

Watersysteemanalyse Koningsdiep

op basis van ecologische sleutelfactoren
voor stromende wateren



Ecofide
Natuurlijk vertrouwen

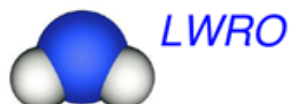
Watersysteemanalyse Koningsdiep

op basis van ecologische sleutelfactoren
voor stromende wateren

Datum:	18 december 2015
Opdrachtgever:	Wetterskip Fryslân
Contact persoon opdrachtgever:	Roelof Veeningen
Projectnummer:	78
Auteurs:	Bart Reeze en Roy Laseroms (LWRO)
Status:	Definitief rapport

Ecofide

Singel 105
1381 AT Weesp
Telefoon: 0294 450282
KvK: 32134487
info@ecofide.nl
www.ecofide.nl



Inhoudsopgave



1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Vraagstelling	5
1.3	Afbakening	5
1.4	Opbouw van het rapport	6
2	Ecologische sleutelfactoren	7
2.1	Ecologische sleutelfactoren in ontwikkeling	7
2.2	Het raamwerk van ecologische sleutelfactoren	7
2.3	Betekenis van de ecologische sleutelfactoren	9
3	Systeembeschrijving	11
3.1	Het Koningsdiep	11
3.2	Geologie en geomorfologie	11
3.3	Globale ontwikkelingen in landschap en waterhuishouding	16
3.4	Bodemopbouw	18
3.5	Waterhuishouding	18
3.5.1	Grondwater	18
3.5.2	Oppervlaktewater	22
3.6	Landgebruik	24
4	Resultaten watersysteemanalyse	27
4.1	Afvoer	27
4.2	Connectiviteit	34
4.3	Verhang	35
4.4	Waterplanten (weerstand)	37
4.5	Hydromorfologisch complex	39
4.6	Oeverbegroeiing	42
4.7	Zuurstof	43
4.8	Bodemsubstraat	43
5	Toestand Kaderrichtlijn Water (KRW)	45
5.1	Chemische toestand	45
5.2	Ecologische toestand	45
6	Biologische toestand nader bekeken	47
6.1	KRW	47

6.2	EBEO	48
7	Synthese	49
8	Effect van maatregelen	51
8.1	Voorgenomen maatregelen	51
8.2	Verkenning mogelijke maatregelen	59
8.3	Conclusie	63
9	Aanbevelingen	65
9.1	Maatregelen	65
9.2	Instrumenten en modellen	66
9.3	Monitoring.....	66
10	Literatuur	69

1 Inleiding

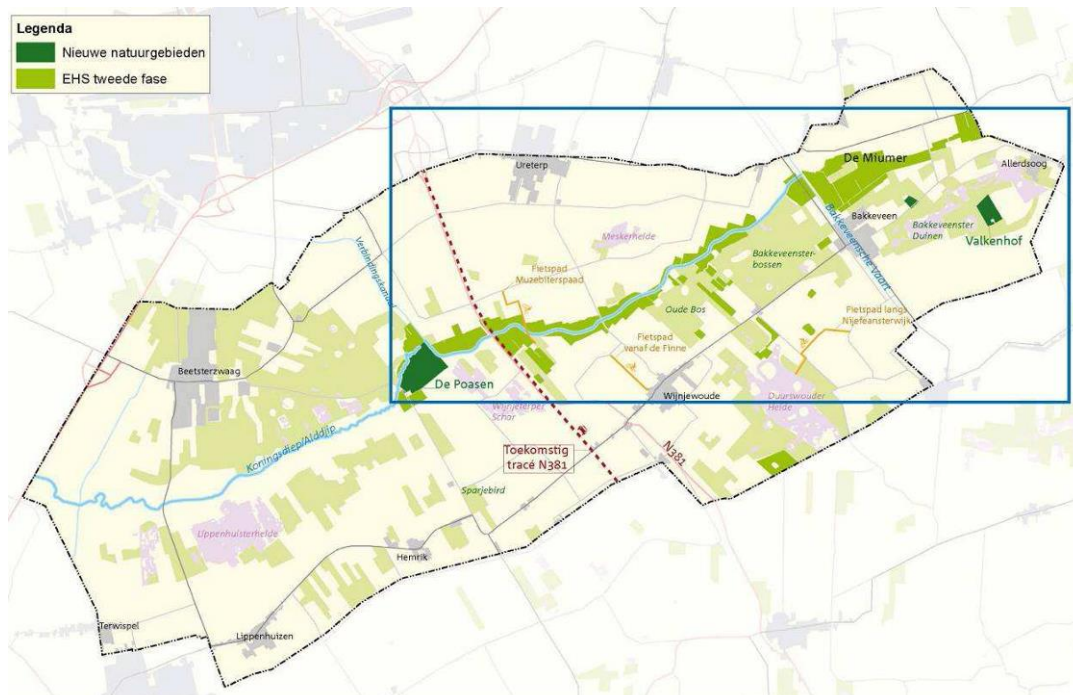


1.1 Aanleiding

Het Koningsdiep is één van de vier beken in het beheergebied van Wetterskip Friesland. Naast het Koningsdiep zijn dit de Tjonger en de Linde (ten zuiden van het Koningsdiep) en de Lauwers (in het noorden van het beheergebied). Het Koningsdiep, de Tjonger en de Linde wateren af vanaf het Drents-Friese plateau in de richting van het zuid-westen. Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn ze getypeerd als watertype R5: langzaamstromende middenloop/ benedenloop op zand. De Lauwers is getypeerd als R6: langzaamstromend riviertje op zand/ klei.

In de huidige situatie hebben de Friese beken weinig kenmerken meer van een stromend water. In termen van de KRW zijn ze 'sterk veranderd'. Ten opzichte van de oorspronkelijke situatie is het dwarsprofiel verbreed en verdiept, het waterpeil wordt gereguleerd door stuwen en in de zomersituatie is er sprake van wateraanvoer. De waterkwaliteit is matig tot slecht en ook de levensgemeenschap vertoont weinig kenmerken van stromend water (Witteveen en Bos, 2015; Thannhauser, 2011). Geen enkele beek voldoet dan ook aan de doelen voor de KRW (Witteveen en Bos, 2015).

Van de drie beken heeft het Koningsdiep op het eerste gezicht de beste potenties voor ecologisch herstel. Er is sprake van een duidelijk beekdal, het beekdal wordt omzoomd door enkele natuurgebieden en een deel van het Koningsdiep heeft nog een vrij onaangetaast profiel.



Figuur 1.1. Plangebied Landinrichting Koningsdiep met het studiegebied voor Beekdalherstel weergegeven in blauw kader (Werkgroep beekdalherstel, 2013).

Bovendien bestaan er voor het Koningsdiep al de nodige plannen voor herstel en verbetering en is er de nodige kennis vergaard over het functioneren van het systeem. In 1999 is de Gebiedscommissie Koningsdiep begonnen met het opstellen van een gebiedsvisie. Deze verscheen in 2004 (Altenburg et al., 2004). Een van de hoofdoelen was 'Herstel van de natuurlijke hydrologie van het Koningsdiep'.

Uitgaande van dit doel is een plan opgesteld waarin het gekanaliseerde gedeelte van het Koningsdiep (Bakkeveen t/m het Verbindingskanaal bij Heidehuizen) wordt omgevormd tot een meer natuurlijke beek die weer door een aaneengesloten natuurgebied stroomt. Om dit te bereiken wordt 500 ha landbouwgrond in het dal begrensd als nieuwe natuur binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Een andere belangrijke doelstelling is om de boven-, midden- en benedenloop van de beek weer aan elkaar te koppelen (Altenburg et al., 2004). Deze maatregelen zijn vertaald in een Raamplan voor de herinrichting van het Koningsdiep (Landinrichtingscommissie Koningsdiep, 2007).

Bij nadere beschouwing bleken de kwaliteitsdoelen uit de KRW niet gehaald te worden wanneer het vastgestelde Raamplan volgens de oorspronkelijke opzet zou worden uitgevoerd (Werkgroep beekdalherstel, 2013). Ditzelfde geldt ook voor de natuurdoelen die de provincie in de EHS van het Koningsdiep nastreeft. Voor het traject tot aan De Poasen (zie figuur 1.1) zijn een aantal aanbevelingen gedaan voor aanpassing van het Raamplan Koningsdiep, vervolgonderzoek voor beekherstel vanaf de Poasen en voor uitvoering (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013).



Foto: Het Koningsdiep ter hoogte van De Poasen (foto Wetterskip Fryslân)

Voor het deel van het Koningsdiep vanaf De Poasen (Hemrikkerscharren e.o.) verscheen vervolgens een landschapsecologische inventarisatie (Meijer, 2014). Daarnaast werd het eerste onderdeel van de EHS gerealiseerd bij De Poasen. Hier is de middenloop weer aangesloten op de benedenloop via een nieuw gegraven bedding. Daarnaast is de stuw bij Sweachsterwei vervangen en voorzien van een vistrap en wordt een duiker geplaatst onder de A7. Deze maatregelen zijn nader beschreven in hoofdstuk 8.

1.2 Vraagstelling

Met het oog op de ecologische toestand van de KRW wil het Wetterskip Fryslân graag meer inzicht krijgen in het ecologisch functioneren van het Koningsdiep. Hoewel de KRW een belangrijke aanleiding was voor aanpassing van de plannen rond het Koningsdiep, is er weinig bekend over de ecologische toestand van de beek in relatie tot de hydrologie en de morfologie van het gebied. In de analyses tot nu toe is de aquatische natuur in de beek zelf relatief onderbelicht gebleven; de meeste aandacht is uitgegaan naar herstel van de landschaps-ecologische waarden van het beekdal.

Daarbij heeft het begrip van het functioneren van aquatische ecosystemen de laatste jaren een nieuwe impuls gekregen door de ontwikkeling van zogenaamde 'ecologische sleutelfactoren' (ESF'en) en bijbehorende watersysteemanalyses (STOWA, 2014). Tot nu toe is de ontwikkeling van de ESF'en vooral gericht geweest op de stilstaande wateren; de ontwikkeling van ESF'en voor stromende wateren staat nog in de kinderschoenen (STOWA, 2015). Toch biedt de denkwijze in ESF'en goede aanknopingspunten voor begrip van de huidige toestand, het effect van maatregelen en het opstellen van realistische kwaliteitsdoelstellingen.

In het voortraject van deze watersysteemanalyse van het Koningsdiep zijn door het Wetterskip een groot aantal vragen gesteld, zie onderstaande opsomming. Deze vragen worden niet allemaal beantwoord binnen het kader van dit project, maar ze geven wel een goede illustratie van de nut en de noodzaak van het uitvoeren van een watersysteemanalyse vanuit aquatisch ecologisch perspectief.

1. Huidige toestand met KRW-maatlat, ecologie ondersteunende factoren en EBEO
2. Benoeming (kwantificering, kwalificering) belangrijkste Ecologische Sleutelfactoren, beoordeling voldoende gegevens/onvoldoende gegevens
3. Sleutelfactoren afzetten tegen geplande maatregelen
4. Bepaling toestand 2021/2027
5. Wat zijn de beekpotenties van het Koningsdiep (R-type, of M-type, of een knip in de beek dus 2 typen?)
6. Aanbevelingen voor toekomstige monitoring
7. Beheer en onderhoud 'bakje'
8. Beheer en onderhoud naast het 'bakje' (in het waterdeel of de overstromingsstroken)
9. Gewenste dynamiek in afvoer (met / zonder inlaat?)
10. Inrichting beekmoeras, verblijftijden, te verwachten waterkwaliteit
11. Beekdalbrede analyse van grondwatersysteem
12. In hoeverre en hoe is de huidige loop 'op te waarderen' en te benutten versus een nieuw 'bakje' graven
13. Benutten (uitgraven) oude meanders
14. Een soort kosten baten analyse (wat moet je doen/ ingreep in het landschap - wat levert het op)

Bovenstaande vragen zijn 'vertaald' naar een aantal vragen op hoofdlijnen. Deze vragen zijn ook als uitgangspunt genomen voor de opbouw van dit rapport, zie paragraaf 1.4:

- Wat zijn de sleutelfactoren voor het ecologisch functioneren van een beek/ stromend water (hydrologie, morfologie etc.)?
- Hoe functioneert het watersysteem in het licht van deze 'Ecologische Sleutelfactoren' voor stromend water?
- Hoe verhoudt de biologische toestand van het Koningsdiep zich tot de toestand van de Ecologische Sleutelfactoren?
- Wat is het verwachte effect van de voorgenomen maatregelen?
- Wat zijn passende maatregelen voor ecologisch herstel van het Koningsdiep?

1.3 Afbakening

Deze watersysteemanalyse beperkt zich tot het ecologisch functioneren van de beek zelf (oppervlaktewater) en haar directe omgeving (de oever). In dat kader spreken we van een aquatisch ecologische watersysteemanalyse of watersysteemanalyse vanuit aquatisch ecologisch perspectief. Om het functioneren van de beek te kunnen begrijpen, is wel kennis en begrip nodig van (de hydrologie en morfologie) van het beekdal en hier wordt dan ook de nodige aandacht aan besteed, maar de analyse is primair gericht op de (KRW-) organismen in de beek.

Vegetaties in het beekdal en relaties met het grondwater blijven bijvoorbeeld buiten beschouwing. Dit is bovendien al onderwerp geweest van diverse verkenningen (o.a. Werkgroep beekdalherstel, 2013 en Meijer, 2014).

Daarnaast is de watersysteemanalyse toegespitst op het traject vanaf de Bakkeveensevaart tot aan de stuw Sweachsterwei (zie ook figuur 3.1). Het gedeelte na de stuw Sweachsterwei behoort tot de boezem (boezempeil 0,52 m-NAP) en kent weinig tot geen maaiveldverhang. In dit traject is geen sprake meer van kenmerkende beekprocessen (stroming en substraat); eventuele maatregelen zullen weinig opleveren in termen van kenmerkende, stromingsgebonden KRW-organismen. Een watersysteemanalyse op basis van ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren levert hier dan ook weinig meerwaarde. Dat wil niet zeggen dat maatregelen hier niet zinvol zijn: het aankoppelen van benedenstrooms gebied en overstroming van laaggelegen gebieden is uitermate zinvol vanuit landschappelijke waarde en leefgebied voor dieren en planten van stagnerend water.

1.4 Opbouw van het rapport

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de ecologische sleutelfactoren voor stromend water als basis voor de watersysteemanalyse van het Koningsdiep. In dit hoofdstuk worden de gehanteerde sleutelfactoren en hun samenhang toegelicht. In hoofdstuk 3 worden de (basale) 'statische' systeemkenmerken van het stroomgebied in beeld gebracht. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de watersysteemanalyse weergegeven, geordend naar de ecologische sleutelfactoren uit hoofdstuk 2. De ecologische sleutelfactoren beschrijven het 'dynamische' functioneren van het watersysteem. Waar nodig wordt teruggesproken naar de systeemkenmerken uit hoofdstuk 3. In hoofdstuk 5 en 6 wordt de huidige toestand beschreven in termen van de KRW (hoofdstuk 5) en met een focus op de biologische toestand (hoofdstuk 6). In de synthese (hoofdstuk 7) worden de resultaten van de watersysteemanalyse en de biologische toestand met elkaar in verband gebracht en in samenhang beschreven. In hoofdstuk 8 worden de resultaten uit de watersysteemanalyse gebruikt om diverse maatregelen te verkennen en wordt zicht verkregen op de potentie van het systeem. In hoofdstuk 9 worden aanbevelingen gedaan voor maatregelen en monitoring.

2 Ecologische sleutelfactoren

Voor de watersysteemanalyse van het Koningsdiep wordt aangesloten bij de systematiek van 'ecologische sleutelfactoren' (ESF) van de STOWA. Deze systematiek is recent geïntroduceerd voor de stilstaande wateren (STOWA, 2014). De systematiek helpt bij het begrijpen hoe een bepaald watersysteem functioneert en wat de bepalende processen zijn in dat functioneren. Daarmee vormt het een belangrijke basis onder de doelen en maatregelen voor dat watersysteem. Bovendien vormt de systematiek een krachtige 'tool' in de communicatie met beleidsmakers en bestuurders over het functioneren van een watersysteem en de doelen en maatregelen die daaruit voortvloeien.

2.1 Ecologische sleutelfactoren in ontwikkeling

Op dit moment zijn de gedachten rond watersysteemanalyses voor stromende wateren nog in ontwikkeling. De systematiek is tot nu toe alleen uitgewerkt voor stilstaande wateren ('en stromende wateren die stil staan'). Voor stromende wateren is recent een eerste opzet voor de sleutelfactoren gepresenteerd (STOWA, 2015). Daarnaast worden in verschillende kaders en projecten voorstellen gedaan en opties ontwikkeld.

In dit rapport maken we gebruik van een zelf ontwikkeld raamwerk van ecologische sleutelfactoren. Dit raamwerk is gebaseerd op de LBL mededeling Ecologisch Beekherstel (Laseroms, 1996), houdt rekening met verschillende schaalniveaus zoals die worden onderscheiden binnen het Europese project REFORM ('catchment, reach en site') en omvat alle 'S'-en uit Beken Stroom (Verdonschot, 1995). Dit schema moet niet beschouwd worden als het 'ei van Columbus', maar wel als een goede basis voor analyse en discussie. Daarnaast helpt het schema in de communicatie van (soms) gedetailleerde achterliggende analyses.

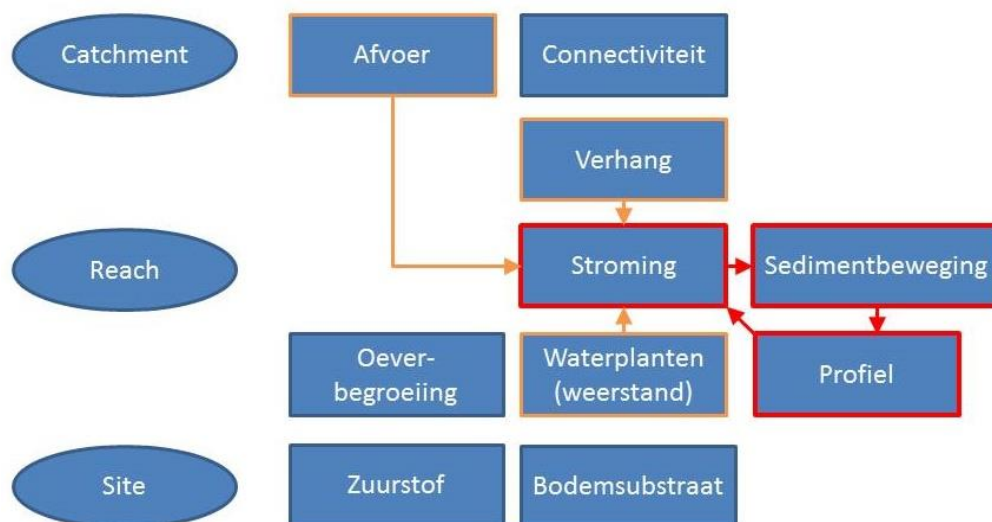
2.2 Het raamwerk van ecologische sleutelfactoren

In figuur 2.1 is het raamwerk van ecologische sleutelfactoren weergegeven dat in dit rapport wordt gehanteerd. De sleutelfactoren zijn geordend naar het schaalniveau waarop ze van invloed zijn: van 'catchment' (stroomgebied, bovenaan) tot op het niveau van een 'site' (locatie, onderaan). De drie sleutelfactoren in het rood (stroming, sedimentbeweging en profiel) zijn sterk gerelateerd en vormen de kern van het raamwerk. Deze sleutelfactoren worden als één sleutelfactor beschreven: het hydromorfologisch complex. Via de oranje pijlen is aangegeven welke sleutelfactoren het hydromorfologisch complex beïnvloeden. Ook tussen de overige sleutelfactoren bestaan diverse relaties. Deze relaties zijn ten behoeve van het overzicht weggelaten.

Met de ecologische sleutelfactoren worden de belangrijkste standplaatsfactoren en conditionerende (bepalende) factoren voor aquatische organismen in beken beschreven, zie tabel 2.1. Het verwarrende is dat sommige sleutelfactoren zowel een standplaatsfactor als een conditionerende factor vormen.

