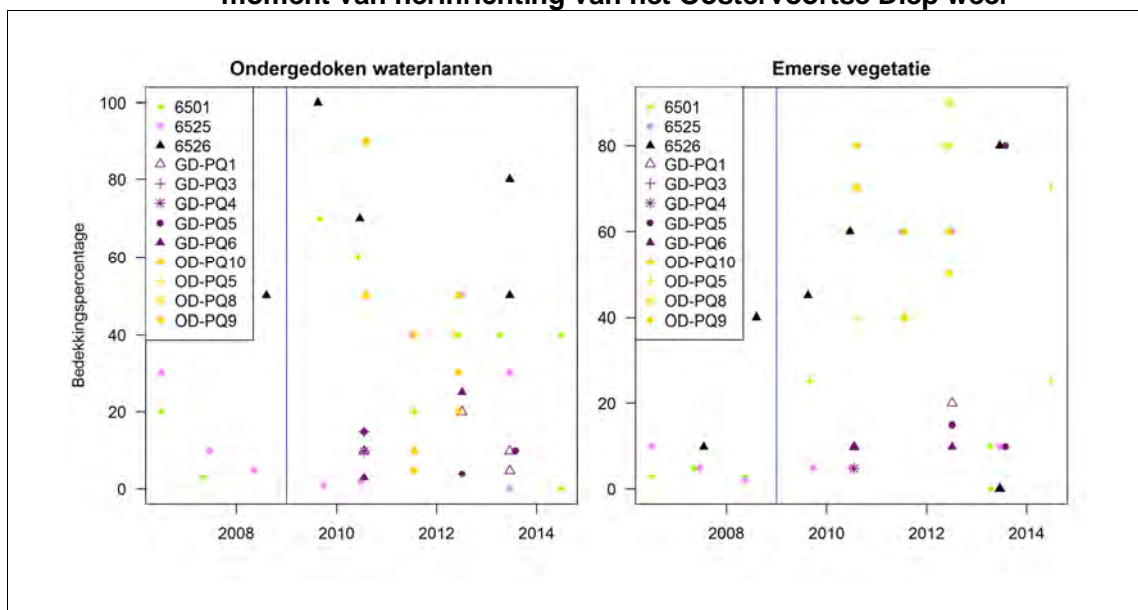
We beschouwen achtereenvolgens:

- vegetatie (6.1);
- macrofauna (6.2);
- vis (6.3).

### 6.1. Vegetatie

In Afbeelding 6.1 en Afbeelding 6.3 zijn respectievelijk de bedekking met ondergedoken en emerse vegetatie en drijvende vegetatie en kroos weergegeven.

**Afbeelding 6.1. Ondergedoken en emerse vegetatie op verschillende punten in het Peizerdiepsysteem. De GD punten zijn PQ's in het Grote Diep. De OD punten zijn PQ's in het Oostervoortse Diep. Punt 5536 ligt in het Oostervoortse Diep, 6504 in de Zeven Blokken, 6525 in de Slokkert en 6526 in het Lieversche Diep. De blauwe verticale lijn geeft het moment van herinrichting van het Oostervoortse Diep weer**



De bedekking met waterplanten verschilt sterk in het bekensysteem:

- ondergedoken vegetatie: hoge bedekkingen komen voor op meetpunt 6525 in het Lieversche Diep. In het Oostervoortse Diep zien we een toename van de bedekking ondergedoken waterplanten vanaf het moment van herinrichting. Wel is er een flinke variatie te zien in de bedekking, zowel op punt 6501 als in de PQs. Dit kan te maken hebben met vegetatiebeheer. In het Grote Diep is de bedekking ondergedoken planten laag (maximaal 25 %). Dit patroon wijst erop dat in het stilstaande diepere water waterplanten geen goede vestigingskansen hebben. Dit is het gevolg van een slecht lichtklimaat. In ondiep en stromend water zijn de kansen hierop veel hoger, omdat algen en kroos geen knelpunt vormen en omdat het licht makkelijker tot op de bodem komt;
- emergente vegetatie: voor emergente waterplanten zijn grotendeels dezelfde patronen zichtbaar: veel emergente waterplanten in het heringerichte Oostervoortse Diep en in

het stromende Lieversche Diep, en weinig planten in de traag stromende diepe delen zoals het Grootte Diep voor de herinrichting. Het diepe water biedt onvoldoende geschikt habitat voor emergente waterplanten;

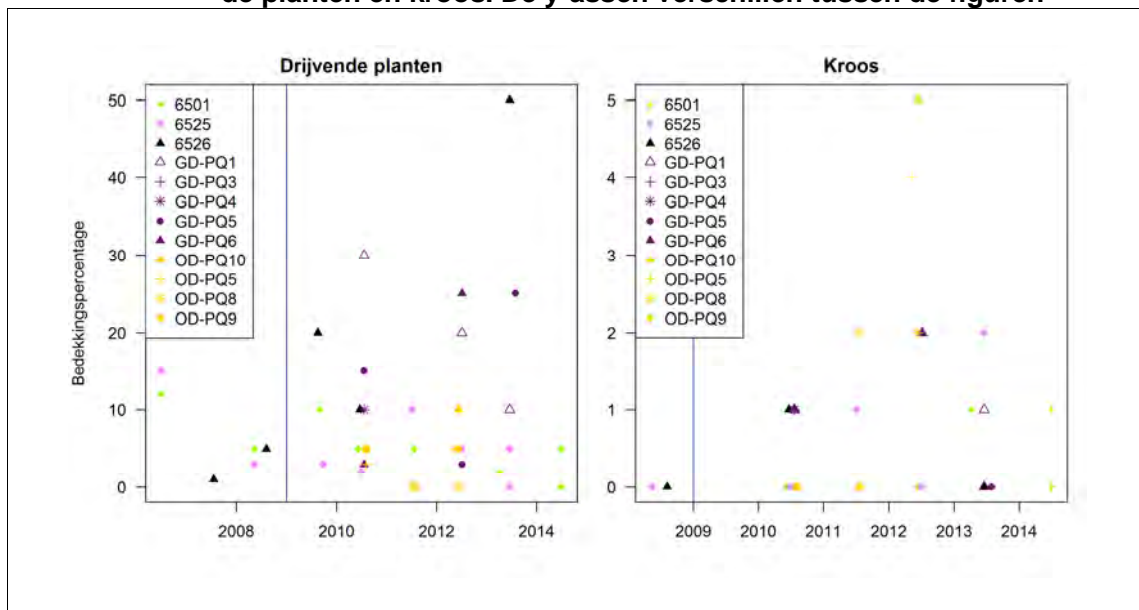
- drijvende (wortelende) vegetatie: deze is vooral te vinden in het Grootte Diep en ook wel in het Lieversche Diep. Deze planten doen het vaak minder goed in stromend water op een uitzondering na (bijvoorbeeld *Potamogeton natans*, drijvend fonteinkruid). In het Oostervoortse Diep is de bedekking van dit type planten dan ook laag, zowel in de PQs als op punt 6501;
- kroos: kroos komt in het bekensysteem in zijn geheel vrijwel niet voor (maximaal 5% bedekking).

**Afbeelding 6.2. De heringerichte Slokkert ter hoogte van de Veenhuizerbrug in de zomer van 2015. Emergente vegetatie is gemaaid aan de oever (links). Vermoerassing ligt op de loer in de dichtgroeïende delen (rechts). Foto van 8 augustus 2015**



NB! De hoge dichtheden aan emergente vegetatie in het Oostervoortse Diep suggereren dat er een risico is op het dichtgroeïen van het nu heringerichte bekensysteem met emergente vegetatie (Slokkert en het Grootte Diep). Of dit optreedt in de nieuw heringerichte delen zal met name afhangen van de stromingsenergie en het vegetatiebeheer. In het Grootte Diep is de stromingsenergie veel groter dan in het Oostervoortse Diep, waardoor het risico op dichtgroeïen in het Grootte Diep lager is. In de heringerichte Slokkert is de stromingsenergie beduidend lager dan in het Grootte Diep en is het risico op dichtgroeïen groot.

**Afbeelding 6.3. Zie legenda bij Afbeelding 6.1. Bedekkingen aan drijvende wortelen-  
de planten en kroos. De y-assen verschillen tussen de figuren**