Tabel 2.1 Belangrijkste standplaatsfactoren en conditionerende (bepalende) factoren voor beekorganismen

Standplaatsfactor	Conditionerende factor
Stroming	Afvoer, verhang, waterplanten (weerstand) en profiel
Bodensubstraat	Stroming, sedimentbeweging en oeverbegroeiing (blad)
Zuurstof	Stroming, bodensubstraat, waterplanten (en externe belasting)
Licht	Oeverbegroeiing (schaduw)



Figuur 2.1. Aanzet sleutelfactoren beken, met in rood en oranje het 'hydromorfologisch complex'

Stroming speelt een centrale rol in het raamwerk: zij is bepalend voor de beweging van sediment en organisch materiaal (blad) en daarmee voor de samenstelling van het bodensubstraat. Daarnaast is stroming van belang voor de zuurstofhuishouding in de beek. De meeste typische beekorganismen zijn gebonden aan een divers substraat met zand, grind, bladpakketten, hout, etc. en goede zuurstofcondities.

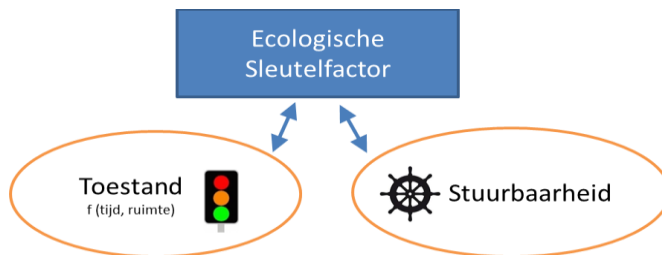
Naast de genoemde standplaatsfactoren in tabel 2.1 zijn ook andere standplaatsfactoren van belang voor beekorganismen, zoals temperatuur, nutriënten en toxische stoffen (STOWA, 2015) en macro-ionen, pH, diepte en droogval (Verdonschot, 2015). Veel van deze factoren maken al indirect deel uit van de benoemde ecologische sleutelfactoren, zoals temperatuur (als functie van oeverbegroeiing (schaduw) en afvoer) en de diepte (als specifiek aspect van het profiel). Andere factoren zijn van belang in specifieke situaties en worden daarom niet expliciet beschouwd (macro-ionen, pH, belasting met warmte). Wat betreft nutriënten gaan we er (vooralsnog) van uit dat beken van nature vrij voedselrijk zijn en dat de voedselrijkdom niet primair van belang is voor de aanwezigheid en de groei van de grotere structuurbepalende water- en oeverplanten, zie de box over nutriënten in paragraaf 4.4.

Het belangrijkste kenmerk van de sleutelfactoren zoals ze in dit rapport worden gehanteerd, is dat ze 'dynamisch' van aard zijn, dus veranderlijk in tijd en ruimte. Ze moeten dan ook 'dynamisch' worden beschreven, dus als functie van ruimte en tijd. Voor een aantal sleutelfactoren wordt hiervoor gebruik gemaakt van waterbewegingsmodellen. Er zijn echter ook sleutelfactoren waarbij de beschikbare gegevens niet aansluiten bij de informatiebehoefte vanuit de sleutelfactor. Voor deze sleutelfactoren is getracht een zo goed mogelijk beeld te schetsen van de situatie op basis van informatie die wel beschikbaar is.

Daarnaast wordt elke sleutelfactor gekenmerkt door twee aspecten, zie figuur 2.2:

- Toetsbaarheid: de sleutelfactor moet getoetst kunnen worden op basis van toestandskenmerken (stoplicht: groen/ oranje/ rood). Een belangrijk aspect waar rekening mee gehouden moet worden bij de beschrijving van de sleutelfactor is de variabiliteit in tijd en ruimte.
- Stuurbaarheid: de sleutelfactor moet te beïnvloeden zijn.

Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 2.3.



Figuur 2.2. Twee aspecten van een ecologische sleutelfactor

2.3 Betekenis van de ecologische sleutelfactoren

In deze paragraaf worden de ecologische sleutelfactoren nader toegelicht. Van elke sleutelfactor worden de betekenis, de toestandskenmerken en de manier waarop de stuurfactor beïnvloed kan worden kort weergegeven. Voor de nadere uitwerking zie hoofdstuk 4.

Afvoer

- Betekenis: afvoerhydrologie, manier waarop neerslag tot afstroming komt
- Toestandskenmerken: basisafvoer, piekafvoer, minimale afvoer
- Beïnvloeding: landgebruik, drainage, onttrekking, wateraanvoer, bufferzone/ berging, bodemhoogte, profiel

Connectiviteit

- Betekenis: mate waarin transport van sediment en soorten vrij kan plaatsvinden
- Toestandskenmerken: ligging barrières, bronpopulaties, passeerbaarheid
- Beïnvloeding: barrières (kunstwerken: gemalen, stuwen, drempels) en afstand tot bronpopulaties

Verhang

- Betekenis: helling van het oppervlak waarin de geul zich vormt (dalhelling)
- Toestandskenmerken: aanwezig en potentieel bodemverhang, sinuositeit van de waterloop
- Beïnvloeding: lengte en ligging van de beekloop in het beekdal (geulhelling)

Waterplanten (weerstand)

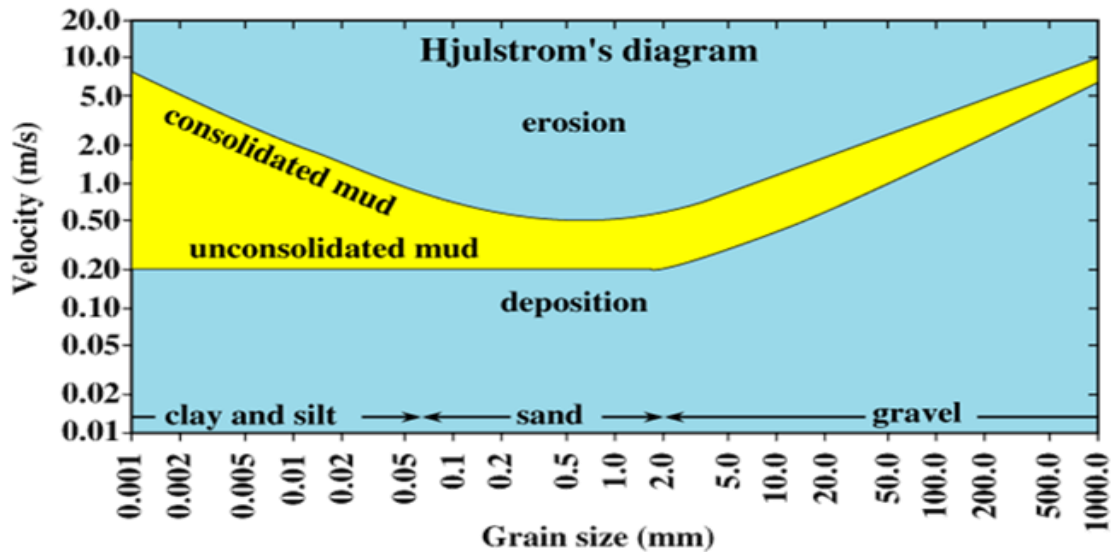
- Betekenis: weerstand in de waterloop tegen stroming (m.n. als gevolg van waterplanten)
- Toestandskenmerken: aanwezigheid van water- en oeverplanten in het profiel, weerstandscoefficient k_M
- Beïnvloeding: beschaduwing (oeverbegroeiing), hydromorfologisch complex (stroming, sedimentbeweging, profiel)

Hydromorfologisch complex (stroming, sedimentbeweging en profiel)

- Betekenis: interactie tussen hydrologie, verhang, weerstand en sedimentsamenstelling leidt tot stroming, sedimentbeweging (erosie, transport en sedimentatie) en een evenwichtsprofiel
- Toestandskenmerken: stroomsnelheid, sedimentbeweging, morfologische stabiliteit
- Beïnvloeding: via afvoer, verhang, weerstand en profiel (aanleg)

Box: Relatie tussen stroming en sedimentbeweging: het Hjulström diagram

De relatie tussen stroming en het bodemsubstraat is het beste te illustreren aan de hand van het Hjulström-diagram, zie onderstaande figuur. In deze figuur is de sedimentbeweging gerelateerd aan de korrelgrootte (horizontale as) en de stroomsnelheid (verticale as), zie ook Maas en Makaske (2015). Bij een geringe stroomsnelheid (<20 cm/s) is er sprake van depositie van (veelal fijn) sediment. Bij hogere stroomsnelheden zal het sediment in beweging komen, afhankelijk van de korrelgrootte die aanwezig is. Zand en ongeconsolideerd slib komen het eerste in beweging; grind en geconsolideerd slib komen pas in beweging als de stroomsnelheid hoog genoeg is. Voor het ontstaan van een gevarieerd substraat is het van belang dat er gedurende het hele jaar voldoende stroming aanwezig is om een uniform bodemsubstraat met fijn zand en slib te voorkomen.



Figuur: Een Hjulström-diagram waarin erosie, transport (geel) en depositie van sediment is gerelateerd aan de korrelgrootte (horizontale as) en de stroomsnelheid (verticale as). In het Koningsdiep hebben we te maken met fijn sediment zoals matig fijn zand, leem en klei.

Oeverbegroeiing

- Betekenis: aanwezigheid van bossagezone langs de waterloop
- Toestandskenmerken: omvang (%lengte) en kwaliteit bossagezone (beschaduwing, boomtype)
- Beïnvloeding: beheer, profiel (aanleg) en aanplant

Zuurstof

- Betekenis: beschikbaarheid van zuurstof voor beekorganismen
- Toestandskenmerken: zuurstofgehalte (incl. dag-nachtritme)
- Beïnvloeding: organische belasting via rioolwaterzuiveringsinstallaties, overstorten, waterbodembodem, waterplanten en stroming

Bodemsubstraat

- Betekenis: beschikbaarheid van kenmerkende substraten voor stromend water organismen
- Toestandskenmerken: aanwezigheid kenmerkende substraten (grind, zand, bladpakketten, hout)
- Beïnvloeding: via afvoer, verhang, weerstand, profiel (aanleg), oeverbegroeiing en dood hout (aanbrengen)

3 Systeembeschrijving



In dit hoofdstuk worden enkele (basale) kenmerken van het stroomgebied in kaart gebracht. Hierbij beschrijven we de zogenaamde 'statische' systeemkenmerken van het stroomgebied, zoals reliëf, geologie en bodemopbouw, waterhuishouding en landgebruik. Zij zijn van belang als basis voor de resultaten van de watersysteemanalyse (hoofdstuk 4).

3.1 Het Koningsdiep

Het Koningsdiep, in de volksmond 'it Alddjip', is een waterloop in het zuidoosten van de Provincie Friesland. Het Koningsdiep stroomt van oost naar west van grofweg Bakkeveen, onder Beetsterzwaag langs naar Nij Beets (figuur 3.1). Andere belangrijke waterlopen zijn de Bakkeveensevaart (tussen Frieschepalen en Bakkeveen) en het Verbindingskanaal in de richting van Drachten.

Het beekdal van het Koningsdiep is langgerekt en vrij smal. De beek stroomt in westelijke richting af van de hogere gelegen delen. Het Koningsdiep functioneert nu vooral als hoofdwaterafvoer voor een gebied van ongeveer 6.000 ha. De waterhuishouding is ingericht op een snelle afvoer van water.

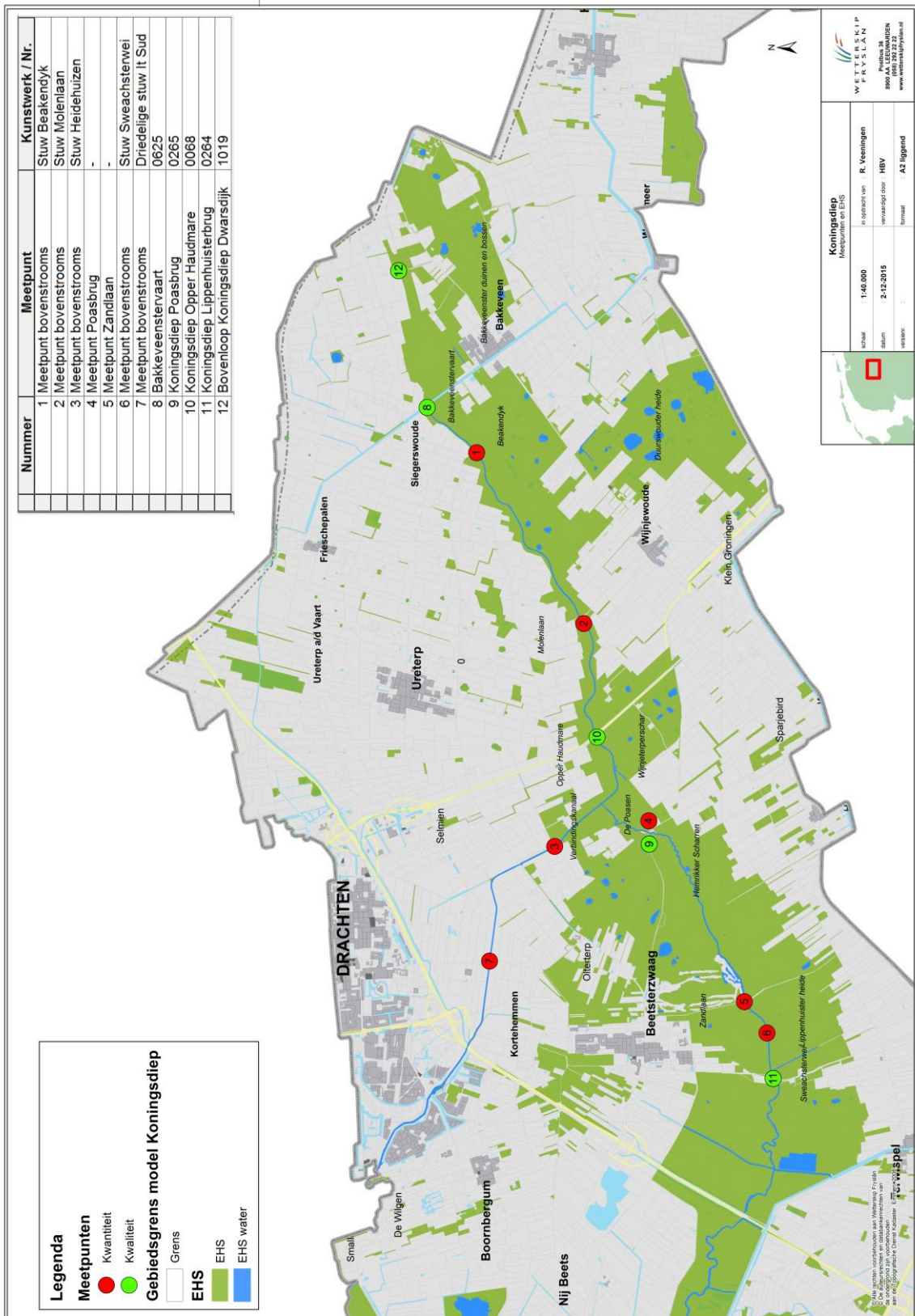
Het landschap van het Koningsdiep kenmerkt zich door het beekdal met open karakter, de bos- en heidecomplexen en het coulisselandschap op de zandruggen. Deze hogere gronden op de flanken van het beekdal hebben een zwak golvend reliëf met singels en houtwallen langs de opstreckende verkaveling. Deze verkaveling staat loodrecht op de binnen en buitenwegen. In de jaren 30 en de jaren 60 van de 20ste eeuw is het landschap in het kader van respectievelijk heideontginnings-projecten en de Ruilverkaveling Koningsdiep omgevormd tot een hoofdzakelijk open agrarisch- cultuurlandschap (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013).

3.2 Geologie en geomorfologie

Geologie en geomorfologie

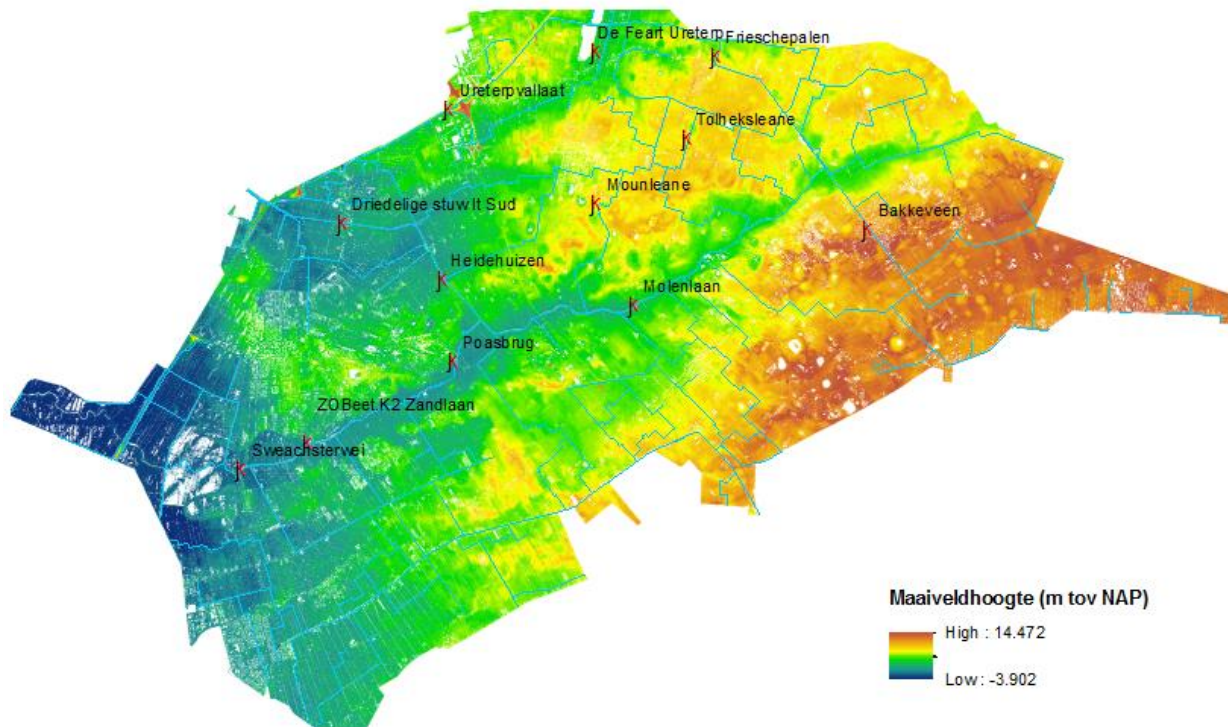
Het stroomgebied van het Koningsdiep ligt op het Fries-Drents keileemplateau dat is gevormd in de voorlaatste ijstijd: het Saalien. In deze ijstijd werd het onderzoeksgebied bedekt door een dik pakket landijs dat vanuit Scandinavië in zuidelijke richting over ons land schoof. Onder het enorme gewicht van deze ijskap werden zand, leem en meegevoerde zwerfkeien verkneed en vermalen tot een stugge en stenenrijke laag leem die 'keileem' wordt genoemd. Deze keileemlaag vormt de basis voor een zeer uitgestrekt en min of meer vlakliggend plateau dat duidelijk zichtbaar is op de hoogtekaart.

Het beekdal van het Koningsdiep is ontstaan in de laatste ijstijden (Saalien en Weichselien) toen grote hoeveelheden smeltwater werden afgevoerd terwijl de bovenste laag van de bodem langzaam ontdooide en er modderstromen voorkwamen. Hierdoor is een langgerekt relatief smal beekdal gevormd waarbij de keileem in de beekdalbodem grotendeels is weggeërodeerd. Hierdoor is een patroon ontstaan met van noordnoordwest naar zuidzuidoost georiënteerde keileemruggen en smelt-waterdalen. Op de hoogtekaart (figuur 3.2) is het diep in de keileem ingesneden beekdal van het Koningsdiep goed te zien. Door het dooien en het smeltwater zijn bovendien pingoruïnes gevormd en zijn ook meanders ontstaan die nog steeds herkenbaar zijn op de hoogtekaart.