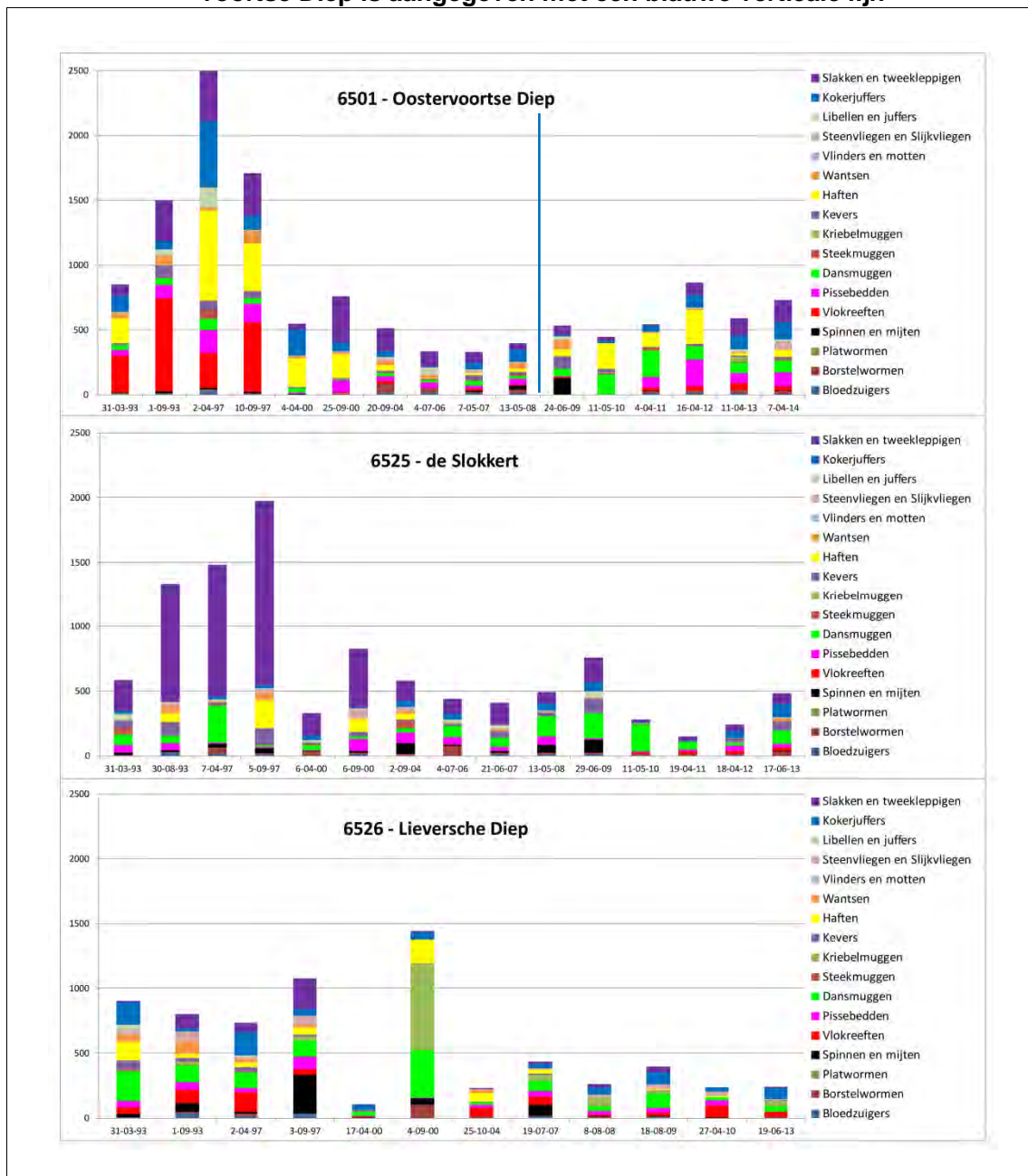
## 6.2. Macrofauna

Gegevens over macrofauna zijn slechts op één punt in het Oostervoortse Diep meerdere malen verzameld voor en na herinrichting (punt 6501). Ingreep-effect relaties zijn hierdoor niet eenduidig vast te stellen. In combinatie met gegevens rond vegetatie, gegevens van referentiemeetpunten in de Slokkert en het Liefersche Diep en expert-judgement is het wel mogelijk het een en ander af te leiden.

In Afbeelding 6.4 zijn de absolute aantallen aangetroffen macrofauna weergegeven, waarbij een indeling is gemaakt per taxonomische groep. De jaren negentig zijn op alle punten sterk verschillend van de hier op volgende jaren. Onze indruk is dat destijds op een andere manier gemonsterd is en daarom laten we deze gegevens hier buiten beschouwing. Opvallend is dat in het Oostervoortse Diep na herinrichting twee groepen in relatieve abundantie zijn toegenomen: dansmuggen (Chironomidae) en zoetwaterpissebedden (Asellidae). De toename in beide groepen kan er op wijzen dat het zuurstofklimaat in de beek niet optimaal is. Chironomiden leven vaak onder zuurstofarme condities en zoetwaterpissebedden worden beschouwd als indicatoren van een matige waterkwaliteit (STOWA 2014b). Dit kan samenhangen met de toegenomen dichtheid aan emerse vegetatie en ondergedoken vegetatie. Hierdoor wordt het zuurstofklimaat slechter met gevolgen voor de samenstelling van de macrofaunagemeenschap.

Aan de andere kant worden groepen als haften en kokerjuffers aangetroffen in de Slokkert, het Oostervoortse Diep en bij de Alteveerstuw (Afbeelding 6.4). Deze groepen worden geassocieerd met een goede waterkwaliteit en zij kunnen hun areaal dus vergroten wanneer de omstandigheden goed zijn. Haften zijn daarnaast ook in absolute zin toegenomen op punt 6501 in het Oostervoortse Diep sinds herinrichting. Dit lijkt enigszins tegenstrijdig met de toename van zoetwaterpissebedden en chironomiden, maar blijkbaar biedt het Oostervoortse Diep toch voldoende geschikt habitat voor beide groepen macrofauna.

**Afbeelding 6.4. Aantallen gemonsterde individuen macrofauna, onderverdeeld naar taxonomische groepen. Moment van herinrichting in het Oostervoortse Diep is aangegeven met een blauwe verticale lijn**



### 6.3. Vis

Er zijn geen metingen van de visstand bekend.



## 7. CONCLUSIES

Het doel van deze systeemanalyse is onder andere het aanreiken van handvatten voor het beheer van het nieuwe ingerichte systeem, met name voor het kwantiteitsbeheer, het vegetatiebeheer en de monitoring op basis van begrip van het huidige en toekomstige hydrologisch en ecologisch functioneren. Hiervoor hebben we een beschouwing gemaakt van de belangrijkste voorwaarden voor succesvol beekherstel op grond van de (voorlopige) ecologische sleutelfactoren voor stromend water, met name met betrekking tot de geohydrologie, morfologie en nutriëntenbelasting. In dit hoofdstuk presenteren we de conclusies. In het volgende hoofdstuk presenteren we de handvatten voor het beheer van het nieuw ingerichte systeem.

**Afbeelding 7.1. Het Groote Diep 200 m ten noorden van de Eenerstuw. Ook in de zomer is er sprake van relatief sterke stroming. Geschatte stroomsnelheid  $0,5 \text{ m s}^{-1}$  op 8 augustus 2015**






Onze conclusie is dat in een groot deel van het heringerichte bekensysteem voldaan wordt aan de belangrijkste voorwaarden voor succesvol beekherstel:

- in het recent heringerichte Groote Diep is er voldoende grondwater aanwezig voor stroming, ook in drogere perioden (Afbeelding 7.1). Het nieuwe beekprofiel is krap in vergelijking met de afvoer die de beek soms moet verwerken. Bij hogere afvoeren zal hierdoor op korte termijn erosie van de oevers optreden. Het gevolg is dat de beek zich zal verbreden tot een breedte die past bij de hogere afvoeren. Bovendien zal sprake zijn van inundatie. Er zal veel variatie zijn in stroming, substraat en oevervormen. Dit is positief voor de ecologische ontwikkeling. De beek blijft ongeveer op de plaats waar die nu is, maar zal naar verwachting niet dichtgroeien (vermoerassen), zoals het Oostervoortse Diep. Er is onvoldoende energie voor actieve meandering. De nutriëntengehal-

ten zijn vrij hoog, maar we verwachten dat ze onder de heersende stromingscondities geen belemmering vormen voor stromingsminnende soorten;

- in de recent heringerichte Slokkert is er weinig toestroom van grondwater: bovenstrooms ontbreekt kwel in de heringerichte Slokkert, benedenstrooms ligt de heringerichte Slokkert een meter hoger dan de Omgelegde Slokkert (In feite het Tonckensdiepje), waardoor niet veel grondwater wordt aangetrokken. Door inlaat van water uit de Kolonievvaart kan het gebrek aan stroming in droge perioden worden gecompenseerd. Dit zorgt voor een verhoging van de nutriëntenbelasting, maar dit is ondergeschikt aan het behoud van stroming in het toch al eutrofe systeem. Er zal vrijwel geen sprake zijn van erosie, omdat de afvoer hiervoor te beperkt is. Op korte termijn zouden mogelijk wat oevers in kunnen storten, omdat ze steil zijn aangelegd. Er is gelet op de beperkte afvoer een groot risico op vermoerassen (Afbeelding 6.2 en Afbeelding 8.1), zoals in het Oostervoortse Diep. Beheer zal noodzakelijk zijn om hierop te anticiperen als vermoerassing niet gewenst is;
- in het eerder heringerichte Oostervoortse Diep is er voldoende grondwater aanwezig voor stroming, maar veel minder dan in het Grootte Diep. De hogere afvoeren hebben niet kunnen niet voorkomen dat er veel slib is geaccumuleerd en er een moerasachtige vegetatie tot ontwikkeling is gekomen. De nutriëntenbelasting draagt hier ook aan bij, omdat de primaire productie hierdoor hoger is waardoor de vegetatie sneller groeit en meer biomassa bereikt. De verandering in de macrofaunasamenstelling past bij de verandering in de vegetatiesamenstelling en stromingscondities;
- in de niet-heringerichte delen wordt niet voldaan aan de belangrijkste voorwaarden. Het betreft het Grootte Diep tot de Enerstuw en het Oostervoortse Diep fase III. De inrichting vormt hier het belangrijkste knelpunt.

**Tabel 7.1. Toets aan de vier belangrijkste voorwaarden (ESF's) voor beekherstel: rood: voorwaarde(n) voldoen niet, oranje: voorwaarde(n) voldoen gedeeltelijk, groen: voorwaarde(n) voldoen**

ESF	Grootte Diep	heringerichte Slokkert	Oostervoortse Diep
	Voldoende stroming voor erosieprocessen op korte termijn. Hierdoor variatie in substraat en oevervormen. Voldoende stroming in drogere perioden door aanwezigheid grondwater. In langdurige droge perioden is enige inlaat nodig. Op de langere termijn zal de beek zich verbreden, waardoor de stroming zal afnemen. Hierdoor neemt ook de bijdrage van erosie af.	Onvoldoende stroming voor erosieprocessen, waardoor het risico op vermoerassing groot is. In droge perioden is er geen water beschikbaar. Met inlaat van water kan desondanks voor stroming worden gezorgd.	Onvoldoende stroming voor erosieprocessen, waardoor het risico op vermoerassing groot is. Voldoende water in drogere perioden door aanwezigheid grondwater. In langdurige droge perioden lijkt enige inlaat nodig.
	De nutriëntenbelasting is hoog, waardoor de primaire productie hoog is en algemenere soorten zullen domineren.	De nutriëntenbelasting is hoog, waardoor de primaire productie hoog is en algemenere soorten zullen domineren.	De nutriëntenbelasting is hoog, waardoor de primaire productie hoog is en algemenere soorten zullen domineren.
	De benedenstroomse vispassage bij Sterrebos verhindert dat stromingsminnende vis het gebied kan bereiken. Veel andere soorten ondervinden hier geen hinder van.	De benedenstroomse vispassage bij Sterrebos verhindert dat stromingsminnende vis het gebied kan bereiken. Veel andere soorten ondervinden hier geen hinder van.	De benedenstroomse vispassage bij Sterrebos verhindert dat stromingsminnende vis het gebied kan bereiken. Veel andere soorten ondervinden hier geen hinder van.

## 8. HANDVATTEN VOOR BEHEER

In dit hoofdstuk presenteren we de belangrijkste stuurknoppen voor het beheer van het bekensysteem en doen we een handreiking voor een nog beter systeembegrip middels monitoring. We maken onderscheid in het kwantiteitsbeheer, het vegetatiebeheer en de monitoring.

### 8.1. Kwantiteitsbeheer

Het bekensysteem leunt in langdurig droge perioden op de inlaat van water uit de Drentse Hoofdvaart. Het kwantiteitsbeheer vormt daarom een belangrijke sleutel voor het toekomstig hydrologisch en ecologisch functioneren van het bekensysteem.

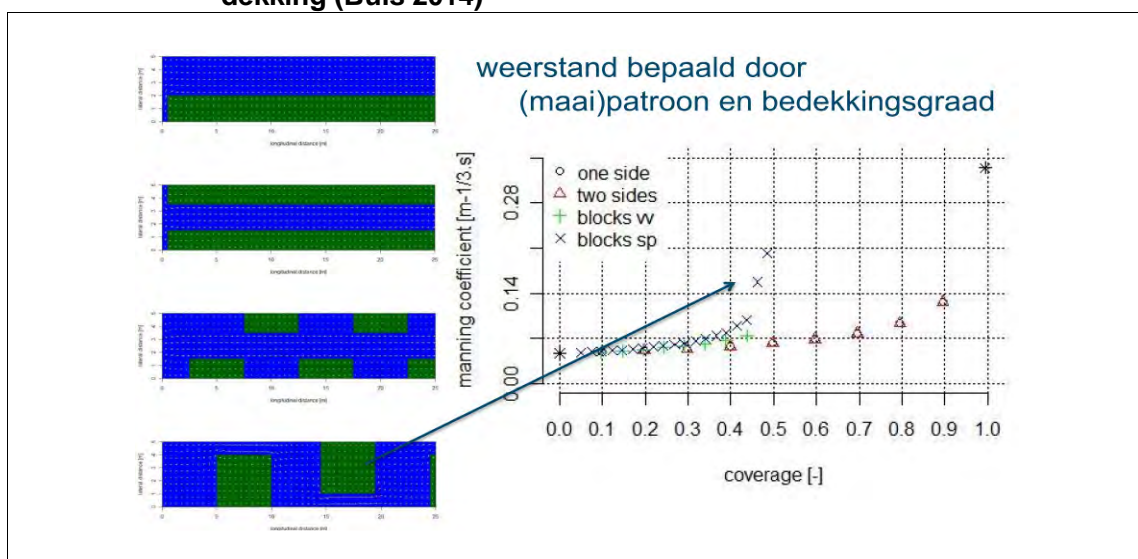
Na de herinrichting zal met name de Slokkert incidenteel extra water nodig hebben ten behoeve van continue stroming (wat van belang is voor de ontwikkeling van karakteristieke beekmilieus). Zonder waterinlaat zullen delen van de heringerichte Slokkert droogvallen. Voor minimale stroming in de Slokkert is het dus nodig water in te blijven laten. Door het inlaatwater zoveel mogelijk via de Slokkert te sturen in plaats van via de Kolonievart profiteert het hele westelijk deel van het bekensysteem van deze inlaat.

Het inlaatwater levert op jaarbasis geen belangrijke bijdrage aan de nutriëntenbelasting van het bekensysteem. Gezien het bescheiden gebruik van inlaatwater en de eutrofe condities die nu al in het beekdal heersen is het onwaarschijnlijk dat de nutriëntenbelasting vanuit het inlaatwater het knelpunt vormt voor de ontwikkeling van beekmilieus.

### 8.2. Vegetatiebeheer

De vegetatieontwikkeling in het bekensysteem (inclusief overstromingsvlaktes) kan een belangrijke bijdrage leveren aan de sponswerking van het bekensysteem. Hier is bij het ontwerp ook rekening mee gehouden. Ook de vegetatieontwikkeling is dus een belangrijke sleutel voor het toekomstige hydrologisch en ecologisch functioneren van het bekensysteem.

**Afbeelding 8.1. Resultaat modelexperiment met verschillende maaipatronen en bedekking (Buis 2014)**



Het ontwerp is zodanig dat er ruimte is voor vegetatieontwikkeling in de beek en in de overstromingsvlaktes. Een dynamische vegetatieontwikkeling is van belang voor een grote diversiteit aan waterplanten, macrofauna en vis. De vegetatie kan gezien worden als een 'ecosystem engineer' (Jones et al. 1994), omdat deze een belangrijke rol speelt in de afvoerhydrologie en de vorming van beekhabitats.

Recent onderzoek laat zien dat de weerstand van de beek slechts beperkt afhangt van de bedekking met vegetatie. Alleen bij zeer hoge bedekking neemt de weerstand exponentieel toe. Het is wel van belang hoe de vegetatie gerangschikt is. Zolang er een min of meer vrije geul behouden blijft waar het water zijn weg kan vinden, is de verhoging van de weerstand beperkt (Buis et al. 2014). Concreet betekent dit dat wanneer de beek is dichtgegroeid en er een hoge afvoer verwacht wordt, een geul door de beek gemaaid kan worden om nat-schade te voorkomen. De rest van de tijd is vegetatiebeheer in de beek beperkt nodig. Als het maaien plaats vindt na half juli zal de hergroei over het algemeen beperkt zijn. Er is ruimte voor vegetatieontwikkeling en inundatie. Benut dit zoveel mogelijk.

Houtige opslag rond de beek levert een positieve bijdrage aan organische input voor de beek en beschaduwing: door beschaduwing stijgt de temperatuur van beekwater in de zomer minder hard, waardoor het beekwater meer zuurstof kan bevatten. Om deze reden suggereren we de natuurlijke opslag van bomen rond de beek zoveel mogelijk toe te laten, bij voorkeur aan de zonzijde van de het bekensysteem. In de niet heringerichte delen is veel ruimte voor de ontwikkeling van vegetatie. Hier zou geëxperimenteerd kunnen worden met verschillende vormen van maaibeheer.

### 8.3. Monitoring

Deze systeemanalyse is gebaseerd op alle informatie die beschikbaar is. We constateren dat de informatie beperkt is. Hieronder volgt een advies voor monitoring. Op grond hiervan zou op termijn (bijvoorbeeld in 2018) een actualisatie van deze systeemanalyse kunnen worden gedaan. Op basis van deze actualisatie kan de input voor SGBP3 worden verzorgd. Monitoring is niet alleen van belang voor een goed begrip van het watersysteem, maar ook voor het volgen van de toestand (hydrologisch en ecologisch) en voor het volgen van effecten van beheer (kwantiteitsbeheer, vegetatiebeheer).

We gaan achtereenvolgens in op de (geo)hydrologie, waterkwaliteit en ecologie. Ten slotte gaan we in op frequentie en locatie.

#### Hydrologie

Het is belangrijk om op een aantal 'knooppunten' (Afbeelding 8.3) een beter beeld te krijgen van de waterstanden, debieten en van de herkomst. Hiervoor zijn de volgende aanvullende metingen van belang:

- waterstand (continue); de waterstand geeft een beeld van de hydrologische toestand. De waterstand kan gerelateerd worden aan inundatie. Het volgen van de waterstand is cruciaal om op tijd in te grijpen, bijvoorbeeld door te maaien;
- debiet (continue): de debieten geven een indruk van de afvoer van het bekensysteem op de knooppunten. Op dit moment wordt alleen de afvoer in het Oostervoortse Diep gemeten;
- EGV (continue): de EGV geeft een goed beeld van de herkomst van water. Bovendien is de EGV eenvoudig continue te meten.

Aanvullend zou gedacht kunnen worden aan het meten van de stroming van bijvoorbeeld Slokkert bovenstrooms tot de voormalige Alteveerstuw door op verschillende momenten een met GPS uitgerust drijvend voorwerp bovenstrooms van de Slokkert in het water te

plaatsen. Op grond van frequente GPS signalen kan vervolgens de stroming worden afgeleid. Hiermee wordt een continue beeld in de ruimte gecreëerd.

NB! De relatie tussen waterstand en afvoer vertelt iets over de weerstand in het bekensysteem. Kennis van deze relatie kan helpen bij het vaststellen van wanneer ingrepen nodig zijn. Dit helpt bij het vormgeven van anticiperend vegetatiebeheer. Bij waterschap de Dommel wordt hier al mee gewerkt.

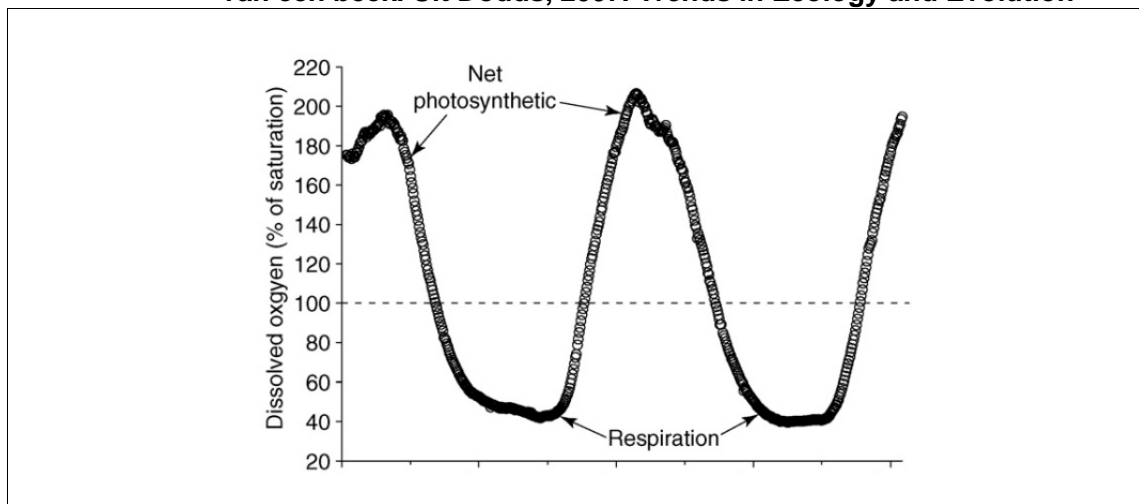
### Waterkwaliteit

Het is ook belangrijk om een goed beeld te krijgen van de waterkwaliteit na herinrichting.

De chemische waterkwaliteit is een toestandsvariabele maar ook een directe afgeleide van de ESF belasting (ESF 4) en bepaalt samen met de inrichting, de connectiviteit en de hydrologie de potenties voor waterplanten, macrofauna en vis. Verder vertelt de waterkwaliteit iets over de herkomst van water. Eerder hebben we chloride beschouwd. Elementen als sulfaat en ijzer geven aanvullende informatie, maar deze worden niet gemeten. Andere elementen, zoals bicarbonaat zijn van belang voor specifieke soorten, maar ook dit wordt niet gemeten.

Met name het zuurstofgehalte is een belangrijke indicator van de waterkwaliteit. Het zuurstofgehalte wordt beïnvloed door allerlei processen in het bekensysteem en vormt een directe voorwaarde voor karakteristieke macrofauna en rheofiele vis.

### Afbeelding 8.2. Een 24-uurs zuurstofcurve levert nuttige informatie over de toestand van een beek. Uit Dodds, 2007. Trends in Ecology and Evolution



Met monitoring zuurstof (continu) kan in de eerste plaats worden bepaald in welk tempo (eng. 'rate') zuurstof vanuit de lucht oplost in het beekwater (oplossingsquotiënt). Bepalend voor de oplossingsquotiënt is de mate van turbulentie (stroming, substraat) over een traject in de beek. Hoe meer turbulentie, hoe hoger de oplossingsquotiënt. Zodoende kan een beeld verkregen worden over het op orde zijn van de ESF afvoerdynamiek. Ten tweede kan zuurstofmonitoring duidelijkheid verschaffen over het metabolisme van de beek. Wat is de primaire productie? Wat is de respiratie? Een hoog metabolisme hangt direct samen met de hoogte van de belasting (ESF 4).