Figuur 3.1. Koningsdiep vanaf de Bakkeveensevaart tot aan de stuw Sweachsterwei

Aan het eind van het Weichselien zijn dekzanden afgezet waardoor het beekdal op sommige plaatsen versmalde en dichtstroof en zich veen kon vormen (Wiersma, 2013). Door de erosie en de afzetting van dekzanden is een kenmerkende asymmetrie in de hoogte van de flanken en de ruggen ontstaan, waarbij de zuidelijke flank duidelijk hoger en steiler is dan de noordelijke flank. Door zeespiegelstijging (omstreeks 1100 n. Chr.) stegen de grondwaterstanden waardoor de veengroei stopte en een deel van het westelijke laaggelegen gebied met zeeklei werd bedekt.

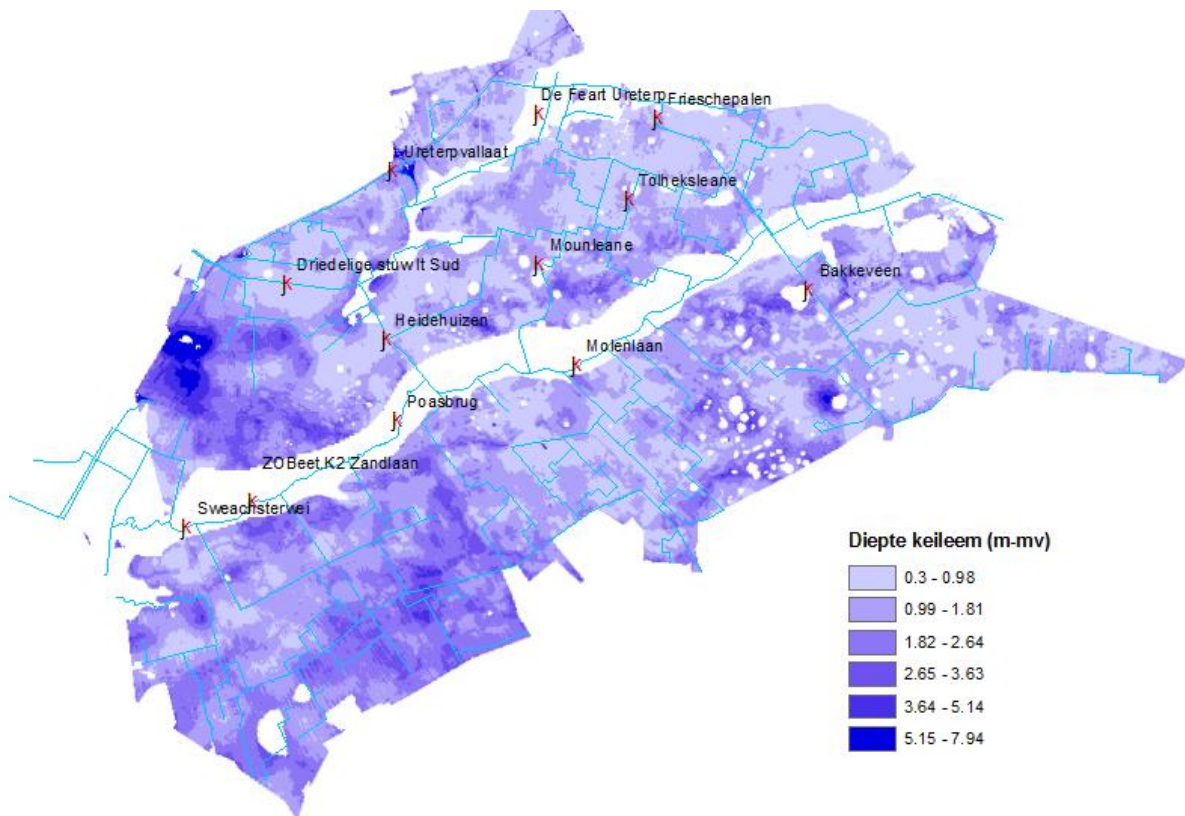


Figuur 3.2. Hoogtekaart plangebied

Door de ontstaanswijze is de bodemopbouw als volgt. De bovenste laag bestaat uit dekzanden op de flanken en fluvioperiglaciale afzettingen in het beekdal van het Koningsdiep, beide behorend tot de formatie van Twente. Daarop bevinden zich in de smalle beekdalbodem een dunne laag Holocene afzettingen van veen en beekafzettingen van de formatie van Singraven. Daaronder bevindt zich het keileem van de formatie van Drente met een sterk variërende dikte en weerstand dat in de beekdalbodem grotendeels ontbreekt. Hier bevindt zich op diverse plekken beekleem. Dit keileem en beekleem vormen een slecht doorlatende scheidende laag. Daaronder bevindt zich het zand van de formaties van Urk en Eindhoven. Dit heeft een gemiddelde dikte van 10 tot 25 meter. Vervolgens is er de laag met potklei van de formatie van Peelo uit het Elsterien. Deze varieert sterk in dikte en weerstand. Het daaronder liggende pakket bestaat uit zand van de formaties van Peelo, Urk en Harderwijk.

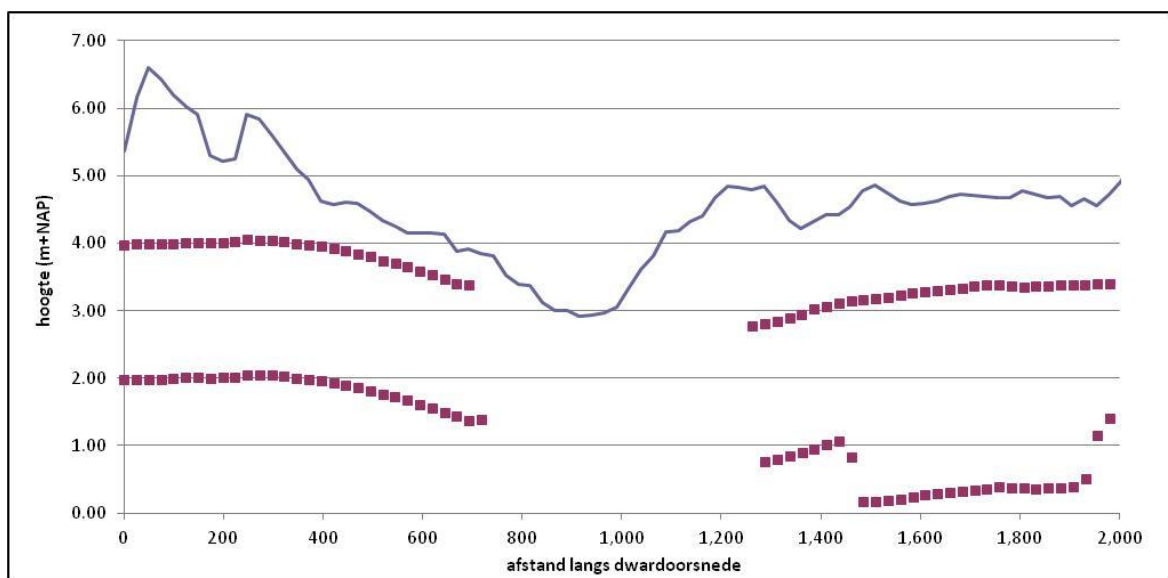
Keileem

De diepte, dikte en de helling van de keileemlaag variëren lokaal behoorlijk, zie figuur 3.3 en 3.4 t/m 3.6. Er zijn delen waar de keileemlaag helt en daalt in de richting van het Koningsdiep (zoals bij Beakendyk) maar er zijn ook delen waar de keileem een kom vormt (zoals bij Sweachsterwei).

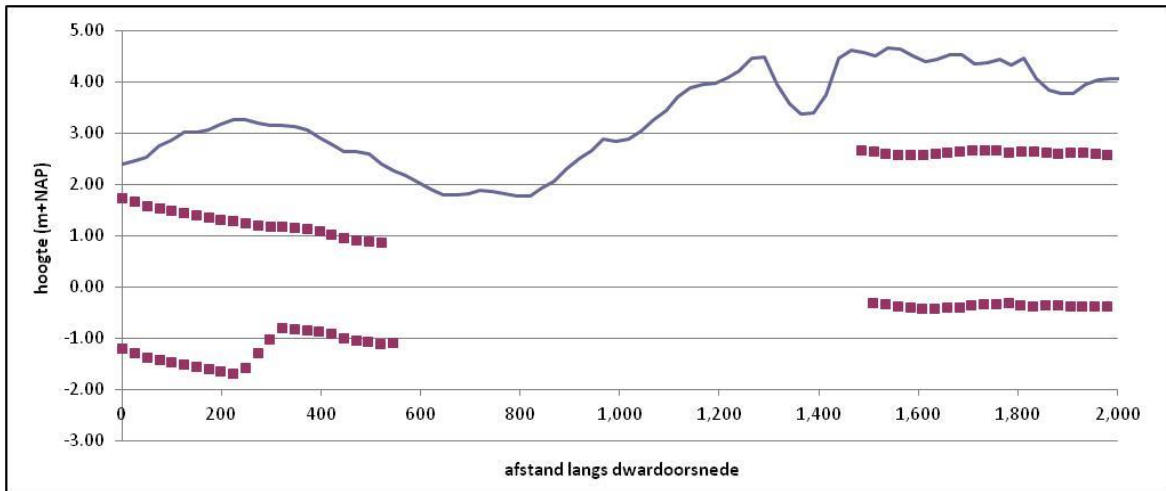


Figuur 3.3. Diepte keileem onder maaiveld. Waar de keileem ontbreekt, is de ondergrond wit

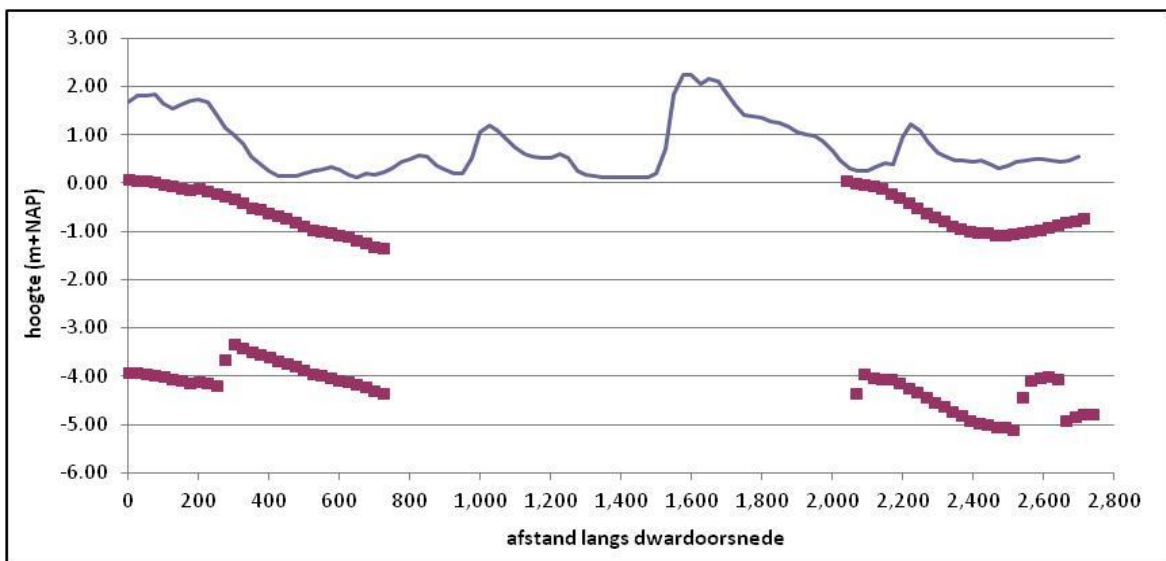
Op basis van figuur 3.3 en 3.4 t/m 3.6 wordt er over het algemeen van uitgegaan dat er in de beekdalbodem geen keileem voorkomt. Het is echter niet erg waarschijnlijk dat de dikte van de keileem naar het beekdal toe tot twee meter bedraagt om dan plotseling geheel te verdwijnen (vgl. figuur 3.4 t/m 3.6). Dit wordt bevestigd door geohydrologische profielen van het beekdal, zie bijvoorbeeld figuur 3.7. Hieruit blijkt dat de dikte van de keileem in de richting van de beek geleidelijk afneemt. Bovendien blijkt uit deze figuur dat er ook in het beekdal zelf keileem voorkomt, zij het minder dik en wellicht niet aaneengesloten. Ook uit boorstaten van peilbuizen in het beekdal blijkt dat er (kei)leem in de ondergrond voorkomt, zoals in een peilbuis ter plaatse van de nieuwe inlaat in de Poasen (zie paragraaf 8.1). Dit kan grote invloed hebben op de lokale grondwaterstroming.



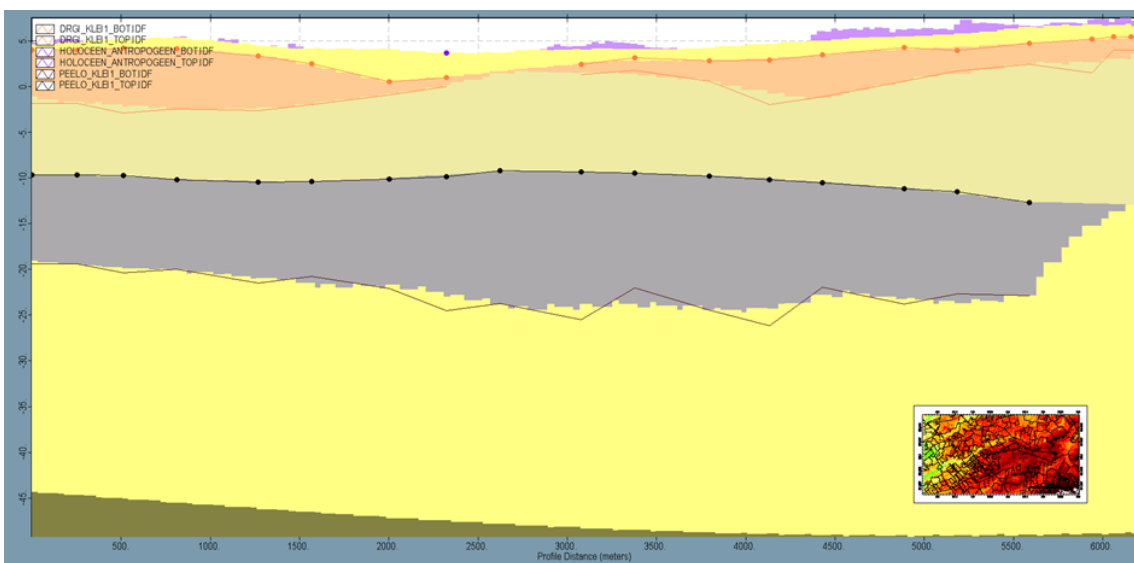
Figuur 3.4. Ligging keileem (boven- en onderkant) keileem t.o.v. NAP nabij Beakendyk



Figuur 3.5. Ligging keileem (boven- en onderkant) keileem t.o.v. NAP nabij Molenlaan



Figuur 3.6. Ligging keileem (boven- en onderkant) keileem t.o.v. NAP nabij Sweachsterwei



Figuur 3.7. Geohydrologisch profiel van noord naar zuid nabij Beakendyk. Watervoerende lagen zijn in geel aangegeven, slechtdoorlatende lagen in kleur. Van boven naar beneden: veen (paars), keileem (oranje) en potklei (grijs)

3.3 Globale ontwikkelingen in landschap en waterhuishouding

Middeleeuwse agrarische veenontginningen

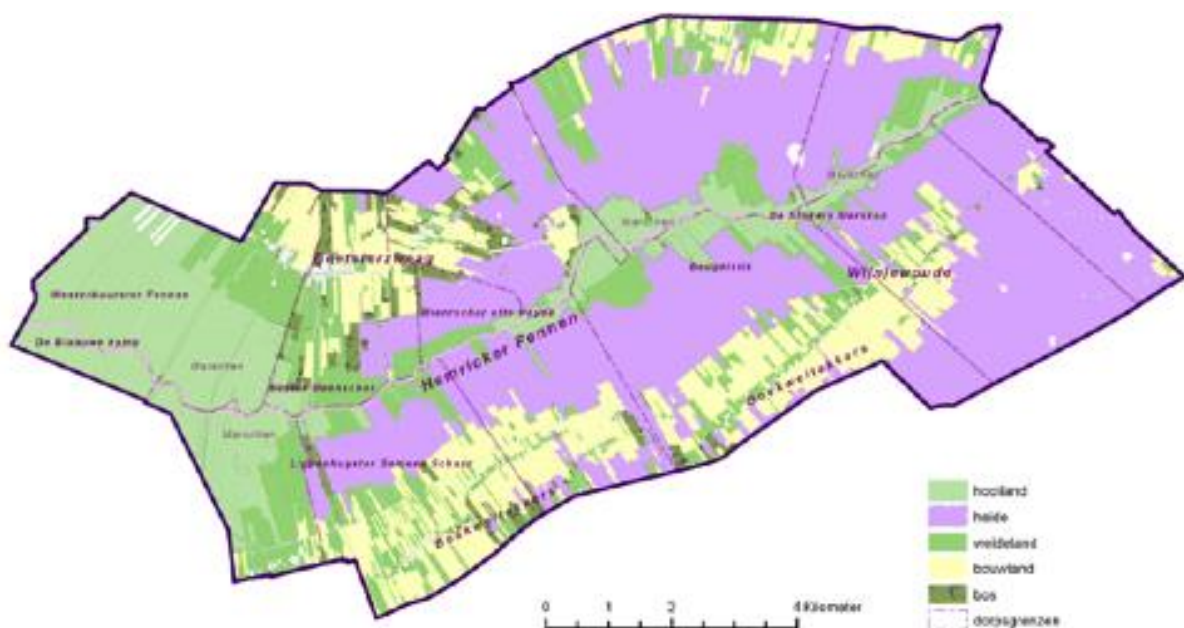
De veenontwikkeling zorgde ervoor dat het gebied lange tijd een wildernis was. Vermoedelijk trokken in de late 10de eeuw of de eerste helft van de 11de eeuw de eerste bewoners stroomopwaarts via het Koningsdiep het hoogveengebied van het latere Opsterland in (Spek en Zomer, 2011).

Al vrij snel na de eerste ontginningen kampte men met afwateringsproblemen. Het in cultuur gebrachte hoogveen klonk in door oxidatie van het veen. Het maaiveld daalde hierdoor met vele decimeters, soms zelfs 1-2 meter. Het land werd vervolgens te nat voor bewoning en akkerbouw (Wiersma, 2013). Hierop verplaatste men de bewoning en de akkers naar de hoger gelegen delen van het hoogveenmoeras (Spek en Zomer, 2011).

Grootschalige verveningen in de 16de tot 19de eeuw

De commerciële vervening begon hier pas aan het begin van de 17de eeuw, toen drie veencompagnieën in deze streken werden opgericht: de Drachtstercompagnie, de Opsterlandse veencompagnie en de Schoterlandse veencompagnie. In het gebied zelf zijn geen grootschalige veenontginningen geweest. Alleen ter hoogte van Bakkeveen zijn relictten van voormalige verveningswijken te vinden.

De ontwatering van het beekdal zorgde ervoor dat het veen oxideerde en op sommige plaatsen volledig verdween. Hierdoor kwamen de onder het veen verdwenen dekzandruggen parallel langs de beek geleidelijk aan weer tevoorschijn. Toen het nog veengronden waren, kon hier met succes landbouw worden bedreven, maar toen het onvruchtbare dekzand boven kwam, degradeerde dit soort gebieden al snel tot heidegrond, zie figuur 3.8. Op de historische kaarten zijn grote arealen heideterrein te zien op de dekzandruggen tussen de dorpen en de beek (Spek en Zomer, 2011). De Lippenhuisterheide en de Merskenheide zijn nog overblijfselen van dit geheel.



Figuur 3.8. Landgebruik rond 1832. Het beekdal werd voornamelijk als hooiland gebruikt, behalve op de plekken waar het beekdal op zijn smalst was. Hier was de grond minder drassig en daardoor geschikt voor het beweiden van vee (Wiersma, 2013, bron Kadaster 1832)

Heideontginningen uit de vroege 20e eeuw

De invoering van kunstmest aan het eind van de 19e eeuw schiep de mogelijkheid om heidegronden opnieuw in cultuur te brengen, maar de uitvoering van deze herontginningen verliep erg langzaam. Pas in de jaren '20 van de vorige eeuw werd een begin gemaakt met de grootschalige ontginning van de heidevelden in het gebied (Spek en Zomer, 2011).