Naast het zuurstofgehalte is het zinnig de pH en de temperatuur te meten. Voor de waterkwaliteit zijn de volgende aanvullende metingen van belang:

- zuurstof (continue): zie hierboven;
- pH (continue): de pH geeft een indicatie van de vegetatieontwikkeling;
- temperatuur (continue): de temperatuur vertelt iets over de toestand, maar geeft ook aanvullende informatie over de herkomst van water. Grondwater heeft bijvoorbeeld een constantere temperatuur dan oppervlaktewater.

### **Ecologie**

Het is vanzelfsprekend belangrijk om de ecologische ontwikkeling te volgen. De vegetatieontwikkeling speelt een cruciale rol, zowel voor de hydrologie als de ecologie in brede zin. De focus van de monitoring moet dan ook bij de vegetatie liggen.

Wij stellen voor om de vegetatieontwikkeling ten minste de eerste drie jaar na herinrichting nauwlettend te volgen in combinatie met debiet en waterstand. Na een volgende systeem-analyse kan de inspanning worden teruggebracht. Er is dan inzicht in de relatie tussen vegetatieontwikkeling, afvoer en waterstand. Voor de bedekking zou gebruik gemaakt kunnen worden van luchtfoto's, satellietopnames etc. Voor de samenstelling zou aanvullend twee keer per jaar een monitoring op basis van PQ's volstaan. Wij adviseren het aantal PQ's uit te breiden tot vier voor ieder deelsysteem (vier in de Slokkert, vier in het Groote Diep en vier in het Oostervoortse Diep) en op regelmatige afstand te verspreiden over het heringerichte bekensysteem.

Aanvullend zou de macrofaunasamenstelling in voor- en najaar gemeten kunnen worden (minimaal de EPT-taxa haften, kokerjuffers en steenvliegen (Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera)), maar we verwachten dat het enige jaren duurt voordat de macrofaunage-meenschap in evenwicht is met de heersende condities. Wij adviseren om de inspanning voor macrofauna de eerste jaren te beperken naar eens per twee jaar.

### **Frequentie en locatie**

Ons advies is om vooral metingen aan zuurstof, temperatuur en pH te verrichten met een hoge frequentie (in elk seizoen een periode van minimaal een week met elk kwartier of half uur een meting). Om elke deeltak van het systeem zo goed mogelijk te begrijpen zijn de beste meetpunten iets stroomopwaarts van de punten van samenkomen van de beken zoals dat eerder ook door het waterschap gedaan is (Zie Afbeelding 3.4 rechts). Dit geeft het benodigde inzicht in de ruimtelijke en temporele dynamiek. De metingen geven inzicht in de bijdrage van de verschillende deelsystemen in termen van afvoer, eutrofiëring en zuurstofdynamiek.

De metingen hydrologie en waterkwaliteit vormen de kapstok voor de overige metingen, zoals chloride en nutriënten. In Afbeelding 8.3 is een voorstel gedaan voor de locaties, waarbij onderscheid is gemaakt in een minimale variant en een aanvullende variant. Dit monsterschema wijkt nadrukkelijk af van het voorstel wat betreft de monitoring van vegetatie. Voor een begrip van chemische waterkwaliteit is het van belang de bijdragen van deelsystemen te kennen. Voor begrip van de ontwikkeling van habitats is het daarentegen belangrijk om een 'doorsnede' van het gehele systeem te verkrijgen.

**Afbeelding 8.3. Voorstel locaties continuemetingen hydrologie en waterkwaliteit (gele driehoekjes: minimaal, groene driehoekjes aanvullend)**







## 9. LITERATUUR

- Aquaflux (2011). Geohydrologisch onderzoek De Slokkert. MIPWA grondwatermodelberekening. Dienst Landelijk Gebied.
- Aquaflux (2012). Geohydrologisch onderzoek Groote Diep. MIPWA grondwaterberekening. Dienst Landelijk Gebied.
- Arcadis (2011). Hydrologisch Ontwerp Slokkert Fase 1. DLG Noord.
- Arcadis (2012). Sobek Modellerings Slokkert Fase II. DLG Noord, waterschap Noorderzijvest.
- Arcadis (2013). Dimensionering Groote Diep, Rapportage SOBEK berekeningen. Dienst Landelijk Gebied Noord.
- Buis, K. et al. (2014). Modelleren van beken met waterplanten de weerstand van vegetatie tegen stroming.
- Carling, P. (1988). The concept of dominant discharge applied to two gravel-bed streams in relation to channel stability thresholds. *Earth Surface Processes and Landforms* 13 (4) 355-367.
- Dienst Landelijk gebied (2006). Inrichtingsplan De Slokkert en Groote Diep.
- Dodds, W.K. (2007). Trophic state, eutrophication and nutriënt criteria in streams. *Trends in Ecology and Evolution* 22 (12) 669-676.
- Grote Topografische Atlas van Nederland 1:50.000. 2. Noord-Nederland. (1998) Wolters-Noordhoff Atlasproducties.
- Grote Historische topografische Atlas Drenthe (1898-1928). (2006) schaal 1:25.000. Uitgeverij Nieuwland, Tilburg.
- Hobo, N. (2006). Hydraulische effecten van verschillende inrichtingsscenario's voor de Overijsselse Vecht; een verkennende studie met behulp van een SOBEK-model. Alterra, Wageningen.
- Jones, C.G., Lawton, J.H., Shachak, M. (1994). Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos* 69 (3) 373-386.
- Knighton, A.D. (1987). River channel adjustments; the downstream dimension. In: K. Richards (ed.), *River channels; environment en process*. Institute of British Geographers, Special Publication 18, pp. 95-128.
- R: A Language and Environment for Statistical Computing. (2013). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria R Core Team. 2013.
- Selfick Jr., S.A. (2013). Stream Metabolism-A package for calculating single station metabolism from diurnal Oxygen curves.
- STOWA (2014). Ecologische Sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen.
- STOWA (2014b). Handboek hydrobiologie.
- STOWA (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Leidraad voor een stapsgewijze en integrale ontwerpaanpak.



**BIJLAGE I NOTITIE HYDROLOGIE**



## Modellering van Arcadis

### Inleiding

Ten behoeve van de watersysteemanalyse van de bovenlopen van het Peizerdiep is een globale samenvatting gemaakt van de rapportage van de modellering van het Grootte Diep (Arcadis, 19 maart 2013). De modellering is gebaseerd op de plannen van DLG van eind 2012. Wijzigingen die daarna nog zijn gekomen zijn niet doorgerekend. Dit model is de laatst beschikbare versie, aangenomen is dat eerdere modelberekeningen voor de Slokkert fase I en II hierin zijn verwerkt.

Enkele relevante elementen voor de Modellering van het nieuwe ontwerp Grootte Diep:

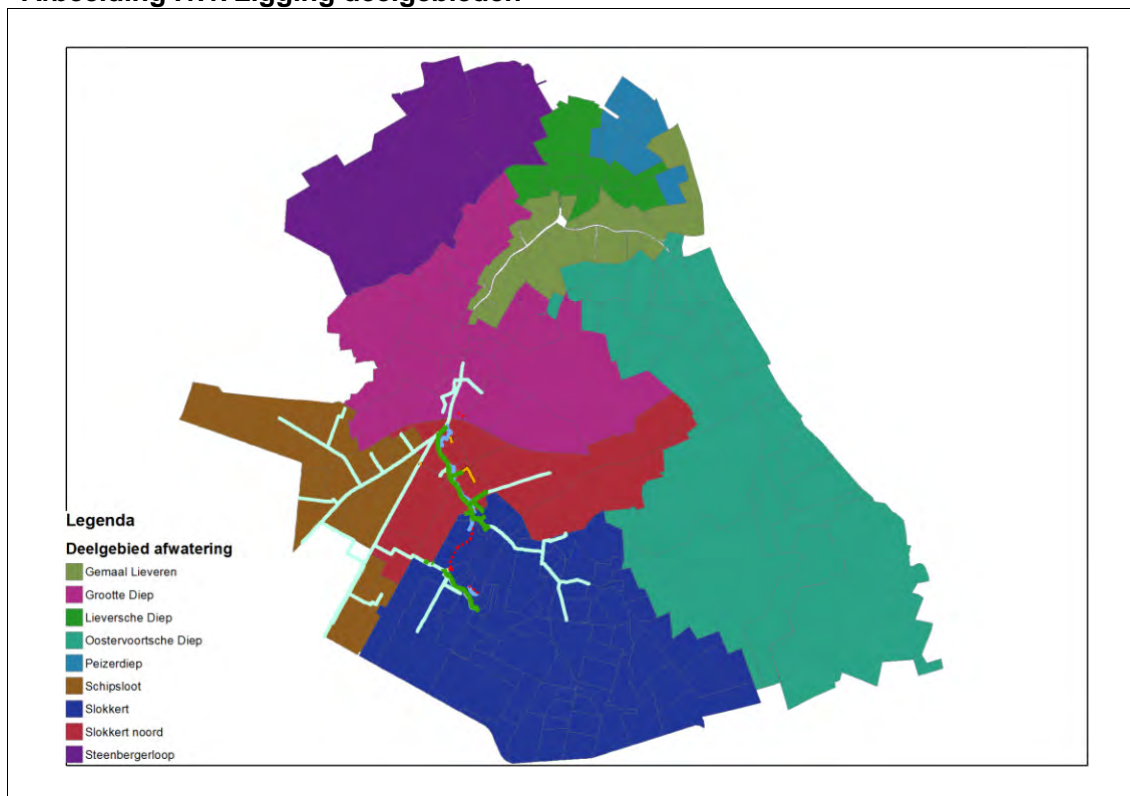
- doel van het nieuwe ontwerp (zoals inmiddels aangelegd) is:
  - hoofdafwatering van al het afwaterende gebied garanderen;
  - bij 50 % afvoer nog minimaal 1 m drooglegging voor de landbouw;
  - stroomsnelheden **niet** maatgevend voor het ontwerp, maar enig zelfreinigend vermogen bij hoge afvoeren is zeer gewenst (maar dan kan ook het aquatisch systeem deels wegspoelen);
  - bij lage afvoeren geen verdroging (maar wellicht wel stilstaand water);
- manier van rekenen: 4 stationaire situaties doorgerekend (5, 20, 50 en 100 % afvoer) en één semi-dynamische som van een extreem hoge afvoergolf in het voorjaar van 2008 ten behoeve van bepalen inundaties en kadehoogten.

### Modelbeschrijving

Voor de afwaterende eenheden is op basis van de bodemkaart en de grondwatertrap een afvoerverdeling gemaakt. Dit is uitgevoerd voor de deelgebieden op basis van de relatie met de debieten ter plaatse van de gemeten debieten van de Alteveerstuw. In tabel I1.1 is van de deelgebieden de fractie van de gemeten afvoer weergegeven, in afbeelding I1.1 is de ligging van de deelgebieden gegeven.

De som van alle afvoeren is groter dan 1 doordat de Alteveerstuw niet het meest benedenstroomse punt in het modelgebied is. De oppervlakte van het deelgebied Zesde Wijk is niet bepaald, de afvoer uit het Fochteloërveen komt via dit deelgebied het model in. Voor de wateraanvoer vanuit het Fochteloërveen zijn geen betrouwbare afvoercoëfficiënten bekend (onzekerheid). De wateraanvoer uit dit gebied is voor het gehele gebied in het model opgenomen via de Zesde Wijk.

## Afbeelding I1.1. Ligging deelgebieden



bron: Dimensionering Grootte Diep, 19 maart 2013

**Tabel I1.1. Deelgebieden, afwaterende oppervlaktes en fractie van de afvoer**

Deelgebied	Oppervlak (ha)	Fractie van de afvoer bij de Alteveerstuw
Slokkert	2297.10	0.1676
Slokkert noord	936.54	0.0430
Zesde Wijk	-	0.2138
Schipsloot	785.59	0.0430
Grootte Diep	1670.77	0.2993
Oostervoortsche Diep	3134.17	0.2993
Gemaal Lieveren	547.91	0.0621
Lieversche Diep	333.77	0.0409
Steenbergerloop	1237.55	0.1389
Peizerdiep	206.19	0.0195

Bron: Dimensionering Grootte Diep, 19 maart 2013

### Waterinlaat

In de bovenloop van de Slokkert is waterinlaat vanuit de Kolonievvaart aanwezig. Deze zorgt ervoor dat er in droge perioden voldoende water in de Slokkert aanwezig is. Onbekend is hoeveel water hier wordt ingelaten. Bij het verdelen van de debieten over de afvoerende eenheden heeft de Slokkert al een hogere factor meegekregen. De lage afvoeren bij de Alteveerstuw zijn inclusief de wateraanvoer, daarom is ervoor gekozen de waterinlaat **niet** in het model op te nemen.

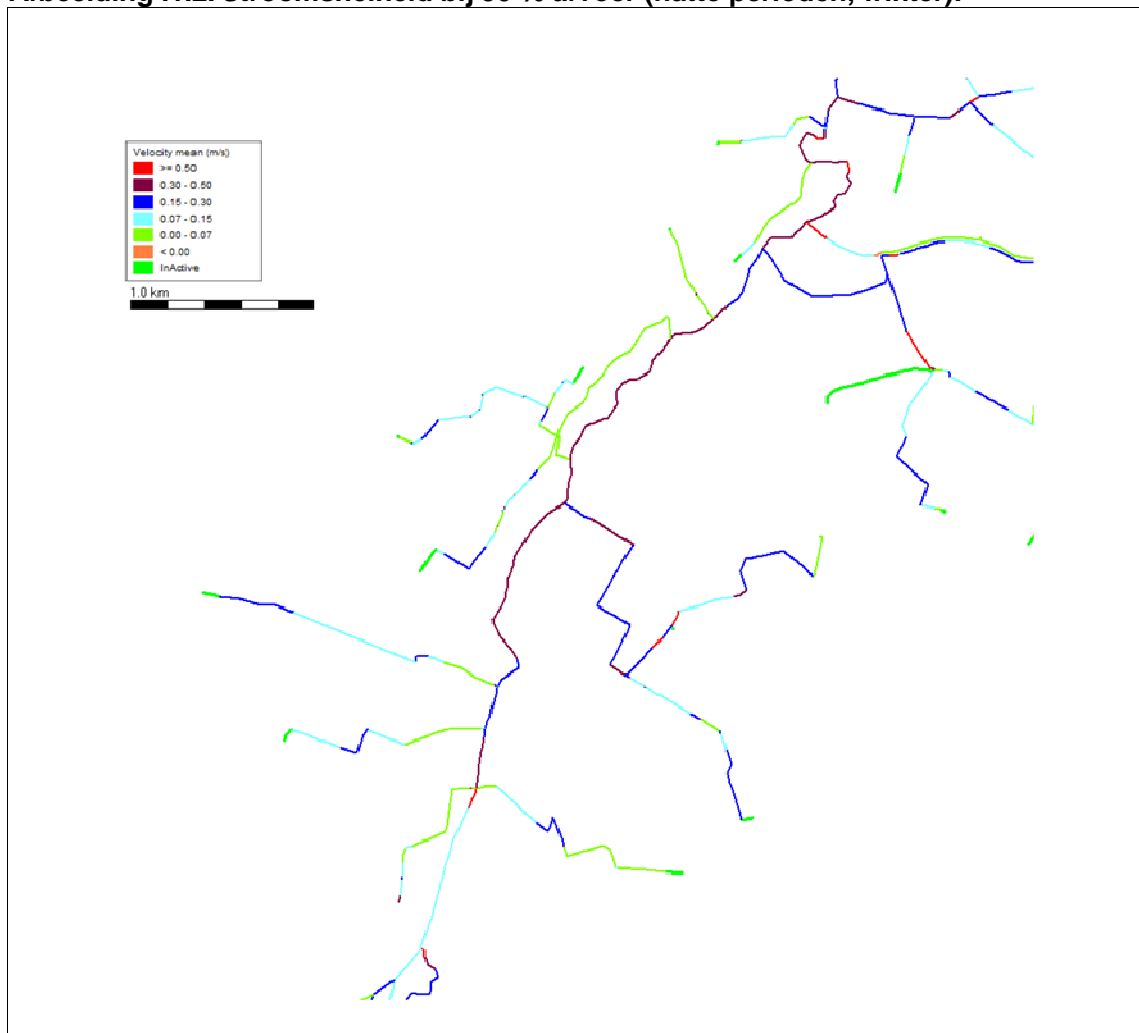
## Dimensionering

De dimensionering is in het rapport per deeltraject beschreven. De dimensionering is gericht op de hiervoor gerichte ontwerpeisen. Deze zijn vooral gericht op voldoende waterafvoercapaciteit.

## Berekende stroomsnelheden

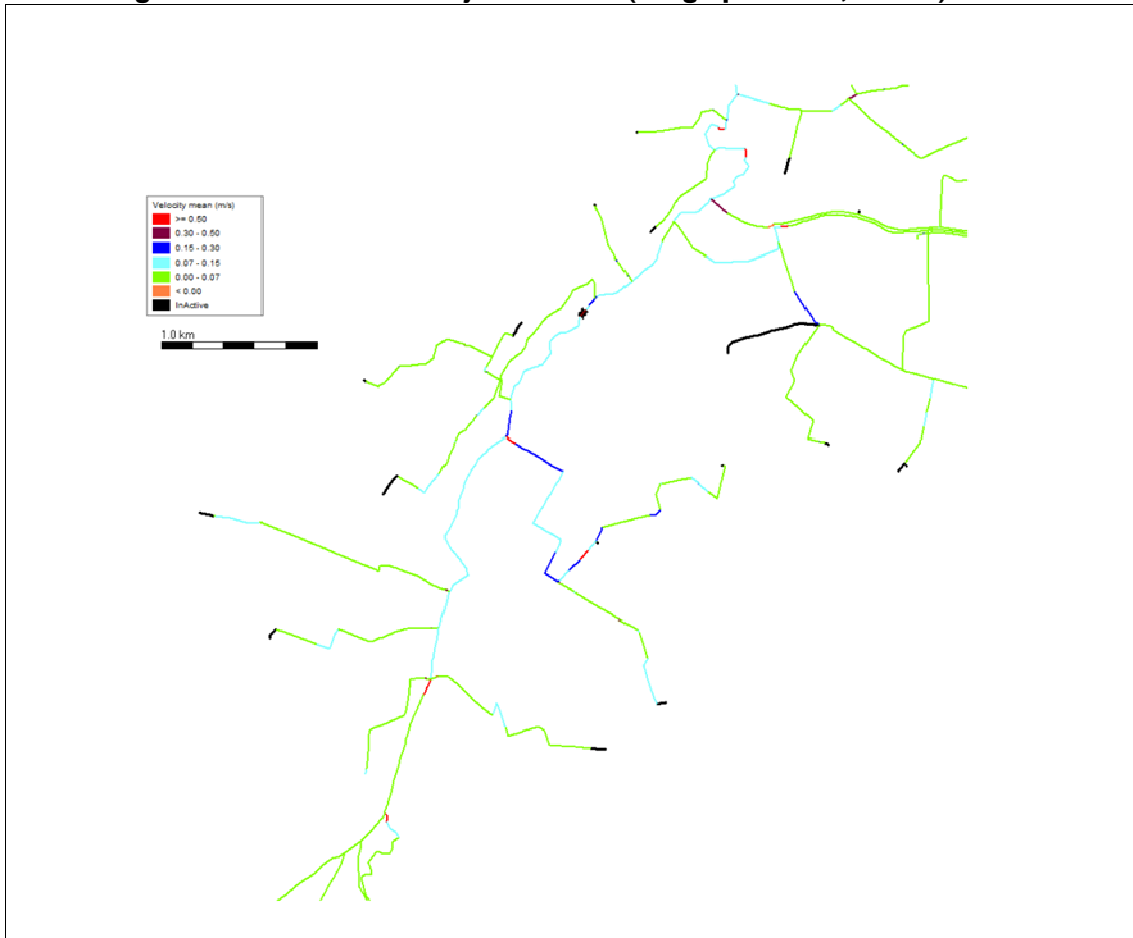
In Afbeelding I1.2 zijn de stroomsnelheden bij 50 % afvoer (natte perioden, winter) weergegeven, en in Afbeelding I1.3 de stroomsnelheden bij 5 % afvoer (droge perioden, zomer). De afvoer uit het Fochteloërveen is echter een onzekere factor. Er is nu in de modellering van Arcadis uitgegaan van een afvoer die een factor 0,2138 van het debiet van de Alteveerstuw bedraagt. In werkelijkheid kan/zal het afvoerverloop anders zijn. Dit is mede afhankelijk van het peilbeheer van de afvoerstuwen waarover het Fochteloërveen afwatert.