Landschapontwikkelingen in de moderne tijd

De na-oorlogse intensivering van de landbouw heeft ook in het stroomdal van het Koningsdiep zijn sporen achtergelaten. In de jaren '60 werd de 'ruilverkaveling Koningsdiep' uitgevoerd om de ontwatering, de ontsluiting en de kavelinrichting van het gebied te verbeteren. De belangrijkste maatregelen tijdens de ruilverkaveling waren de kanalisering en verlegging van het Koningsdiep, het verdiepen en verbreden van andere watergangen, het bezanden van de veengronden langs de beek, het vergroten en egaliseren van kavels en het verbeteren van wegen in het gebied (Spek en Zomer, 2011). Tijdens deze ruilverkaveling zijn de gronden langs de beek met 20 à 30 cm zand opgehoogd (Meijer, 2014).

Normalisatie van het Koningsdiep

Op de kaart van 1850 zijn meanders van het Koningsdiep te zien, zie figuur 3.9. Turfwinning, heideontginning en ruilverkaveling hebben ertoe geleid dat er steeds meer waterlopen zijn aangelegd en het hemelwater steeds sneller werd afgevoerd. Lage landen langs de bovenloop van het Koningsdiep kwamen 's winters onder water te staan. Vroeger werden dergelijke inundaties niet als een nadeel beschouwd, maar in het begin van de 20ste eeuw verwachtte men echter dat het land ook 's winters begaanbaar was. Om dit te ondervangen werden meanders afgesneden en werd het profiel van het Koningsdiep genormaliseerd (verbreed en verdiept).

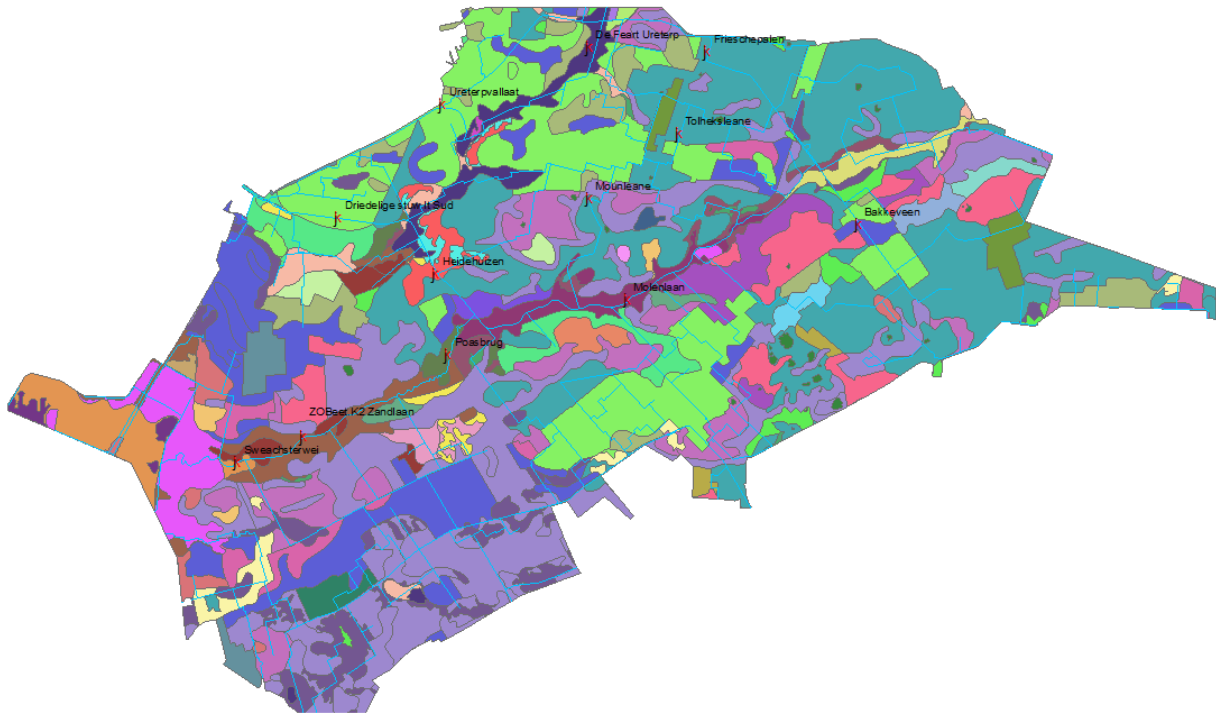


Figuur 3.9. Historische kaart uit 1850 van het meanderende traject tussen Bakkeveen en de Poasen (Spek en Zomer, 2011).

De eerste normalisaties zijn uitgevoerd in de periode 1850-1920. Deze normalisaties zijn goed gedocumenteerd bij de oprichting van het Wetterskip Het Oud Diep in 1924. In de jaren vijftig van de 20ste eeuw waren er nieuwe problemen met de waterafvoer. De uitgevoerde werken in de middenloop tussen Bakkeveen en Beetsterzwaag mochten echter niet baten. Tijdens de ruilverkaveling in 1960 is het Koningsdiep verder genormaliseerd en is het Verbindingskanaal aangelegd. Het Verbindingskanaal leidt het water ter hoogte van De Poasen weg in de richting van Drachten en zorgt voor een 'knip' in de waterhuishouding van het Koningsdiep.

3.4 Bodemopbouw

De bodemopbouw in het stroomgebied van het Koningsdiep is vrij divers, zie figuur 3.10. In de beekdalbodem van de bovenloop tussen Bakkeveen en de Poasen overheersen de Gooreerd-gronden (bruin, pZn21 en pZn 23, leemarm en zwak lemig fijn zand) en de Koopveengronden op zand (paarsbruin, shVz). Tussen de Poasen en Sweachsterwei liggen moerige Eerdgronden (bruin, vWz) als een restant van dikkere veenpakketten.



Figuur 3.10. Bodemopbouw (voor toelichting zie de tekst)

De hogere delen in het zandgebied kenmerken zich door relatief natte bodems, als gevolg van het ondiep voorkomen van ondoorlatende keileem en potklei (op veel plekken tussen 40 en 120 cm beneden maaiveld). Ook het leemgehalte van de meeste bodems zorgt voor natte omstandigheden. Er komen overwegend Veldpodzolgronden (blauw, en paars, Hn21, leemarm en zwak lemig fijn zand) en Haarpodzolen (lichtgroen, Hn23, leemarm en zwak lemig fijn zand) voor. In de natste delen zoals bij de Poasen en Hemrikkerscharren liggen Beekeerdgronden (leemarm en zwak lemig fijn zand). Op de hogere delen in het zandlandschap komt een cultuurdek voor. In de delen die het dichtst bij het zeekleigebied liggen is dit cultuurdek het dikst, hier liggen Hoge zwarte enkeerdgronden. Op andere plekken is het cultuurdek dunner en komen Laarpodzolgronden voor. Op plekken waar keileem dicht onder het oppervlak voorkomt worden volgens de Bodemkaart poldervaaggronden aangetroffen.

3.5 Waterhuishouding

3.5.1 Grondwater

Lokale grondwatersystemen onder invloed van de bodemopbouw

De hydrologie van het stroomgebied van het Koningsdiep is sterk bepaald door het reliëf en de bodemopbouw. Door het langgerekte beekdal met steile flanken zijn er met name loodrecht op de beek sterke gradiënten waardoor er een zekere afstroming en grondwaterstroming optreedt van de flanken naar het beekdal.

Een ander opvallend kenmerk is een zekere asymmetrie in de hoogte van de flanken en de ruggen langs de beek. De beekdalflanken aan de zuidkant zijn beduidend hoger dan aan de noordkant van het dal. Dit geldt vooral langs de bovenloop en een stukje van de middenloop. Voor de hydrologie in het gebied betekent dit dat de kwelinvloed aan de zuidkant van het dal groter is. De toestroom van lokaal grondwater is door het hoogteverschil namelijk sterker vanuit het zuiden.

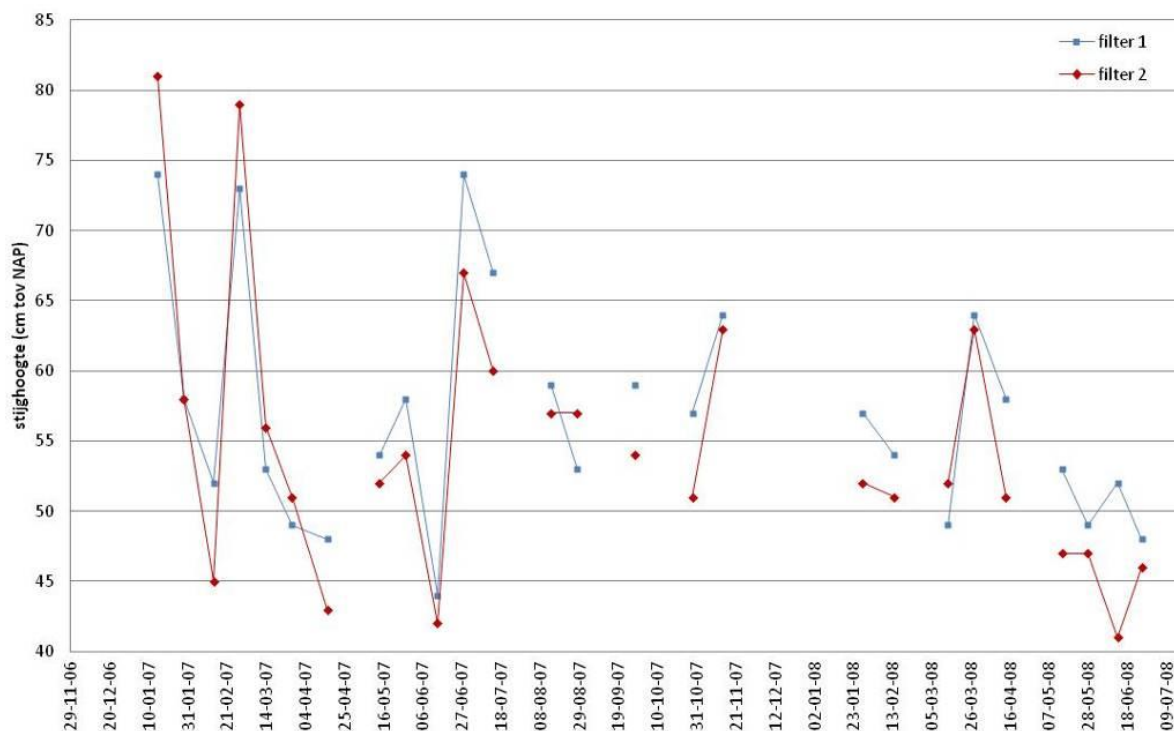
Invloed van keileem, veen en beekleem

Door de gevarieerde ligging en de helling van de keileemlaag is het moeilijk te zeggen of, waar en hoeveel oppervlakkige afstroming over de keileemlaag in de richting van het beekdal plaatsvindt. Lokaal kan de keileemlaag stagnatie veroorzaken waardoor het zeer nat is, maar elders kunnen ook plekken zijn waar het water snel over de keileemlaag afstroomt (als run off). Dit betekent dat het niet eenvoudig is om te bepalen welke hydrologische relaties er zijn tussen hogere en lagere gebieden. Dit geldt ook voor de kansen op kwel in het beekdal en de effecten van peilveranderingen van het Koningsdiep op de flanken. Hiervoor moet goed worden gekeken naar de lokale situatie. Ook de aanwezige lagen veen en beekleem zijn hierop van invloed.

Kwel en infiltratie

In hoofdlijnen treedt infiltratie op in de hoog gelegen dekzandruggen en de beekdalflanken en treedt kwel op in de beekdalbodem. Op kleinere schaal zijn er lokaal echter relevante verschillen. Er zijn te weinig (recente) meetgegevens van stijghoogten om een duidelijk beeld te krijgen van het functioneren van het grondwatersysteem en de relatie met het oppervlaktewater. Bovendien zijn bij veel peilbuizen geen gegevens van de bodemopbouw beschikbaar. Ook zijn de meetreeksen vaak zodanig beperkt dat niet goed kan worden bepaald hoe de grondwaterstanden fluctueren en of sprake is van seizoensinvloeden. Hierdoor is het moeilijk om locaties aan te wijzen waar (diepe) kwel kan optreden.

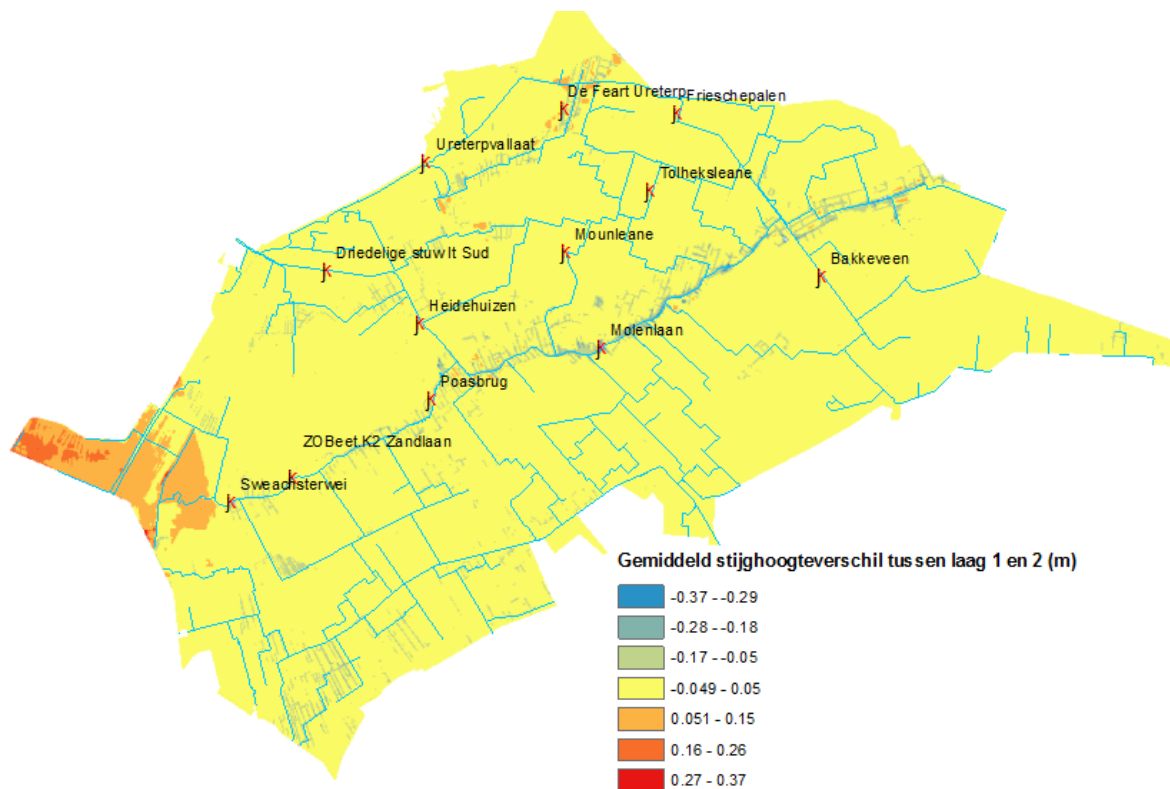
Uit de gegevens van peilbuizen met filters in het freatische grondwater en het eerste watervoerende pakket die beschikbaar zijn (in het DINO-loket) blijkt dat de verschillen in stijghoogten tussen de filters erg klein zijn. Een voorbeeld is peilbuis B11E309, zie figuur 3.11. Dit betekent dat er niet nadrukkelijk sprake is van kwel of infiltratie.



Figuur 3.11. Stijghoogte in peilbuis B11E309 met 2 filters in cm t.o.v. NAP in 2007 en 2008. Filter 1 is freatisch en ligt op ca. 1 m-NAP, filter 2 is gelegen op ca. 10 m-NAP

Met het grondwatermodel MIPWA zijn stijghoogten en fluxen berekend van het watervoerend pakket naar het freatisch grondwater. Uit de isohypsen die met het MIPWA-model zijn vervaardigd, blijkt dat er vaak radiale afstroming plaats kan vinden van de hoog gelegen terreindelen naar het beekdal. Bij Beakendyk is er een grote gradiënt in de stijghoogte (van 6 m+NAP naar 2 m+NAP). Vooral benedenstrooms de stuw zal er veel kwel kunnen zijn. Ook in de benedenloop bij Hemrikkerscharren is er een sterke gradiënt in de richting van het Koningsdiep. Dit betreft zowel het freatische grondwater als het water in het eerste watervoerende pakket.

Uit de berekende fluxen tussen de stijghoogten van de eerste en tweede laag van het MIPWA-model blijkt dat vrijwel het gehele beekdal intermediair is (figuur 3.12, geel) en er vrijwel alleen in de waterlopen en direct langs het Koningsdiep enige kwel op zou kunnen treden (figuur 3.12, blauw).



Figuur 3.12. Berekend stijghoogteverschil tussen de 1^e en de 2^e MIPWA-lagen (blauw is kwel, rood is infiltratie, geel is intermediair)

Het probleem met de door MIPWA berekende stijghoogten en fluxen is dat het gemiddelden van stationaire berekeningen betreft. In werkelijkheid is er sprake van variatie van deze fluxen in de tijd. Onduidelijk is welke gemiddelde stijghoogten zijn gekozen en hoe deze variëren in de tijd. Hiermee is het niet goed mogelijk om te bepalen waar, wanneer en hoeveel kwel op kan treden. Vermoedelijk is bij eerder uitgevoerde GIS-analyses en mogelijk ook in MIPWA de kwel in de beekdalbodembodem daardoor overschat. Overigens wordt het SOBEK RR-model waarschijnlijk ook beter indien uit wordt gegaan van variabele fluxen (kwel en infiltratie).

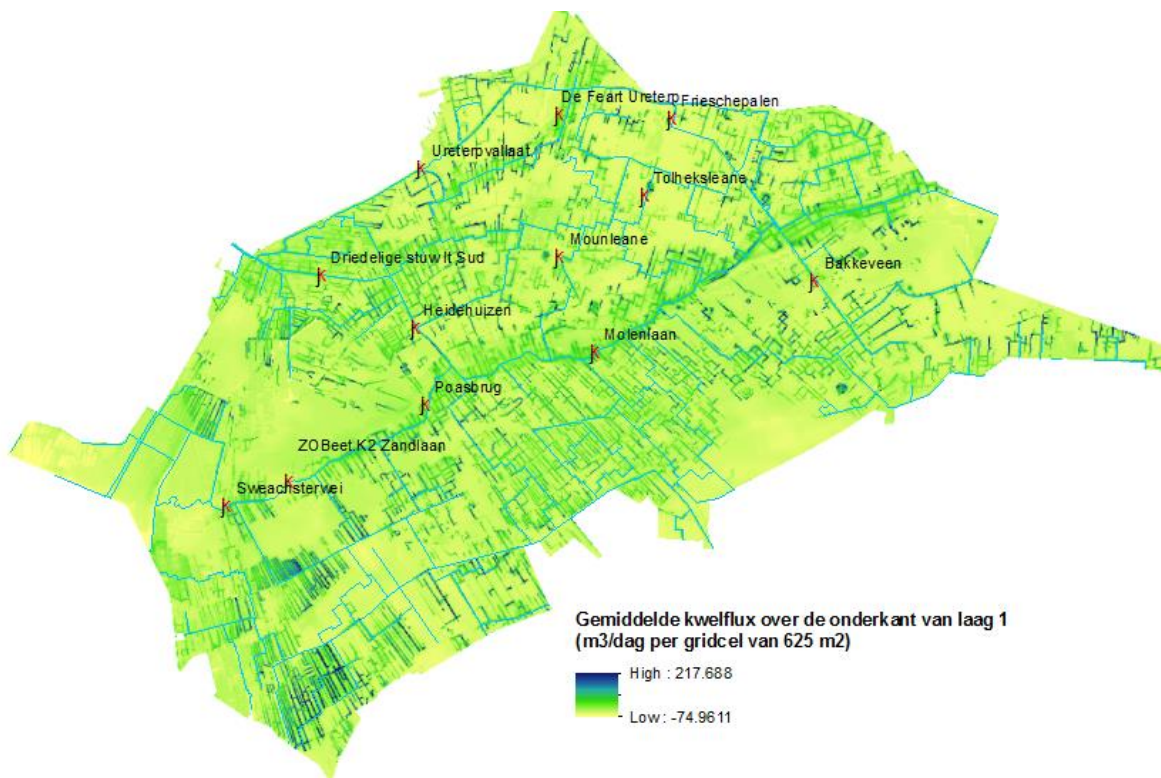
Of de berekende kwel ook daadwerkelijk in de waterlopen en het Koningsdiep komt, is bovendien nog maar de vraag. Dit wordt bepaald door de doorlatendheid van de bodem, de bedding en het peil. In dit kader is vooral de discussie over de dikte en ligging van de (kei)leemlaag relevant, zie paragraaf 3.2. Op basis van de afvoergegevens is het vermoeden dat er over het algemeen weinig kwel in het Koningsdiep terecht komt.