**Afbeelding I1.2. Stroomsnelheid bij 50 % afvoer (natte perioden, winter).**



Bron: dimensionering Grootte Diep, 19 maart 2013

**Afbeelding I1.3. Stroomsnelheid bij 5 % afvoer (droge perioden, zomer)**



Bron: Dimensionering Groote Diep, 19 maart 2013

### **Conclusies modellering door Arcadis zelf**

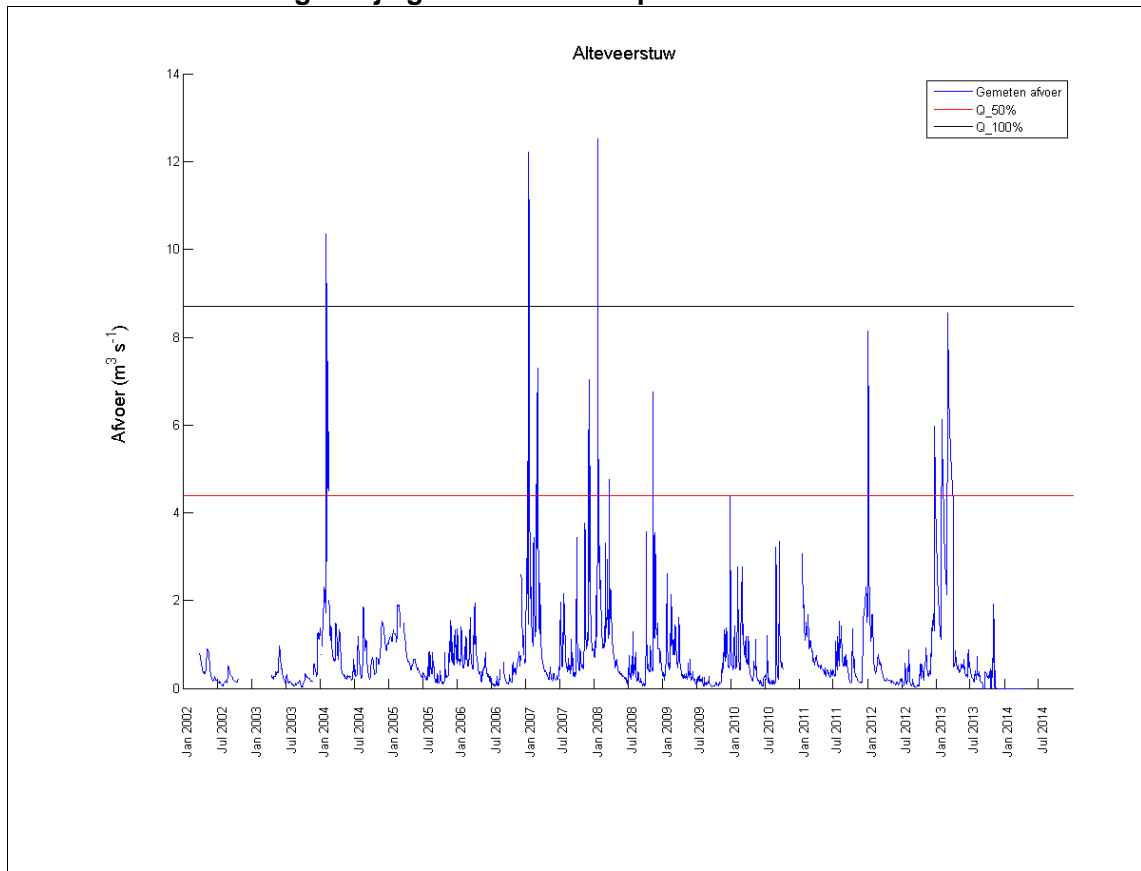
In de rapportage modellering Groote Diep wordt geconcludeerd dat door de herinrichting weer sprake is van een beek met een dynamisch milieu. De stroomsnelheden zijn dusdanig dat enig reinigend vermogen aanwezig is met stroomsnelheden boven de 50 cm/s. Ook bij lage afvoeren blijft de beek wel stromen. Echter, in de rapportage wordt ook aangegeven dat vanuit de hydrologie geen criterium voor een goed beekmilieu is gegeven, en er daarom geen toetsing hierop is toegepast.

### **Hoe vaak komen de stroomsnelheden in Afbeelding I1.2 en Afbeelding I1.3 voor?**

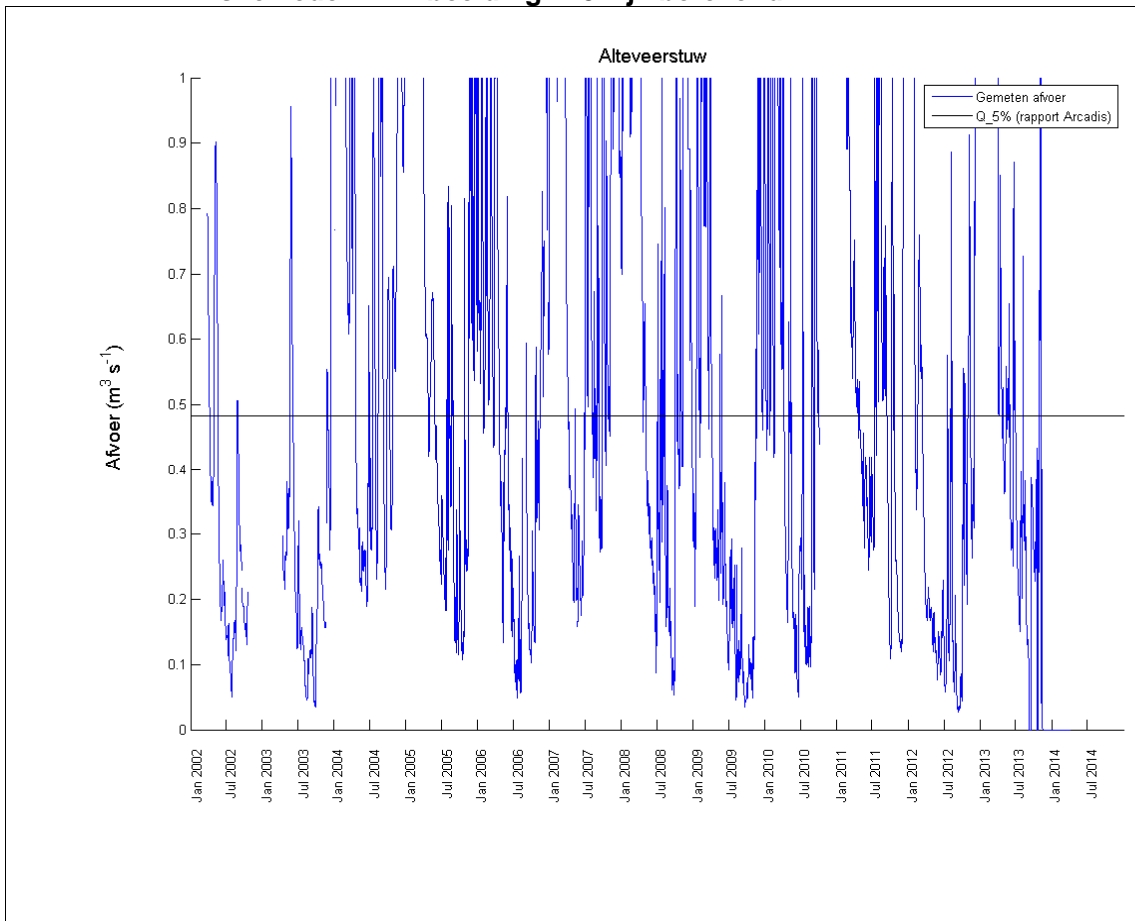
Met de 50 % afvoer wordt waarschijnlijk de halve maatgevende afvoer bedoeld (dit wordt niet goed duidelijk uit de rapportage). De maatgevende afvoer gemiddeld 1 keer per jaar bereikt of overschreden Volgens het Cultuurtechnisch Vademecum (1988) zou dit overeen komen met een afvoer die ongeveer 10 à 20 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden. Een 5 % afvoer zou dan ongeveer 70 à 120 dagen per jaar worden bereikt of onderschreden. Als wordt gekeken naar Afbeelding I1.4 en Afbeelding I1.5 lijkt dit aardig te kloppen. Er is ook te zien dat de debieten langere tijd lager zijn dan de Q5 %. Bijna elk jaar blijkt het debiet bij de Alteveerstuw gedurende ongeveer een maand onder de 0,1 m<sup>3</sup>/s te komen. Voor stroomsnelheden zijn als vuistregel  $v \sim Q^{1/3}$ . Dus bij 0,1 m<sup>3</sup>/s (100 L/s) is de stroomsnelheid ongeveer 0.6 x de waarde in Afbeelding I1.3. Er is bij deze afvoer mijns inziens zeker nog sprake van een stromende beek.



**Afbeelding I1.4. Historische afvoer bij Alteveerstuw, en de Q50 % waarmee de stroomsnelheden in Afbeelding I1.2 zijn berekend. De inundatieberekeningen zijn gemaakt voor de piek in de winter van 2008**



**Afbeelding I1.5. Historische afvoer bij Alteveerstuw, en de Q5 % waarmee de stroomsnelheden in Afbeelding I1.3 zijn berekend**



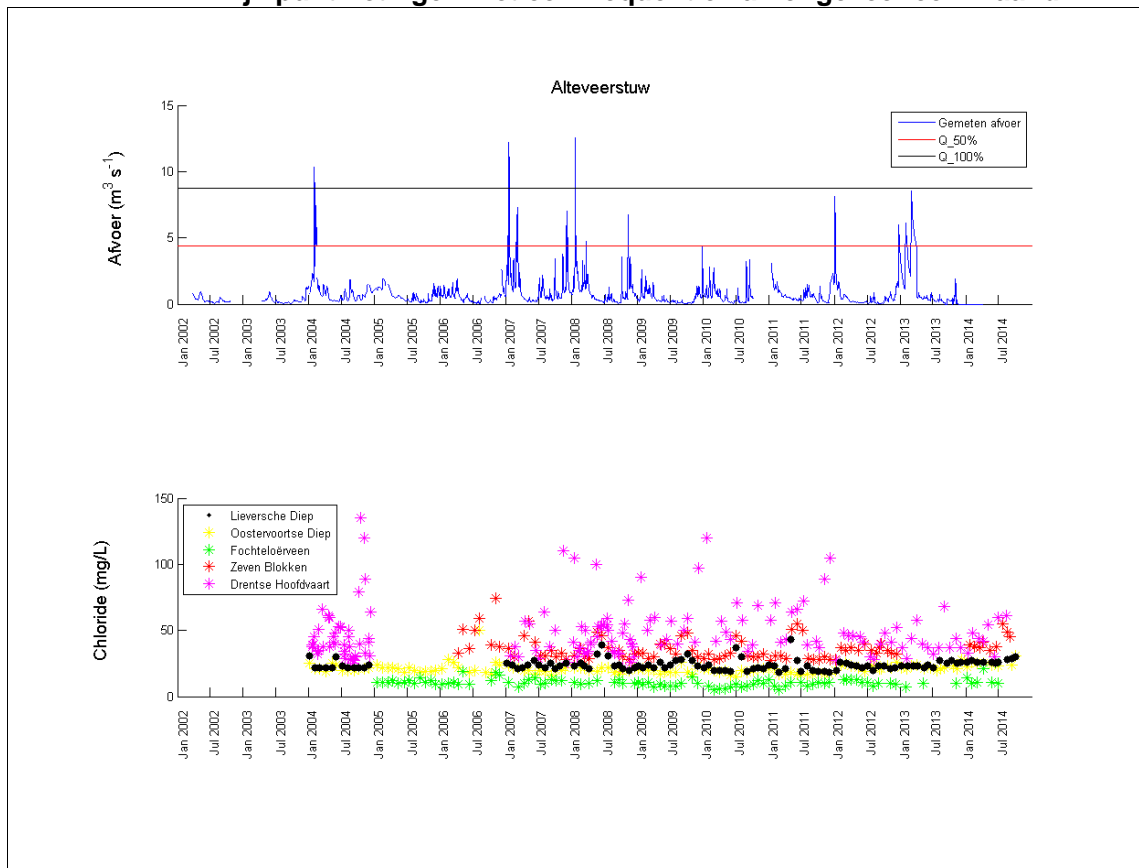
## Wat is de herkomst van het water?