Om hier meer inzicht in te krijgen, is onderzocht hoe groot het verschil is tussen de gemeten peilen en de door MIPWA-berekende peilen. Het blijkt dat de resultaten van het MIPWA-model grote verschillen vertonen ten opzichte van de metingen. Er worden hogere stijghoogten gemeten dan berekend. Ter plaatse van de meetpunten B11E0342002, B11E0308001, B11E0317001 bedraagt dit verschil tot meer dan 1 m! Vooral in de

beekdalbodem zijn de afwijkingen groot. Dit kan betekenen dat de afstroming naar het Koningsdiep in het model wordt overschat. Vermoedelijk heeft dit te maken met de aanwezigheid van (kei)leemlagen in de beekdalbodem van het Koningsdiep.

Slootkwel

In het beekdal wordt de meeste kwel afgevangen door de aanwezige diepere sloten. Met het MIPWA-model is de slootkwel vanuit het 1^e en 2^e watervoerende pakket berekend. In vrijwel het gehele stroomgebied van het Koningsdiep is enige slootkwel (blauw), zie figuur 3.13. Opvallend is dat de slootkwel met name in het ten zuiden gelegen stroomgebied van de Tjonger veel sterker is (niet getoond).



Figuur 3.13. Kwel flux vanuit de 1^e laag van het MIPWA-model, blauw is slootkwel

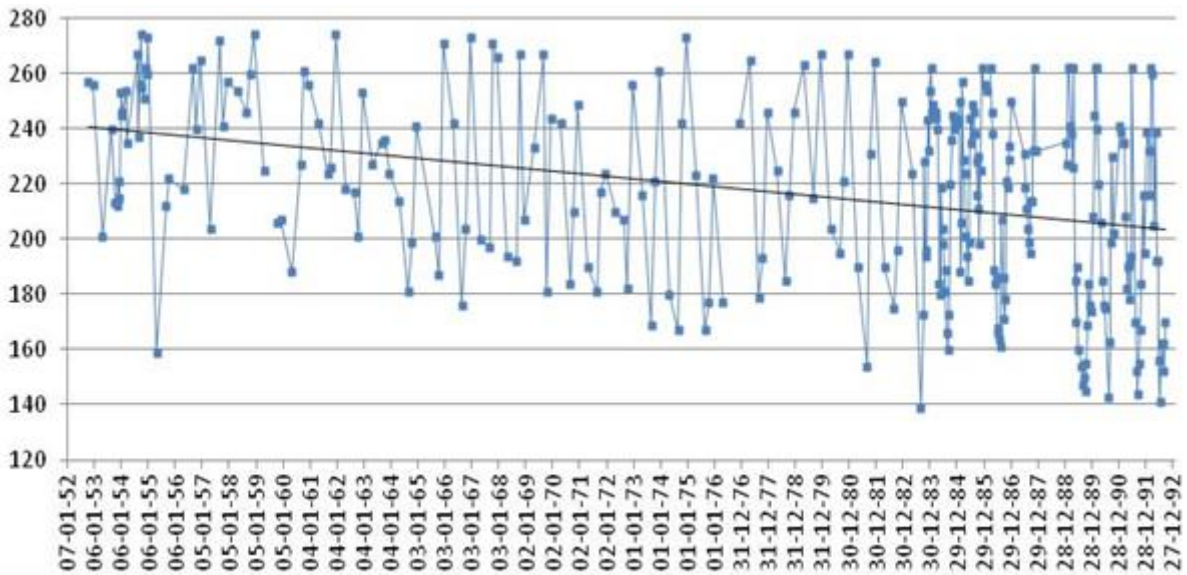
Veldwaarnemingen

Er zijn in het veld diverse aanwijzingen voor kwel. Op veel plekken wordt slootkwel waargenomen. Tussen stuw Molenlaan en de Poasen (voor de ligging van deze locaties zie figuur 3.1) dagzoomt keileem langs de oostelijke oever van het Koningsdiep; dit is volgens de gebiedsbeheerder de voornaamste plek waar kwel langs het Koningsdiep zelf wordt waargenomen.

Op basis van bovenstaande informatie betreft het waarschijnlijk lokale kwel van water boven de keileem. Aan de oppervlakte leidt deze kwel tot afzetting van ijzerfosfaat en ijzercarbonaat door Gallionella Ferroginosis bacteriën. Dit vormt op zich geen indicatie voor stroming naar het Koningsdiep zelf.

Grondwatertrends

Uit de gegevens van grondwaterstanden in peilfilters in het beekdal blijkt dat vrijwel overal sprake is van een daling sinds het begin van de metingen in de jaren '50 van de vorige eeuw, zie bijvoorbeeld figuur 3.14. Dit betekent dat de daling al voor de ruilverkaveling is ingezet. De daling is niet alleen in de ondiepe peilfilters maar ook in de diepere filters waargenomen.



Figuur 3.14. Stijghoogte peilbuis B11E0255 in cm t.o.v. NAP met trendlijn

Waterpeil in natuurgebieden

Naast peilfilters zijn er (in het DINO-loket) ook meetgegevens beschikbaar van diverse peilschalen in de natuurgebieden ten zuiden van het Koningsdiep. Deze geven vooral inzicht in de lokale fluctuaties en kunnen worden vergeleken met de daar gemeten stijghoogten. Helaas hebben de peilschalen direct langs de beek slechts korte meetreeksen. Hierdoor is het niet goed mogelijk relaties te leggen tussen de stijghoogten en de waterstanden in het Koningsdiep.

3.5.2 Oppervlaktewater

Hoofdsysteem

In het Koningsdiep (en het Verbindingskanaal) zijn 4 grote stuwen gelegen en enkele duikers, zie figuur 3.1. Op basis van de waterhuishouding worden twee trajecten onderscheiden: het traject van de Bakkeveense vaart tot De Poasen en het traject De Poasen tot aan de stuw Sweachsterwei (ook wel 'Hemrikkerscharren' genoemd).

- Traject Bakkeveense vaart – De Poasen
 - Duiker (sifon) onder de Bakkeveense vaart
 - Stuw Beakendyk
 - Stuw Molenlaan
 - Stuw Heidehuizen (afwatering naar het Verbindingskanaal)
- Traject De Poasen – stuw Sweachsterwei ('Hemrikkerscharren')
 - Duiker De Poasen (verbinding naar middenloop)
 - Stuw Sweachsterwei

Aan de bovenstroomse kant is nog een klein stroomgebied aanwezig; deze is via een sifon onder de Bakkeveense vaart verbonden met het benedenstroomse deel van het stroomgebied. Het gebied in de omgeving (enclave) van Haulerwijk, het gebied rondom de kern Waskemeer en ook de kern van Bakkeveen en het gebied daar direct omheen wateren af via de Bakkeveense vaart (zie ook figuur 3.15).

Tijdens de ruilverkaveling in de jaren '60 is ter hoogte van De Poasen een 'knip' gemaakt in de waterhuishouding, waardoor de twee trajecten hydrologisch vrijwel van elkaar gescheiden zijn. Hier wordt het water van het Koningsdiep nu via stuw Heidehuizen afgewaterd op het Verbindingskanaal waar het via Drachten op de Friese Boezem terecht komt. Ter hoogte van De Poasen is er een afsluitbare duiker aangebracht die beide trajecten met elkaar verbindt. Doorgaans gaat er erg weinig water door deze duiker. Inmiddels is deze duiker vervangen door een nieuw gegraven bedding met een V-vormige vistrap, zie hoofdstuk 8.

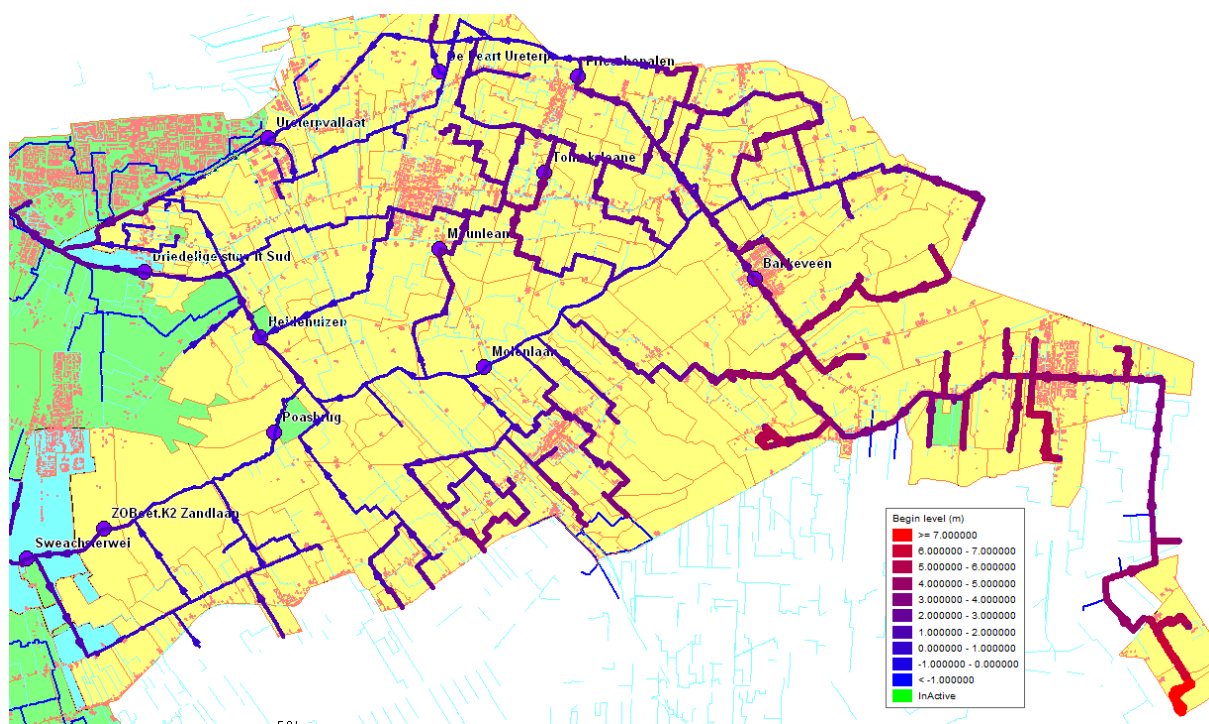
Benedenstrooms van de stuw Sweachsterwei maakt het Koningsdiep onderdeel uit van de Friese boezem. In dit deel is de oorspronkelijke loop op drie plaatsen onderbroken: bij de Schipsloot/ Beetstervaart, de snelweg A7 en de Swynswei. Het Koningsdiep watert nu via de Schipsloot/ Beetstervaart af op de boezem.

Peilbeheer

Het waterpeil in het Koningsdiep wordt gereguleerd door de vier (hoofd-) stuwen, zie figuur 3.1. Door de jaren heen zijn de waterpeilen in het Koningsdiep stelselmatig verlaagd bij de normalisaties en het uitdiepen. Het laatste peilbesluit stamt uit 2003 en betrof een verlaging van het zomerpeil met 5 cm over het gehele traject van het Koningsdiep van de Beakendyk tot Heidehuizen (Altenburg en van Wee, 2003).

Afwateringsgebieden

De omliggende gebieden wateren via een stelsel van slootjes af op het Koningsdiep, zie figuur 3.15. In de figuur zijn de waterpeilen (kleur) en de stromingsrichting weergegeven (pijlen). In de slootjes zijn kleinere (LOP-) stuwen aangelegd om het peil te kunnen reguleren.



Figuur 3.15. Peilen en stroomrichting

Kanalen en waterinlaat

Door de veenontginning, turfwinning en de behoefte aan scheepvaart zijn een aantal vaarten gegraven die met elkaar in verbinding staan zoals de Bakkeveensevaart (1640) en de Opsterlandse Compagnons-vaart (1770). Deze worden sindsdien behalve voor scheepvaart ook gebruikt voor wateraanvoer naar het stroomgebied van het Koningsdiep, maar ook naar de stroomgebieden van de Linde en de Tjonger .

Om de Bakkeveensevaart op peil te houden, wordt water bij Drachten uit de boezem opgemalen via een serie opmalingen die zijn gecombineerd met een stuw voor de afvoer. Het betreft de opmalingen Drachten-Zuid, Ureterp Vallaat, Frieschepalen en Bakkeveen.

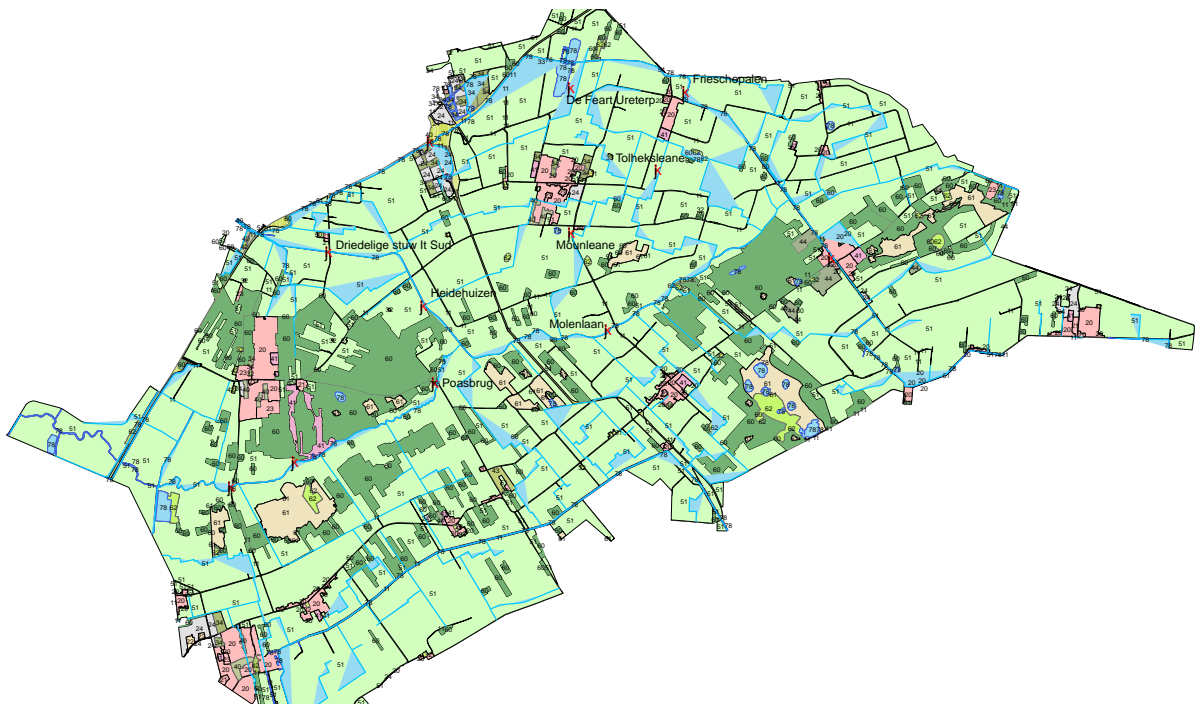
Vrijwel het hele landbouwgebied ten noorden van het Koningsdiep wordt in de zomermaanden op peil gehouden met water vanuit de Frieschepalenvaart/ Bakkeveensevaart, zie ook figuur 3.15. Het landbouwgebied ten zuiden van het Koningsdiep wordt gevoed vanuit de Opsterlandse Compagnonsvaart. Over het algemeen wordt precies zoveel water ingelaten dat er geen water over de meest benedenstrooms gelegen stuw voor uitmonding in het

Koningsdiep stroomt (bron: mond. med. Reinder Noordenbos, gebiedsbeheerder). Het ingelaten water verdampt of infiltreert richting het grondwater.

Tot 2001 werd er daarnaast rechtstreeks water ingelaten in het Koningsdiep vanuit de Bakkeveense Vaart (Altenburg en van Wee, 2003). Dit vormde het grootste deel van de afvoer gedurende de zomermaanden. Op dit moment wordt deze inlaat niet meer gebruikt.

3.6 Landgebruik

Het landgebruik in het beekdal van het Koningsdiep is voornamelijk agrarisch van aard, zie figuur 3.16. In het beekdal van het Koningsdiep is een kleine twintigtal agrariërs actief, hoofdzakelijk betreffen dit melkveehouderijbedrijven met maisteelt en een enkele paardenhouderij (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013).

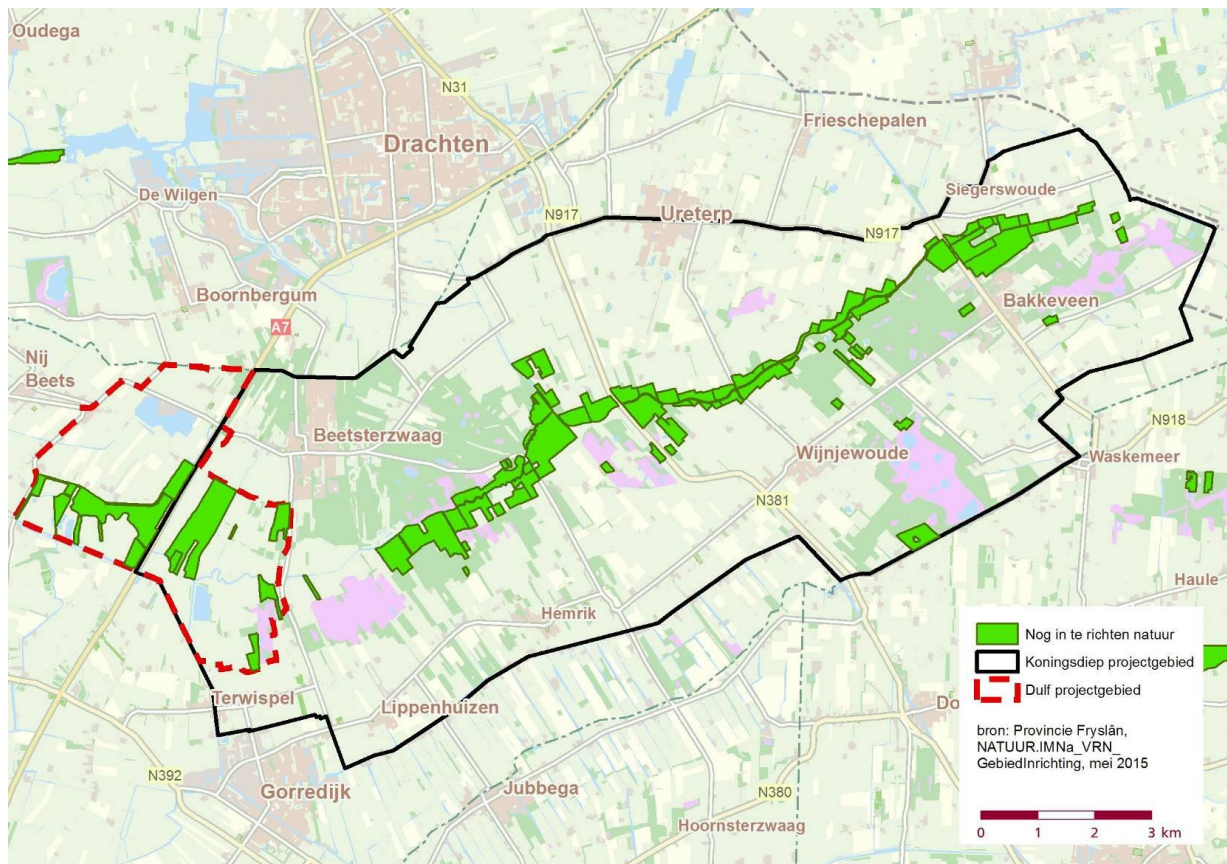


Figuur 3.16. Landgebruik met bos (donkergroen), heide (beige) en grasland (lichtgroen) (bron: LGN)

Daarnaast is een aanzienlijk deel van het gebied in gebruik als natuur. Hoog en droog liggen de heides en de bossen op de zandgronden. De Bakkeveensterduinen (Natura2000), de Duurswouderheide en Merskerheide zijn heideterreinen van internationale allure. Bij Bakkeveen, op de Bakkeveensterduinen en in de bossen van Slotplaats en Oude Bosch bevinden zich oudere, rijk ontwikkelde bosgebieden. Laag en nat liggen nog enkele natte schraallanden en moerasbosjes op de venige gronden. Vooral in het Wijnterperschar (Natura2000) zijn nog fraaie gradiënten te vinden (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013).

In het beekdal is beperkt bebouwing aanwezig. De belangrijkste woonkernen liggen aan de rand van het beekdal (Bakkeveen, Ureterp, Wijnjewoude en Beetsterzwaag). In de woonkernen is hoofdzakelijk sprake van gemengde rioolstelsels. Overstort van rioolwater is relatief onbelangrijk. De enige RWZI in het stroomgebied (Haulerwijk) is per 2010 opgeheven. Dit gebied is nu aangesloten op de RWZI Oosterwolde. Er zijn verder geen directe lozingen meer. Inmiddels zijn alle percelen aangekoppeld op de riolering of voorzien van een IBA.

De omgeving van het Koningsdiep is een recreatief aantrekkelijk gebied met een goed aanbod van wandel-, fiets- en ruitersporen. De gemeente stimuleert deze routegebonden activiteiten en ziet met natuurontwikkeling langs de beek nieuwe kansen voor recreatie in de natuur (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013).



Figuur 3.17. Nog in te richten natuur (bron: Provincie Fryslân)

In het beekdal is ruim 500 ha landbouwgrond begrensd als EHS, zie figuur 3.1. Begin 2011 is van dit areaal ongeveer 288 ha aangekocht. De aangekochte gronden zullen te zijner tijd uit de landbouwproductie worden gehaald en worden omgevormd naar natuur. Deze natuur zal dan worden beheerd door particulieren of natuurbeherende organisatie zoals Staatsbosbeheer, It Fryske Gea of Natuurmonumenten (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013).

4 Resultaten watersysteemanalyse



In dit hoofdstuk worden aan de hand van meetgegevens de belangrijkste kenmerken van het huidige watersysteem beschreven. Hierbij beschrijven we de zogenaamde 'dynamische' aspecten. Deze kenmerken worden zo veel mogelijk gepresenteerd als functie van tijd en ruimte.

4.1 Afvoer

Waterstanden

Bij de stuwen Heidehuizen en Molenlaan zijn de gemeten bovenstroomse waterstanden en klepstanden beschikbaar, zie de toelichting in de box 'monitoring waterstanden en klepstanden stuwen'. De benedenstroomse peilen zijn alleen beschikbaar bij stuw Heidehuizen vanaf september 2012.

Box: monitoring waterstanden en klepstanden stuwen

Verspreid over het stroomgebied van het Koningsdiep zijn er een aantal meetlocaties waar al geruime tijd frequent waterstanden worden gemeten. De belangrijkste zijn weergegeven op kaart in figuur 3.1 en betreffen:

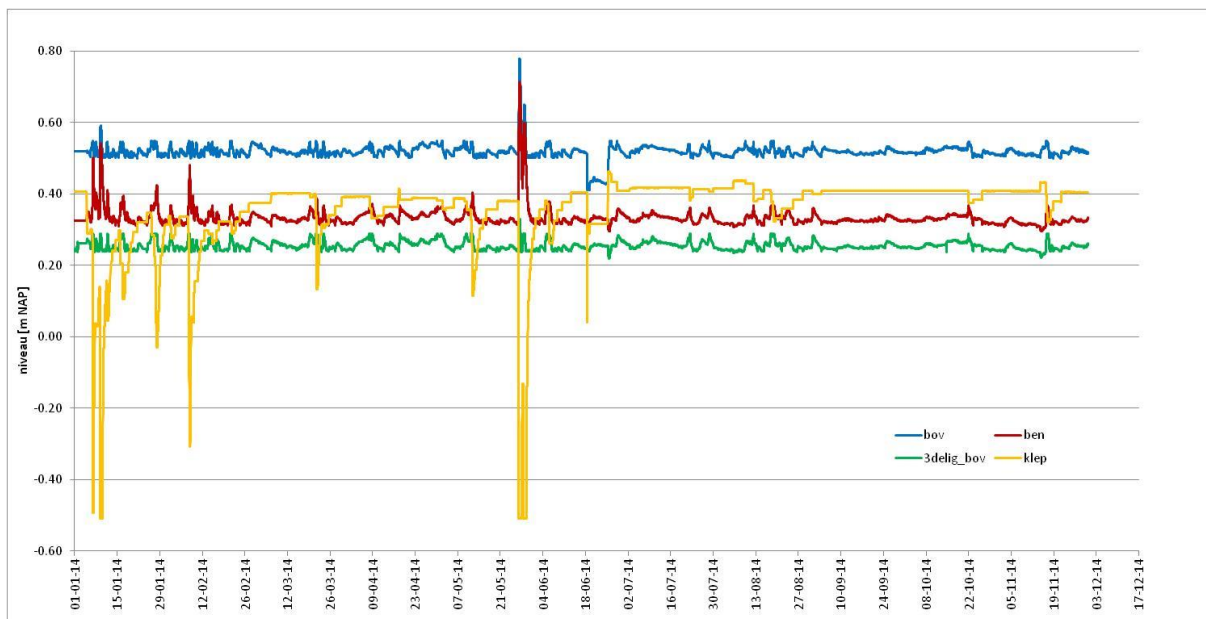
- Molenlaan; bovenstrooms stuw, klepstanden
- Heidehuizen; bovenstrooms stuw, klepstanden en sinds september 2012 benedenstrooms
- Poasbrug ; bij de brug
- ZOBeet_K2_Zandlaan; bij de Zandlaan
- Sweachsterwei; benedenstrooms de stuw (bij een klein gemaaltje)

Er zijn geen metingen verder bovenstrooms of in het brongebied zoals bij Beakendyk en de Bakkeveensevaart. Daardoor is het moeilijk het verloop van de peilen en het waterverhang goed te bepalen. Dit speelt ook parten bij de bepaling van de waterbalans, de bijdrage van de deelgebieden en de ruwheden. Aanbevolen wordt om minimaal één waterstandsmetpunt in te richten (zie ook paragraaf 9.3).

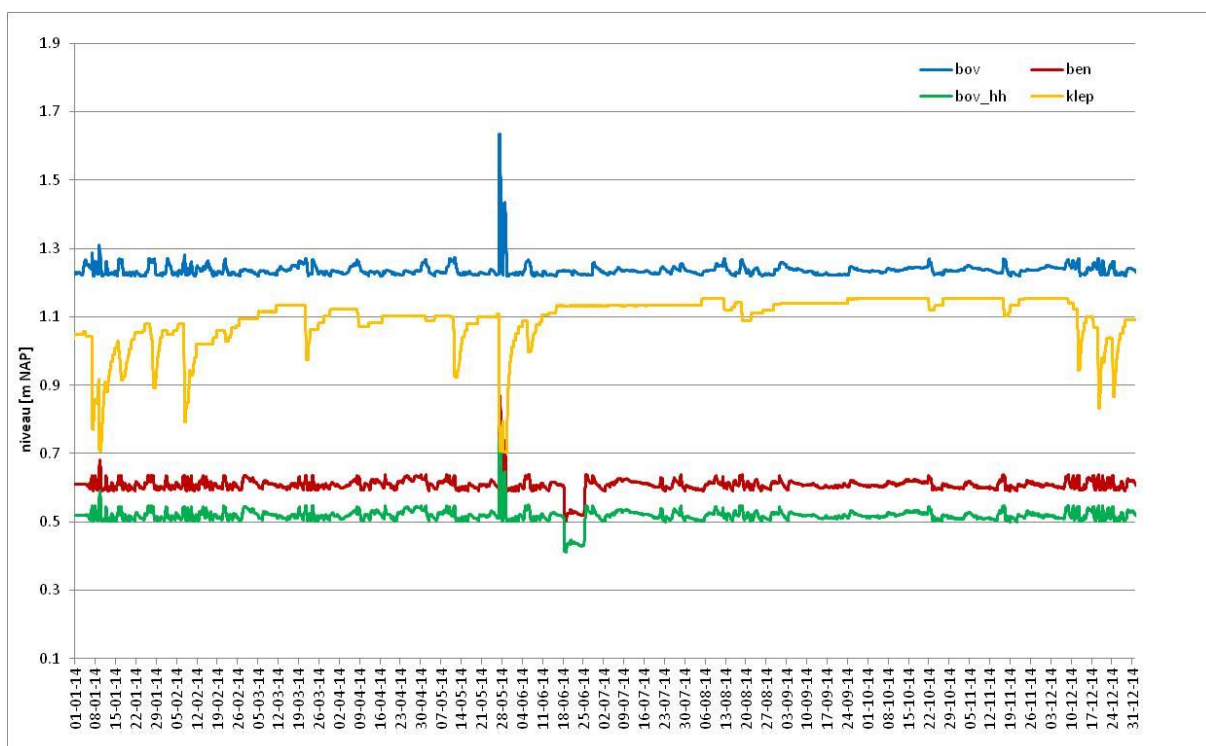
Uit de meetgegevens blijkt dat de stuwkleppen bij afvoerpieken fors worden verlaagd. Hierdoor blijft een constant bovenstrooms peil gehandhaafd en is er weinig peildynamiek zichtbaar, zie figuur 4.1 en 4.2. Alleen heel hoge pieken worden geregistreerd en gesignaleerd.

Afvoerdynamiek

De afvoerdynamiek is bepaald door berekening van de debieten aan de hand van de meetreeksen van peilmetingen en klepstanden bij de stuwen Molenlaan, Heidehuizen en Sweachsterwei. Daarbij is rekening gehouden met de verdrinking van de stuwen. De metingen van de waterstanden benedenstrooms de stuwen ontbreken; deze zijn afgeleid uit modelberekeningen.



Figuur 4.1. Gemeten peilen (blauw) en klepstanden (geel) bij stuw Heidehuizen in 2014. Het benedenstroomse peil (groen) is gemeten.



Figuur 4.2. Gemeten peilen (blauw) en klepstanden (geel) bij stuw Molenlaan in 2014 (benedenstroomse peilen zijn bepaald uit de modelberekening)

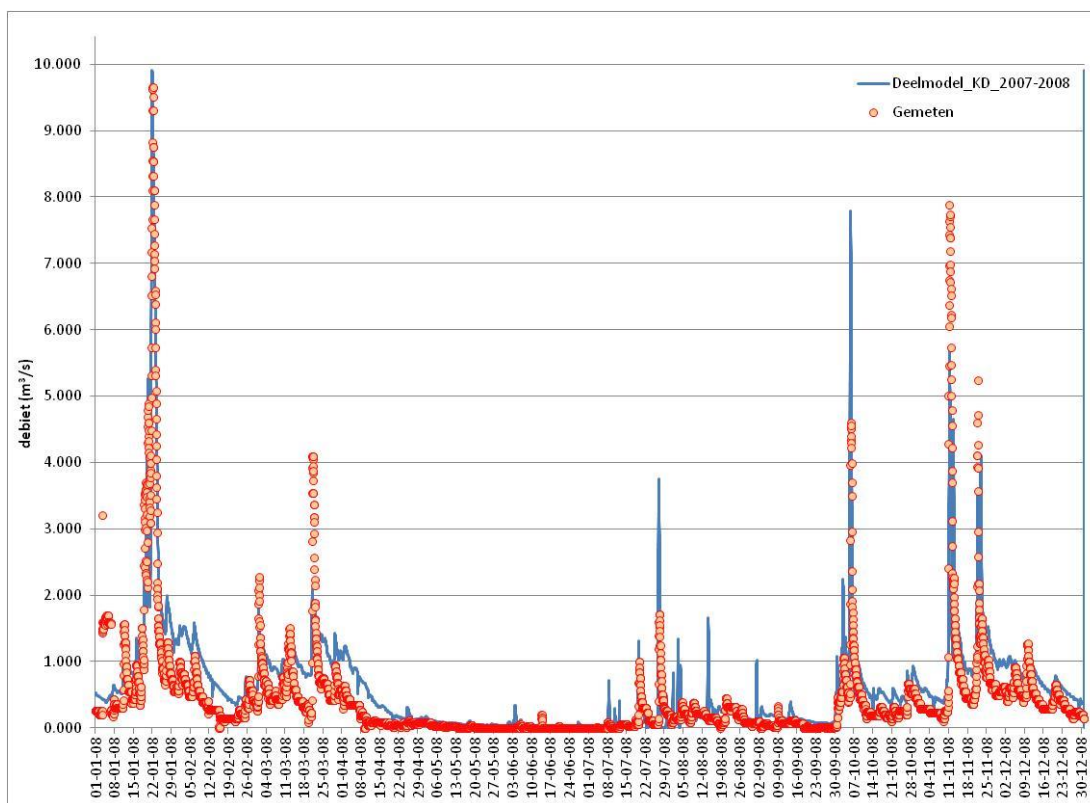
De afvoerdynamiek is op twee manieren weergegeven: als functie van de tijd en als frequentieverdeling. Bij een frequentieverdeling worden alle berekende of gemeten waarden over een bepaalde periode toebedeeld aan een klasse en als frequentie van voorkomen weergegeven in een histogram. In de grafieken is op de x-as de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de twee trajecten van het Koningsdiep die ieder hun eigen dynamiek hebben. Er is overigens gekozen voor presentatie van het jaar 2008 omdat dat jaar is gebruikt bij de kalibratie van het SOBEK-model dat ten grondslag ligt aan de kwantitatieve analyse.

Traject Bakkeveense vaart – De Poasen

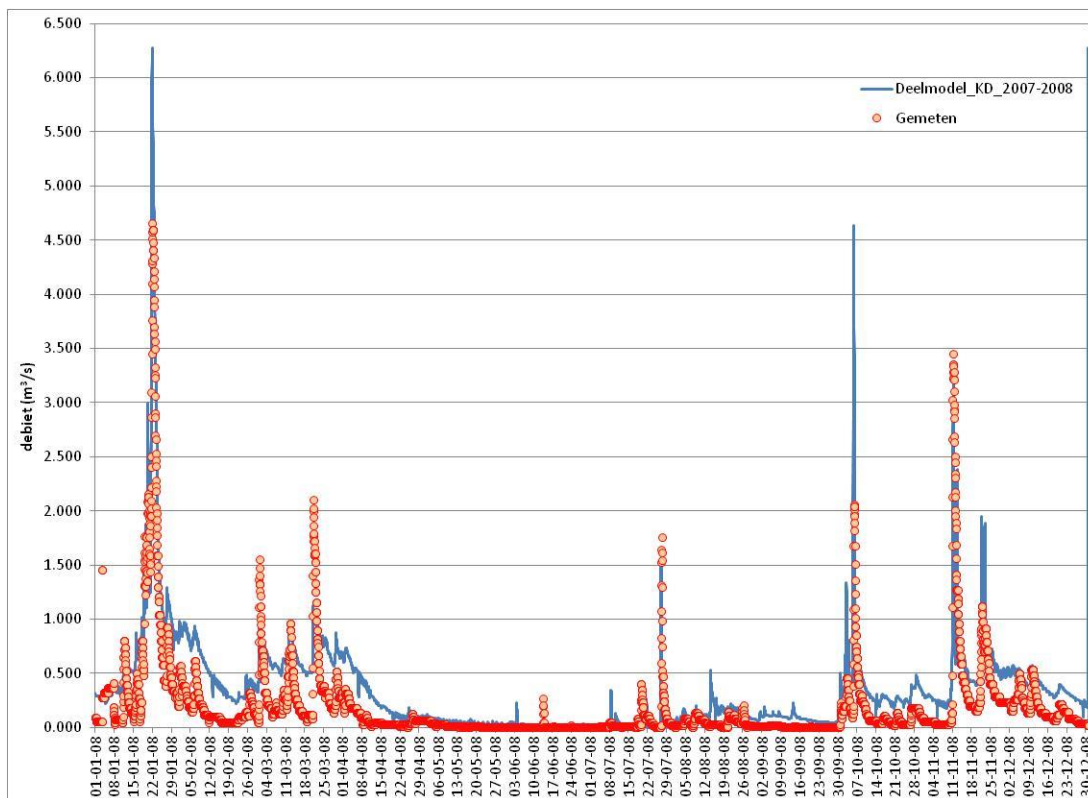
Uit de fluctuaties van het debiet bij stuw Heidehuizen en stuw Molenlaan blijkt dat de afvoerdynamiek in de boven en middenloop groot is, zie figuur 4.3 en 4.4. Er zijn plotselinge kortstondige pieken die worden afgewisseld door soms heel lange perioden waarin er vrijwel geen afvoer is. De hoogste pieken treden op in de winterperiode en met name in december en januari. In de zomer komen veel minder hoge pieken voor. Dit beeld geldt voor de gehele meetperiode van 2005 tot 2014. Het gebied reageert blijkbaar alleen in de winter snel op de grote neerslaghoeveelheden.

Uit de grafieken blijkt ook dat de basisafvoer (trage afvoer als gevolg van sterk vertraagde afstroming en het grondwater) gering is. In de zomermaanden is er langdurig helemaal geen afvoer. Zelfs in de winter bedraagt de basisafvoer minder dan 0,5 m³/s. In een goed of natuurlijk functionerend systeem van vergelijkbare omvang mag een grotere afvoer worden verwacht.

De berekende debieten op basis van de peilmetingen zijn vervolgens vergeleken met de resultaten van het SOBEK-model. De modelresultaten bij Heidehuizen komen in januari 2008 (de ijkingsperiode) goed overeen met de uit peilmetingen berekende debieten, maar beduidend minder goed in de zomer en in het najaar. Bij Molenlaan zijn de verschillen tussen de modelresultaten en de uit peilmetingen berekende debieten beduidend groter. Dit duidt erop dat het model nog niet goed is gekalibreerd.