### Chloride

We hebben gepoogd om aan de hand van chloride te kijken of er iets te zeggen valt over de herkomst van het water. Tijdens sommige momenten is er een chloridepiek bij de Alteveerstuw (Afbeelding I1.6), wat duidt op wellicht meer 'gebiedsvreemd' water. De piekjes bij het Liefersche Diep vallen samen met de piekjes bij de Zeven Blokken. Waarschijnlijk wordt vanuit de Drentse Hoofdvaart water ingelaten naar de Zeven Blokken. Als wordt gekeken naar Afbeelding I1.1 dan lijkt in het droge voorjaar 2011 helemaal geen sprake van lage afvoer. Een ecologisch interessante vraag is hier of het waterschap de inlaat van Drentse Hoofdvaart moet doorzetten of niet. Oftewel, accepteer je een lagere stroomsnelheid of wil je liever een hogere stroomsnelheid met een slechtere waterkwaliteit. De precieze waterkwaliteit moet nog bekeken worden. Wellicht hebben we daar de gegevens al voor.

Een precieze berekening bleek niet mogelijk met de gegevens. Chloridegehalte van kwel is moeilijk in te schatten.

**Afbeelding I1.6. Debiet en chloridegehalte. Afvoeren zijn dagmetingen en chloride zijn puntmetingen met een frequentie van ongeveer een maand**



### Waterbalans

We hebben gekeken of er aan de waterbalans zelf iets opmerkelijks is te zien. Wordt er bijvoorbeeld in het ene jaar meer of minder water ingelaten? De afvoer in 2012-2013 lijkt opvallend hoog (Tabel I1.2). De pieken in de winter 2013 lijken ook langer aan te houden wat duidt op gebiedsvreemd water). Voor de zomers (Tabel I1.3) zien we heel duidelijk dat er meer afvoer is dan regen, maar op basis van Tabel I1.3 is nog niet te zeggen of dit komt door diepe kwel of door inlaat van gebiedsvreemd water

**Tabel I1.2. Jaarlijkse waterbalans**

Waterbalans	Neerslagsom (mm)	AI = Ariditeitsindex (P-E_pot)	RC = Afvoercoëfficiënt	0.8*AI - RC
apr-2002 - mrt-2003	776	0.70	NaN	NaN
apr-2003 - mrt-2004	811	0.74	NaN	NaN
apr-2004 - mrt-2005	836	0.68	0.28	0.82
apr-2005 - mrt-2006	725	0.77	0.21	0.83
apr-2006 - mrt-2007	842	0.71	NaN	NaN
apr-2007 - mrt-2008	954	0.58	0.34	0.81
apr-2008 - mrt-2009	713	0.79	0.28	0.91
apr-2009 - mrt-2010	736	0.82	0.19	0.85
apr-2010 - mrt-2011	780	0.74	NaN	NaN
apr-2011 - mrt-2012	798	0.70	0.27	0.83
apr-2012 - mrt-2013	806	0.68	0.45	0.99
apr-2013 - mrt-2014	733	0.79	0.11	0.74

**Tabel I1.3. Waterbalans tijdens zomer**

Waterbalans	Neerslagsom (mm)	AI = Ariditeitsindex (P-E_pot)	RC = Afvoercoëfficiënt	0.8*AI - RC
jun-2002 - aug-2002	247	1.05	0.05	0.89
jun-2003 - aug-2003	125	2.41	0.11	2.03
jun-2004 - aug-2004	337	0.77	0.12	0.74
jun-2005 - aug-2005	273	0.93	0.10	0.85
jun-2006 - aug-2006	225	1.33	NaN	NaN
jun-2007 - aug-2007	302	0.84	0.15	0.82
jun-2008 - aug-2008	206	1.29	0.11	1.14
jun-2009 - aug-2009	216	1.36	0.06	1.15
jun-2010 - aug-2010	306	0.96	0.07	0.84
jun-2011 - aug-2011	284	0.83	0.15	0.81
jun-2012 - aug-2012	284	0.93	0.05	0.79
jun-2013 - aug-2013	176	1.62	0.13	1.43

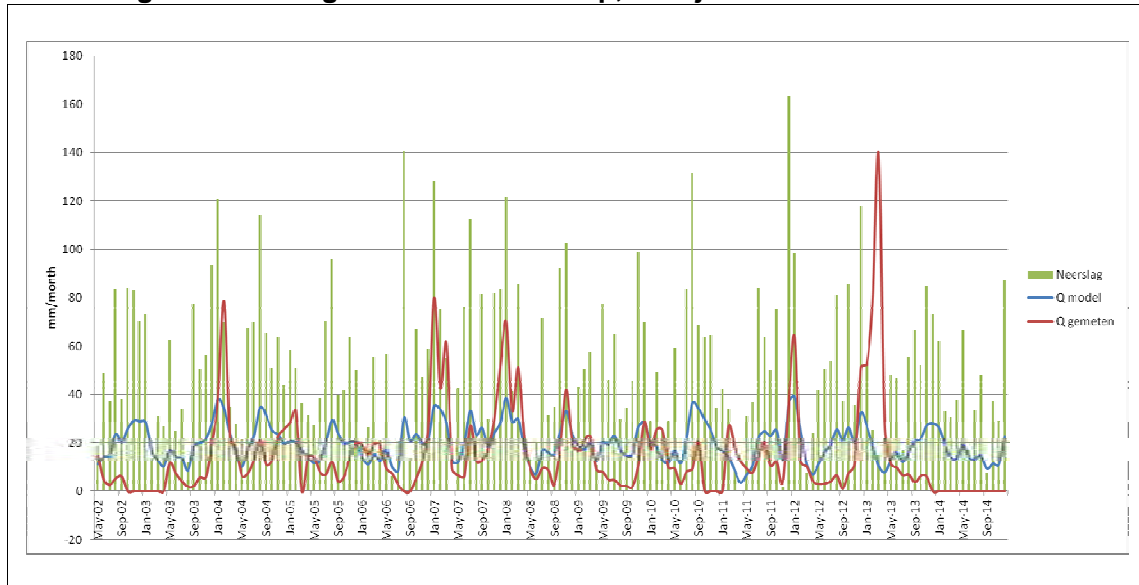
**Eenvoudig regressiemodel neerslag-afvoer**

In Afbeelding I1.7 hebben we met een simpel model gepoogd om te kijken of er vreemde dingen in de metingen te zien zijn. Dit model werkt als volgt:  $Q = b_1*(P_{net}(t))+b_2*(P_{net}(t-1))+b_3*(P_{net}(t-2))$ .

Hierbij zijn we uitgegaan van de oppervlaktes in Tabel I1.1.

Het model doet het niet goed, wat aangeeft dat de grondwaterdynamiek een grote rol speelt. Neerslag in de zomer vult wel het grondwater aan, maar komt vaak niet in de beek terecht. Weer valt de winter 2013 op met een onverklaarbare piek, maar op basis hiervan kunnen we concluderen dat dit gebiedsvreemd water is of een meetfout, want in de chloridegehalten (Afbeelding I1.6) is weinig bijzonder te zien.