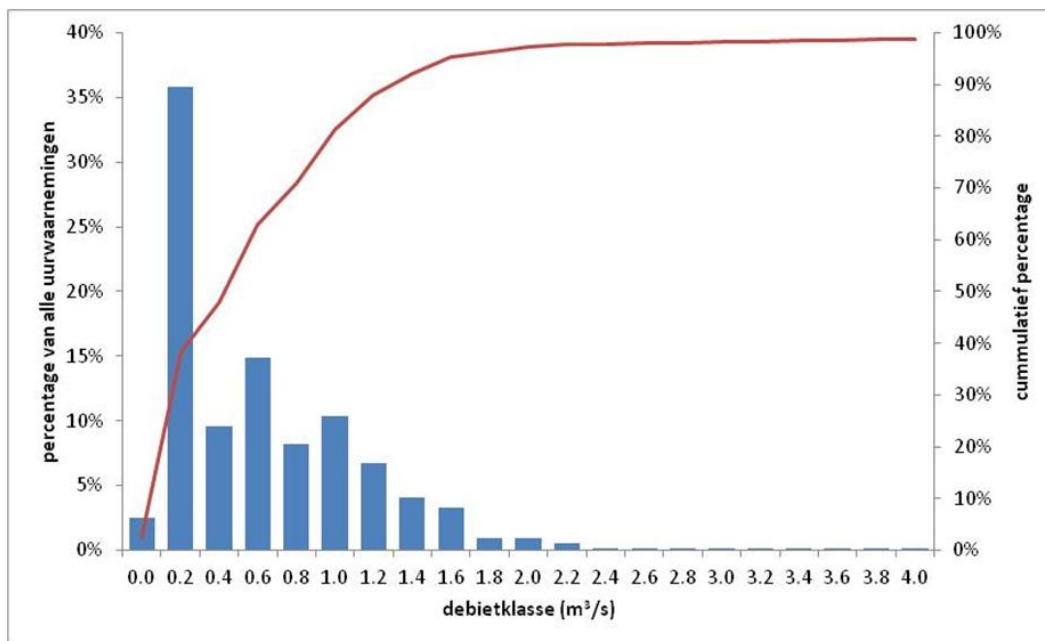


Figuur 4.3. Debit op basis van peilmetingen (rood) en het SOBEK-model (blauw) bij stuw Heidehuizen in 2008

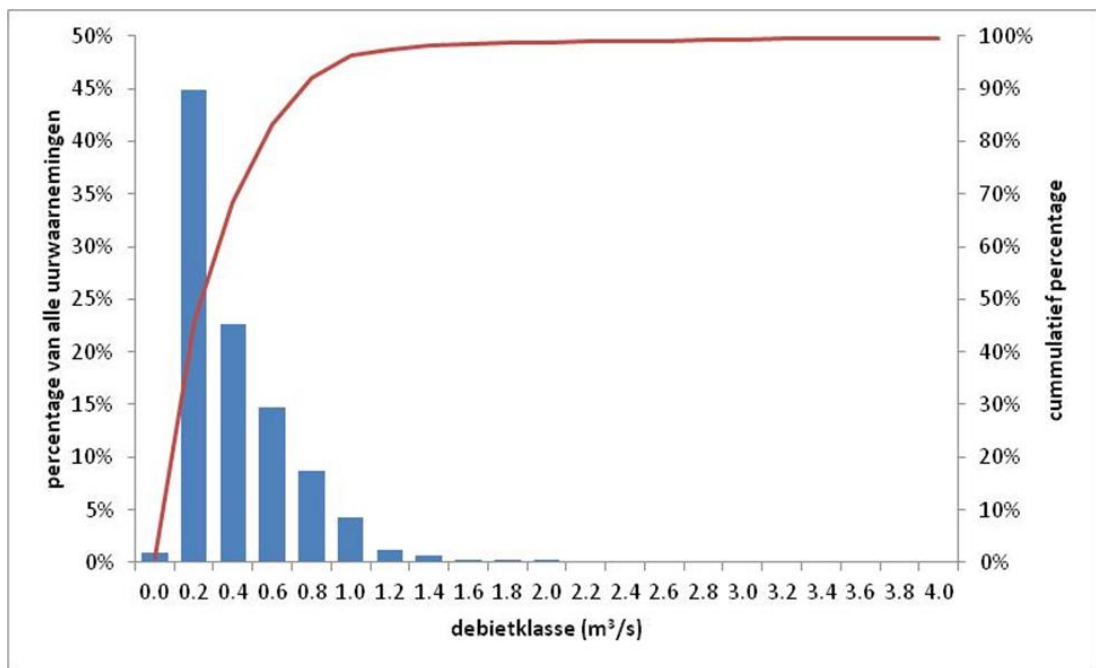


Figuur 4.4. Debiet op basis van peilmetingen (rood) en het SOBEK-model (blauw) bij stuw Molenlaan in 2008

Uit de frequentieverdelingen van de debieten (op basis van de peilmetingen) blijkt dat gedurende het grootste deel van het jaar zeer geringe debieten voorkomen, zie figuur 4.5 en 4.6. Bij Heidehuizen is de gemiddelde afvoer circa $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$. In 40% van de tijd is de afvoer lager dan $0,2 \text{ m}^3/\text{sec}$. Voor Molenlaan is de gemiddelde afvoer $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$. Hier geldt dat de afvoer in iets meer dan 45% van de tijd lager is dan $0,2 \text{ m}^3/\text{sec}$. Bij minder verstoorde en door kwel gevoede beken is de basisafvoer doorgaans hoger en ligt de gemiddelde afvoer hoger ten opzichte van het minimum en het maximum.



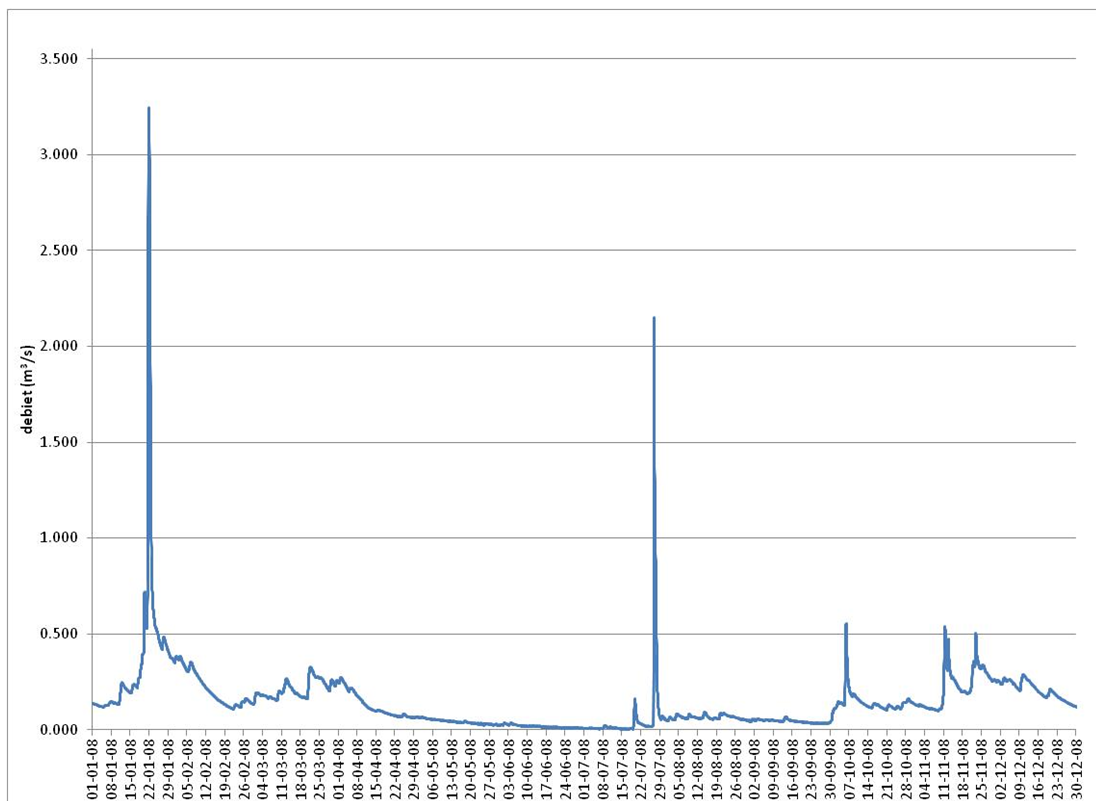
Figuur 4.5. Frequentieverdeling van het debiet op basis van peilmetingen bij stuw Heidehuizen in 2008. Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.



Figuur 4.6. Frequentieverdeling van het debiet op basis van peilmetingen bij stuw Molenlaan in 2008. Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.

Traject De Poasen - Sweachsterwei

In de benedenloop bij Sweachsterwei zijn er bij de stuw helaas geen goede metingen van de peilen en de klepstanden beschikbaar. De debieten zijn daarom alleen berekend met het SOBEK-model.

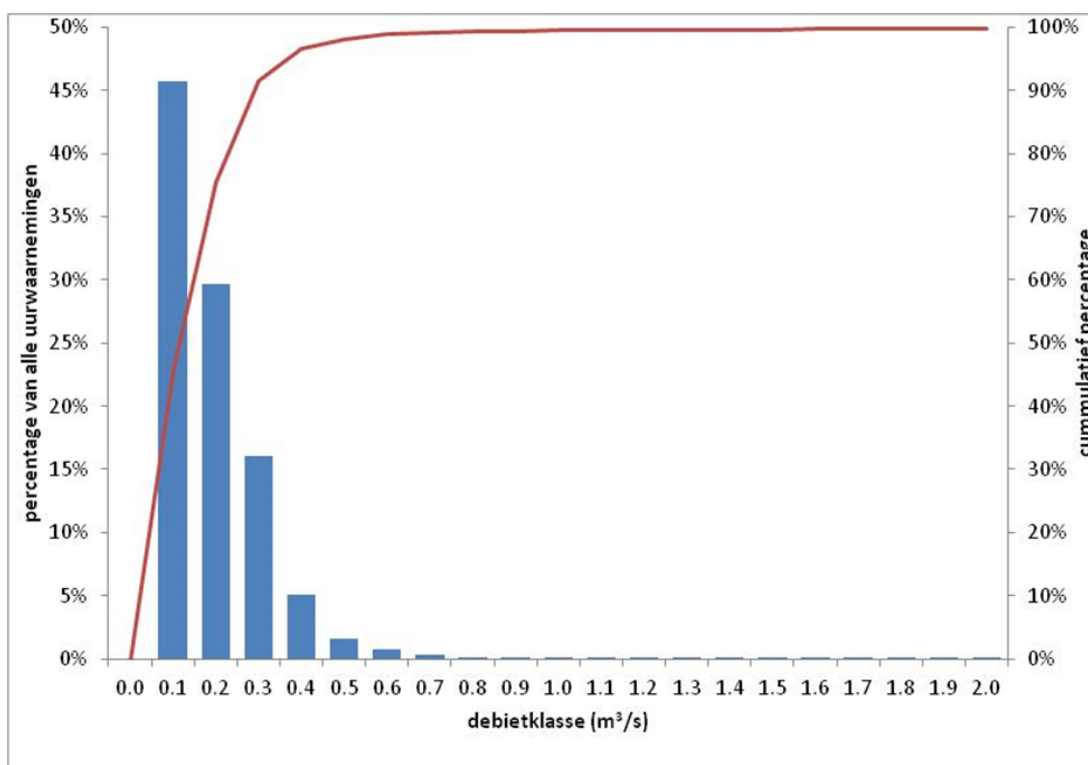


Figuur 4.7. Debiet op basis van het SOBEK-model (blauw) bij stuw Sweachsterwei in 2008

Uit het verloop van de berekende debieten blijkt dat de afvoerdynamiek in de benedenloop ook erg groot is, zie figuur 4.7. Hier treedt overigens in de zomer een behoorlijke piek op die niet zo nadrukkelijk aanwezig is in het bovenstroomse traject (bij Heidehuizen en Molenlaan). Dit kan helaas niet worden verklaard met de huidige beschikbare informatie door het ontbreken van meetgegevens bij de stuw.

De basisafvoer is hier lager dan in het bovenstroomse traject. Gedurende vrijwel heel juli 2008 is er geen afvoer. Hierbij wordt opgemerkt dat het debiet bij Sweachsterwei berekend is en er dat er in het model geen waterinlaat is opgenomen. Gedurende de zomer wordt zodanig water ingelaten vanuit de Opsterlandse Compagnonsvaart dat het nog net niet over de laatste stuw in het Konings-diep stroomt (mond. med. Reinder Noordenbos, gebiedsbeheerder).

Uit de frequentieverdelingen van de debieten (op basis van de modelberekeningen blijkt dat de afvoer bij Sweachsterwei in circa 75% van de tijd lager is dan $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. De gemiddelde afvoer bedraagt circa $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$. Indien water wordt ingelaten, zullen de debietklassen $0,4 - 0,6$ iets toenemen ten koste van de eerste twee klassen. Desondanks is de basisafvoer erg laag, zeker voor een laag en benedenstrooms gelegen gebied.



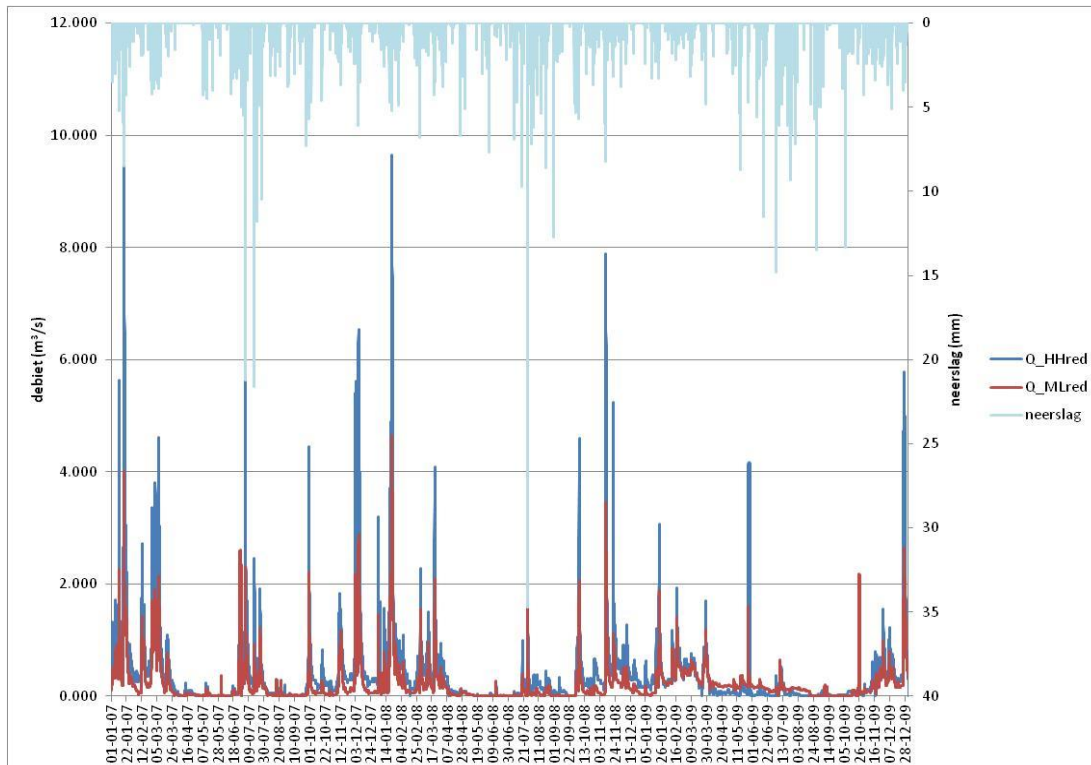
Figuur 4.8. Frequentieverdeling van het debiet op basis van modelberekeningen bij stuw Sweachsterwei in 2008. Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.

Relatie met neerslag en verdamping en grondwaterstanden

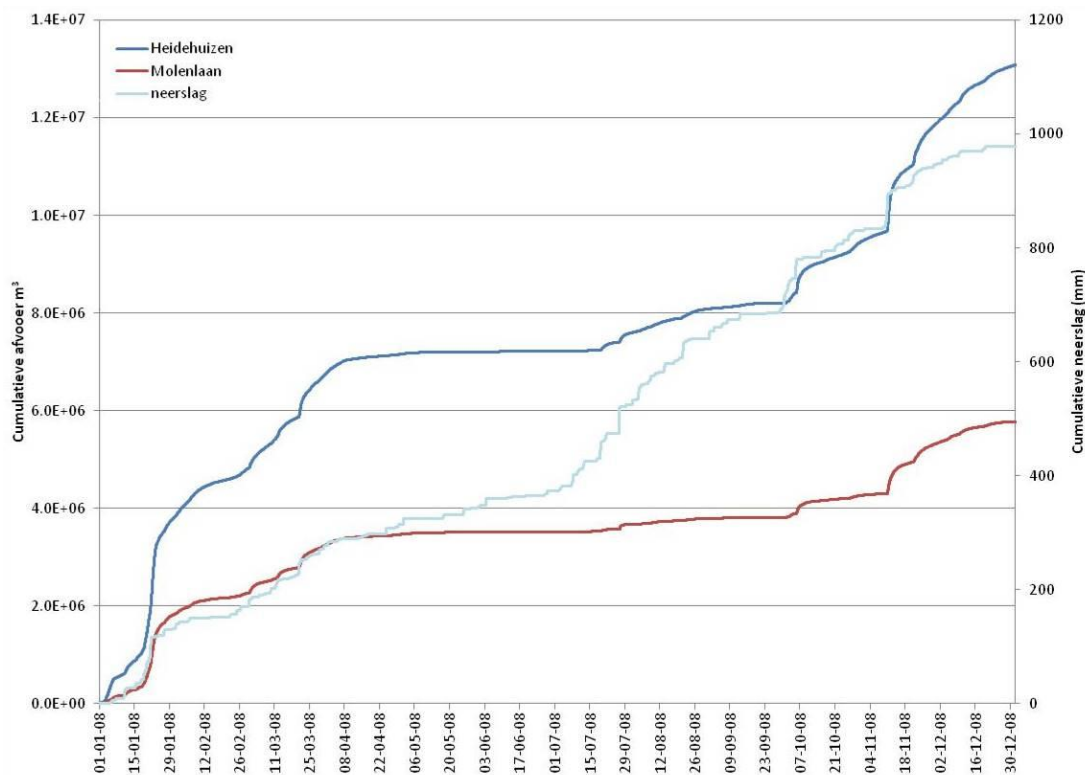
Om de afvoerdynamiek en de processen daarachter beter te kunnen begrijpen, is de relatie met de neerslag en verdamping en de grondwaterstanden van belang. Op basis van de eigenschappen van het stroomgebied, langgerekt smal en reliëfrijke steile flanken en de aanwezigheid van keileem dicht aan het maaiveld zou mogen worden verwacht dat de afvoer sterk wordt beïnvloed door de neerslag.

In figuur 4.9 (en 4.10) zijn de gemeten debieten bij Heidehuizen en Molenlaan vergeleken met de neerslaghoeveelheden in meetstation Gorredijk. Een vergelijking met andere neerslagstations geeft een vergelijkbaar beeld. Er is geen duidelijke correlatie tussen de debieten en de gemeten neerslaghoeveelheden zichtbaar. De grootste neerslaghoeveelheden in de periode januari 2007 tot en met december 2009 zijn gemeten in de zomers, op 4 juli 2007, 16 juli 2007, 26 juli 2008, 8 juli 2009 en 25 augustus 2009. De afvoeren bij Heidehuizen en Molenlaan zijn op die data echter nauwelijks toegenomen, met uitzondering van 4 juli 2007 en 27 juli 2008. Dit komt waarschijnlijk door de lage grondwaterstanden (drooglegging) en de verdamping. Door

onvoldoende gegevens van de grondwaterstanden en van de ruimtelijke verdeling van de verdamping in 2008 kan dit niet goed worden geverifieerd.



Figuur 4.9. Debit bij stuw Heidehuizen (blauw) en Molenlaan (rood) vergeleken met de neerslag in Gorredijk (lichtblauw) in 2007-2009



Figuur 4.10. Cumulatief debit bij stuw Heidehuizen (blauw) en Molenlaan (rood) vergeleken met de cumulatieve neerslag in Gorredijk (lichtblauw) in 2008

Conclusie afvoer

Het watersysteem van het Koningsdiep wordt zo ingrijpend gereguleerd en beheerd dat er geen sprake is van een natuurlijke afvoer en afvoerpatroon. Er is een grote afvoerdynamiek met hoge pieken bij grote neerslaghoeveelheden in de winters en diepe dalen bij langdurige droge perioden. Duidelijk is dat de basisafvoer zeer laag is en het gebied gevoelig is voor verdroging. Zonder wateraanvoer zouden veel waterlopen droog vallen en zou het debiet van het Koningsdiep in droge perioden nog lager zijn.

4.2 Connectiviteit

In het Koningsdiep zijn een groot aantal stuwen en andere obstakels aanwezig die een vrije migratie van waterorganismen en sedimenttransport verhinderen, zie paragraaf 3.3.2 en figuur 3.1. Bij waterorganismen wordt overigens vaak alleen gedacht aan vissen, maar dit aspect is ook relevant voor (zaden van) water- en oeverplanten en macrofauna.



Foto: Stuw Sweachsterwei met vispassage (foto Eelke Rijpkema, Arcadis)

Tot voor kort was alleen stuw Heidehuizen voorzien van een vispassage. Inmiddels is het eerste onderdeel van de EHS gerealiseerd bij De Poasen. Hier is de middenloop weer aangesloten op de benedenloop via een nieuw gegraven bedding. Daarnaast is de stuw bij Sweachsterwei vervangen en voorzien van een vistrap (zie ook paragraaf 8.1). Hierdoor is het Koningsdiep vispasseerbaar vanaf de boezem tot stuw Molenlaan (via het traject De Poasen – Sweachsterwei en via het Afwateringskanaal), zie figuur 3.1

In het stroomgebied zijn voor zover bekend geen watergangen of gebieden aanwezig waar mogelijk bronpopulaties van kenmerkende soorten kunnen voorkomen. Dit zijn watergangen of gebieden met een (min of meer) natuurlijke hydrologie en morfologie, vaak in bovenstroomse delen van het stroomgebied of op de flanken van het beekdal (zijstroompjes).