**Afbeelding I1.7. Neerslag-afvoermodel. Let op, dit zijn maandwaarden**

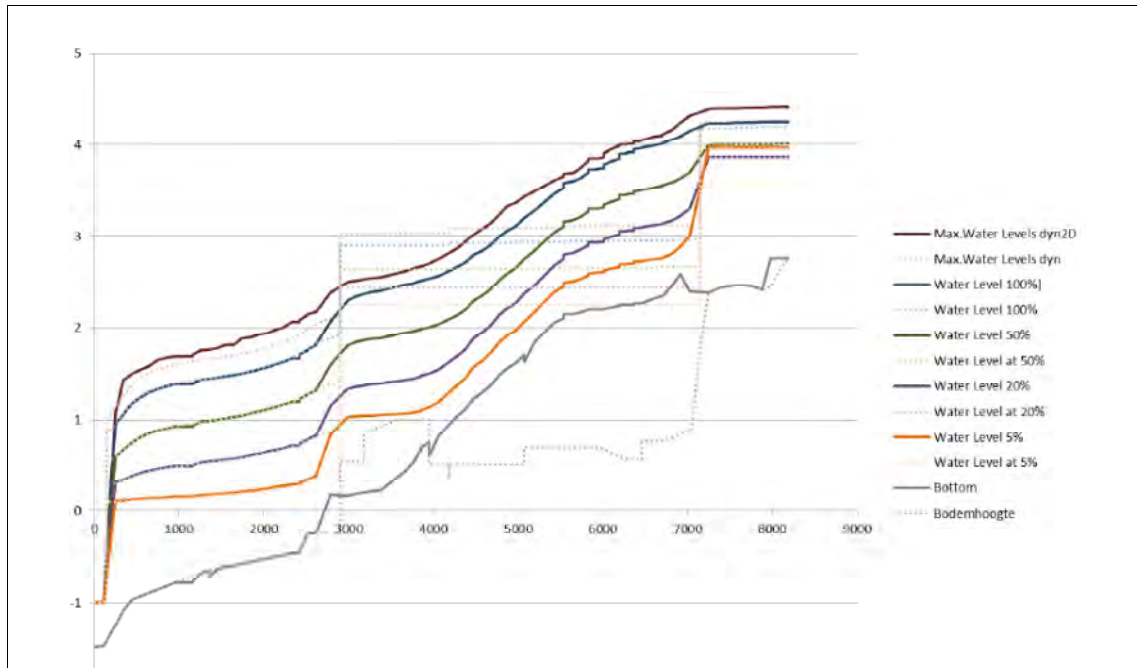


### Verschil oude en nieuw situatie

#### Lage afvoeren

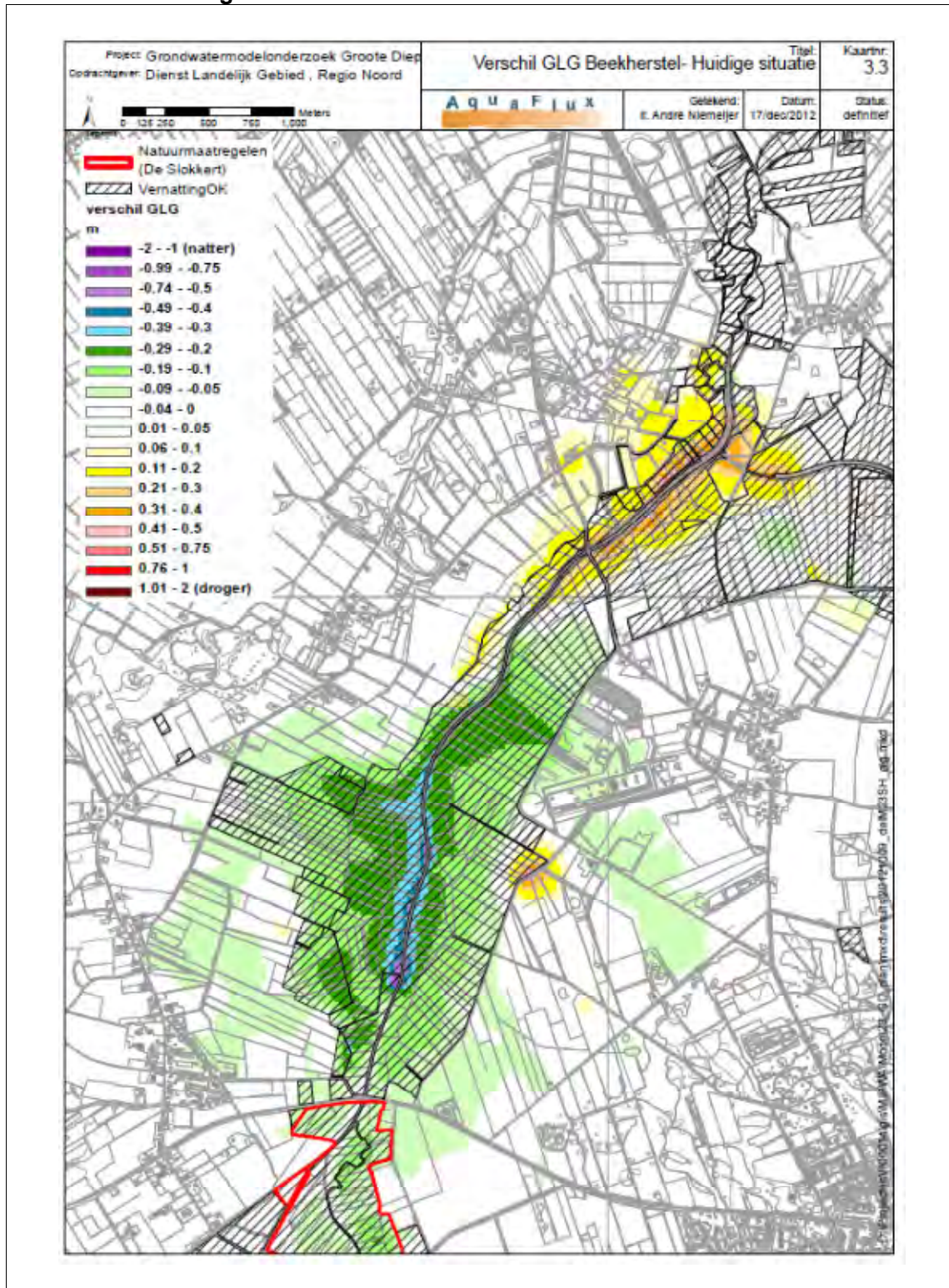
In principe zouden we er vanuit moeten kunnen gaan dat de stroomsnelheden zoals in Afbeelding I1.2 en Afbeelding I1.3 weergegeven zijn kloppen. Het nieuwe afvoerloop volgens Arcadis langs de beek ziet er dan uit als in Afbeelding I1.8. De vraag is echter of de nieuwe situatie wel is zoals geschetst. Deze waterstanden zijn berekent met de contributies als in Tabel I1.1, maar als de waterstand in de beek tussen 3000 en 4500 afneemt t.o.v. de referentiesituatie zal de kwel toenemen in de nieuwe situatie. Het tegenovergestelde is waar voor 4500 to 7000. Door een hogere waterstand is hier minder kwel en dus eigenlijk een lagere waterstand.

**Afbeelding I1.8. Waterstanden in referentiesituatie en in plansituatie (=huidige situatie). Bij 3000 is de voormalige Alteveerstuw en bij 7000 is de Enerstuw. De metrerung is indicatief, want deze verschilt voor de verschillende situaties**



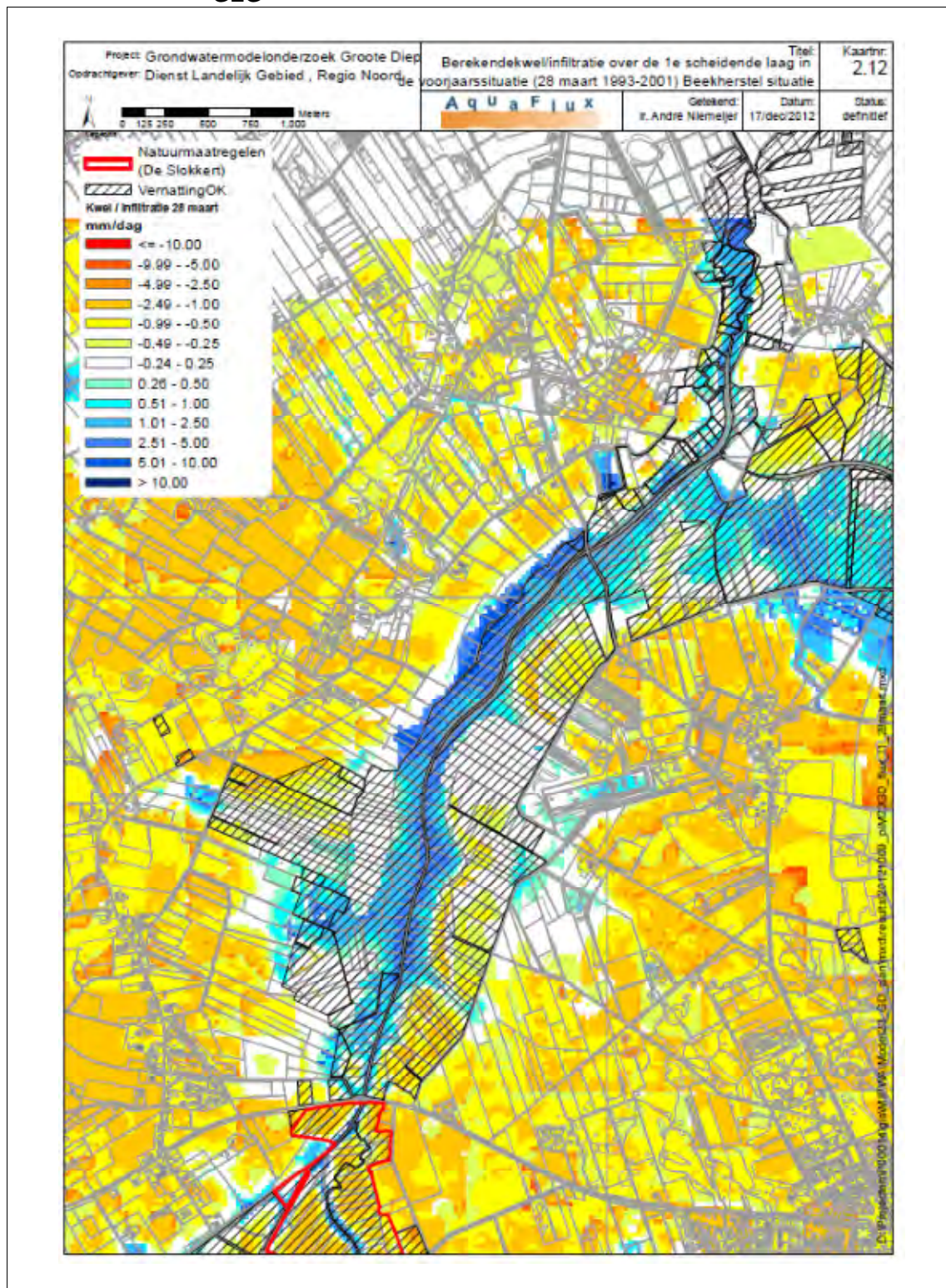
De waterstanden van Afbeelding I1.8 zijn volgens mij als randvoorwaarde gebruikt in de grondwatermodellering (Afbeelding I1.9 en Afbeelding I1.10). Als de peilen tussen 4500 en 7000 in de praktijk lager zijn, zal echter de kwel weer toenemen. De kwel hoeft overigens niet precies overeen te komen met de wateraanvoer naar de beek.

**Afbeelding I1.9. Verschil GLG Beekherstel - GLG Oorspronkelijke situatie. Dit is een enigszins verwarrend plaatje door de bijschriften droger en natter, maar volgens ons volgt de grondwaterstand het beeld van Afbeelding I1.8**



Bron: Aquafux, grondwatermodellering Groote Diep

Afbeelding I1.10. Kwelkaart tijdens voorjaar. Deze kaarten zijn niet gegeven voor de GLG



Bron: Aquaflux, grondwatermodellering Groote Diep



**Wintersituatie: is er beheersruimte om minder te maaien en dus de profielen te verkleinen met kans op meer inundatie**

Het zou goed zijn voor de sponswerking, d.w.z. water vasthouden in de winter zodat dat weer kan worden afgegeven in de zomer, als er minder gemaaid wordt. Arcadis heeft een dynamische modelstudie gedaan van de afvoergolf in januari 2008. Het geïnundeerde gebied wordt weergegeven in Afbeelding I1.11. Het is te verwachten dat het geïnundeerde gebied groter is als er niet wordt gemaaid, omdat de afvoercapaciteit dan wordt vermindert. Waarschijnlijk is dit echter maar beperkt.

Het is wel belangrijk op te merken dat de afvoergolf van januari 2008 niet extreem is (inschatting herhalingsjijd van 10 jaar). Eigenlijk zou het effect van niet maaien modelmatig getest moeten worden, wellicht ook met extreme afvoer dan januari 2008, en worden vergeleken met de vernatting OK gebieden in Afbeelding I1.10.

Afbeelding I1.11. Maximale inundatie tijdens de afvoerpiek januari 2008