De waterhuishouding in het stroomgebied van het Koningsdiep wordt vrijwel overal beïnvloed door peilbeheer en waterinlaat, zie paragraaf 3.3.2. Daarnaast kent het stroomgebied een intensief landgebruik, zie paragraaf 3.6. De bovenstroomse delen zijn ontgonnen. De omringende natuurgebieden bestaan voornamelijk uit droog bos. Vrij afstromende zijwatergangen zijn niet aanwezig.

Conclusie connectiviteit

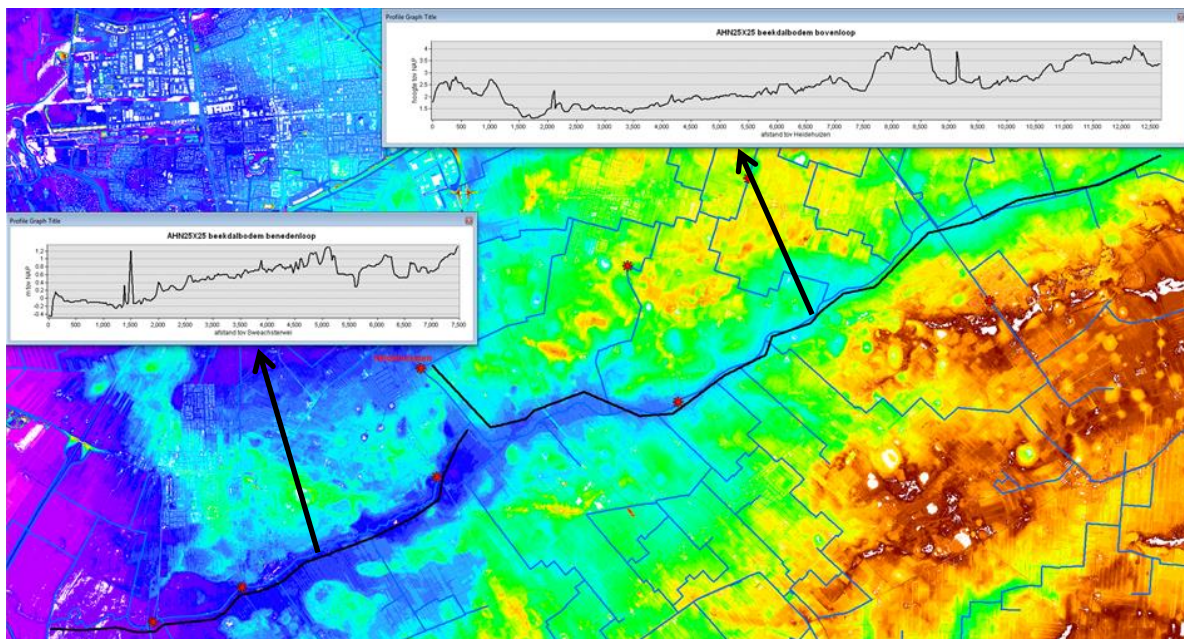
Een groot deel van het Koningsdiep is optrekbaar voor vissen. Desondanks vormen de aanwezige stuwen nog een obstakel voor sedimenttransport. Verder is het onwaarschijnlijk dat in de omgeving bronpopulaties van kenmerkende soorten voorkomen.

4.3 Verhang

Terreinhelling (dalverhang)

Het reliëf en de terreinhelling (dalverhang) zijn een vast gegeven en zijn geologisch bepaald. Het Koningsdiep stroomt in westelijke richting af van de hogere gelegen delen. De huidige beek ligt nog wel in de beekdalbodem maar niet meer in de oorspronkelijk bedding. Het maaiveld is door de mens sterk veranderd. Er hebben ophogingen van gronden langs beek en egalisatie plaatsgevonden. Daarnaast zijn door vervening lager gelegen delen en putten ontstaan. Desondanks is er nog sprake van oorspronkelijk reliëf zoals de pingoruiens.

Om de terreinhelling te bepalen, is voor de twee deeltrajecten de maaiveldhoogte bepaald langs een lengtedoorsnede door het beekdal, zie figuur 4.9 en 4.10. De lengtedoorsnede is parallel aan de beek op circa 10 meter buiten de insteek gelegd; op deze lijn is de maaiveldhoogte bepaald met behulp van AHN2 met een nauwkeurigheid van 0,5 x 0,5 meter. Dit is conform de werkwijze van Makaske en Maas (2015). Wanneer het lengteprofiel door de petgaten wordt getrokken, zijn er overigens kuilen in de maaiveldhoogte zichtbaar, zoals in het onderzoek van de RUG (Wiersma,2013).



Figuur 4.11. Maaiveldhoogte op het traject Bakkeveense vaart – De Poasen en De Poasen – Sweachsterwei op basis van het AHN

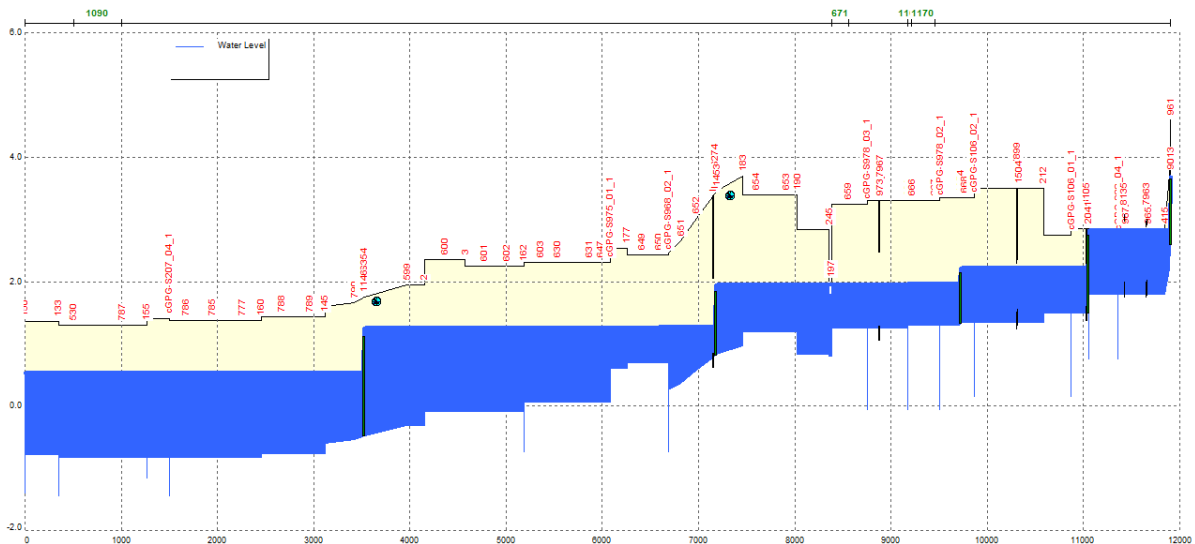
Voor enkele deeltrajecten is de terreinhelling berekend, zie tabel 4.1. De terreinhelling is klein tot zeer klein.

Tabel 4.1. Terreinhelling op enkele deeltrajecten

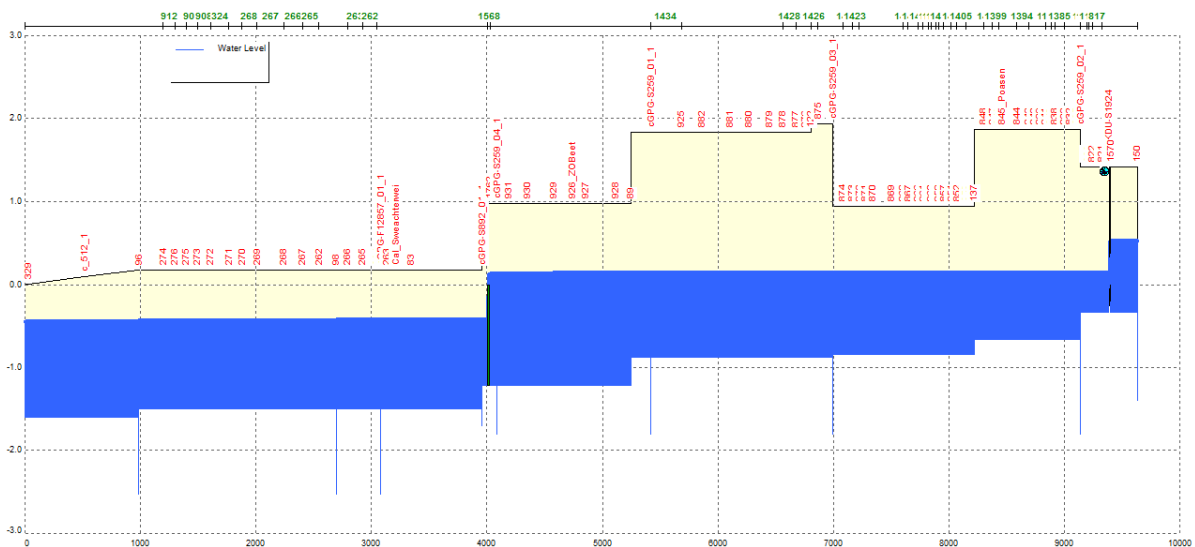
Traject	Deeltraject	Verhang (m/ km)
Bovenloop	bovenloop tot Bakkeveense vaart	0,28
Bakkeveensevaart – De Poasen	Bakkeveense vaart – Beakendyk	0,01
	Beakendyk – De Poasen	0,21
De Poasen - Sweachsterwei	Langs de Poasen	0,01
	Poasen – stuw Sweachsterwei	0,29

Waterbodemverhang (geulverhang)

In figuur 4.12 en 4.13 is het huidige waterbodemverhang weergegeven (geulverhang). De bovenste lijn boven het lichtgele vlak vormt het maaiveld, de onderkant van het blauwe vlak is de beekbodem. De bovenzijde van het blauwe vlak is de maximale waterstand tijdens de piek op 22 januari 2008. De gegevens zijn afkomstig uit SOBEK. Het waterbodemverhang vertoont grofweg hetzelfde patroon als de terreinhelling, maar verloopt wat geleidelijker. In figuur 4.13 is overigens aan de rechterzijde een petgat zichtbaar (plaatselijke verlaging van het maaiveld).



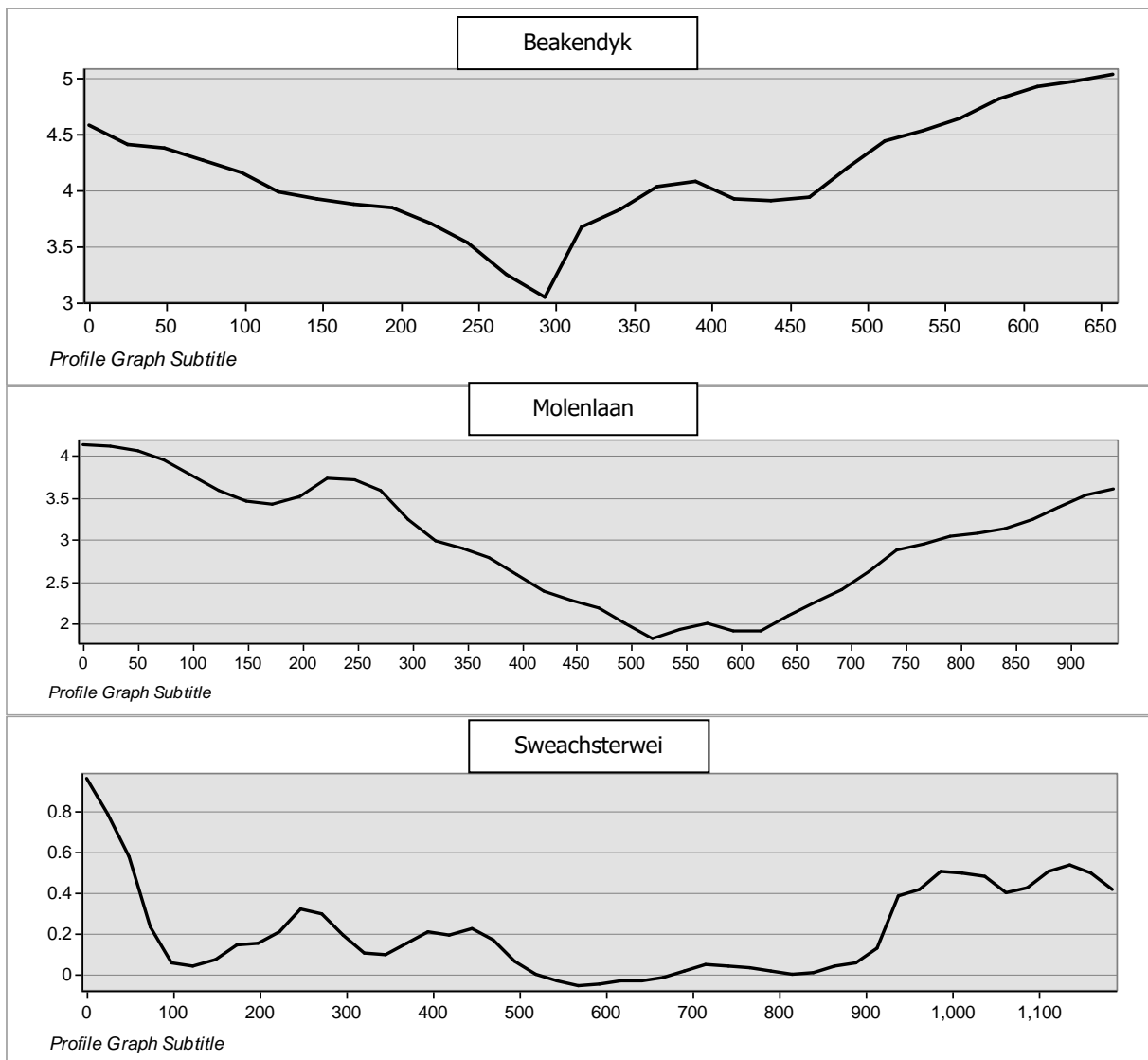
Figuur 4.12. Maaiveldhoogte (lijn boven gele vlak) en bodemhoogte (onderzijde blauwe vlak) op het traject Bakkeveense vaart – De Poasen op basis van SOBEK



Figuur 4.13. Maaiveldhoogte (lijn boven gele vlak) en bodemhoogte (onderzijde blauwe vlak) op het traject De Poasen - Sweachsterwei op basis van SOBEK

Beekdalflanken

De plekken met het meeste verhang zijn gelegen op de beekdalflanken, zie figuur 4.14. Het beekdal wordt in benedenstroomse richting steeds breder en de flanken ook minder hoog. Als gevolg daarvan neemt ook het verhang op de flanken in benedenstroomse richting af.



Figuur 4.14. Maaiveldhoogte op dwarsdoorsneden van het beekdal bij Baekendyk, Molenlaan en Sweachsterwei op basis van het AHN

Conclusie verhang

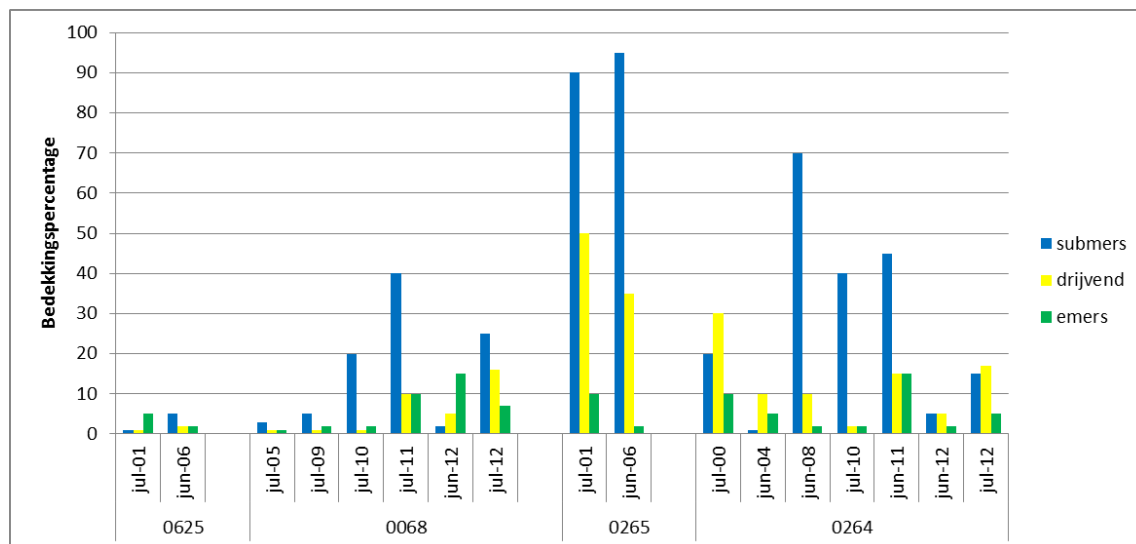
Uit de analyse blijkt dat er sprake is van een zeer gering verhang. De standen van stuwkleppen zijn bepalend voor het waterspiegelverhang (en de waterdiepte).

4.4 Waterplanten (weerstand)

De weerstand heeft betrekking op de ontwikkeling van water- en oeverplanten in de waterloop. Waterplanten groeien in de aanwezigheid van voldoende licht, nutriënten, geschikt substraat en stromingscondities. De omstandigheden kunnen, afhankelijk van de soort, verbeteren of verslechteren door kanalisatie en verstuwning, belasting met nutriënten en verandering van de hydrologie (lage afvoeren). De groei van waterplanten zorgt voor opstuwung bij de aan- en afvoer van water. Maai-beheer is erop gericht om de minimaal benodigde afvoercapaciteit bij maatgevende afvoeren te garanderen.

Er zijn weinig gegevens beschikbaar over de ontwikkeling van waterplanten in het Koningsdiep, zowel in tijd (ontwikkeling tijdens het seizoen) als in ruimte (hele watergang, vlakdekkend). Wel zijn er op vier plaatsen vegetatieopnames gemaakt, waarbij onder andere een schatting wordt gemaakt van de bedekking met waterplanten (submers), drijvende waterplanten (drijvend) en opgaande (oever)vegetatie (emers). Het gaat

hierbij om een verticale projectie, dus met de blik van bovenaf. Dit geeft een indicatie van de stromingsweerstand, maar eigenlijk is vooral de mate van begroeiing van het dwarsprofiel van belang. Daarnaast zijn er gegevens beschikbaar van het uitgevoerde onderhoud (methode en maaifrequentie). Ook deze gegevens geven hoogstens een globale indicatie van de plantengroei.



Figuur 4.15. Bedekking (verticale projectie) van ondergedoken waterplanten (submers), drijvende waterplanten (drijvend) en opgaande (oever)vegetatie (emers)

In figuur 4.15 is de bedekking met ondergedoken waterplanten, drijvende waterplanten en opgaande (oever)vegetatie op vier locaties in het Koningsdiep weergegeven (voor de ligging van de locaties zie figuur in box monitoring waterkwaliteit en ecologie). Over het algemeen zijn de bedekkings-percentages niet zo hoog, met uitzondering van locatie 0265 (Poasbrug) en (in mindere mate) 0264 (brug Lippenhuizen). Deze liggen beide in het traject De Poasen –stuw Sweachsterwei.

Tabel 4.2. Onderhoud traject Bakkeveensevaart – De Poasen

Periode	Traject	Onderhoud
Zomer (jun-jul)	voor brug Opper Haudmare na brug Opper Haudmare	Maaikorf, beide oevers blijven staan (0,5-1 m) Maaiboot, beide oevers blijven staan
Najaar (sept-okt)	voor brug Opper Haudmare na brug Opper Haudmare	Maaikorf, één oever blijft staan (0,5-1 m) Geen

Op het traject Bakkeveensevaart – De Poasen wordt het Koningsdiep twee maal per jaar onderhouden, éénmaal (preventief) in de zomer (juni-juli) en éénmaal in het najaar (september-oktober). Hierbij wordt het traject Bakkeveensevaart – brug Opper Haudmare met de maaikorf onderhouden en het traject benedenstrooms van de brug Opper Haudmare met de maaiboot. Dit deel wordt meestal niet meer in het najaar gedaan. Van het onderhoud op het traject De Poasen – stuw Sweachsterwei was geen informatie beschikbaar.

Conclusie waterplanten (weerstand)

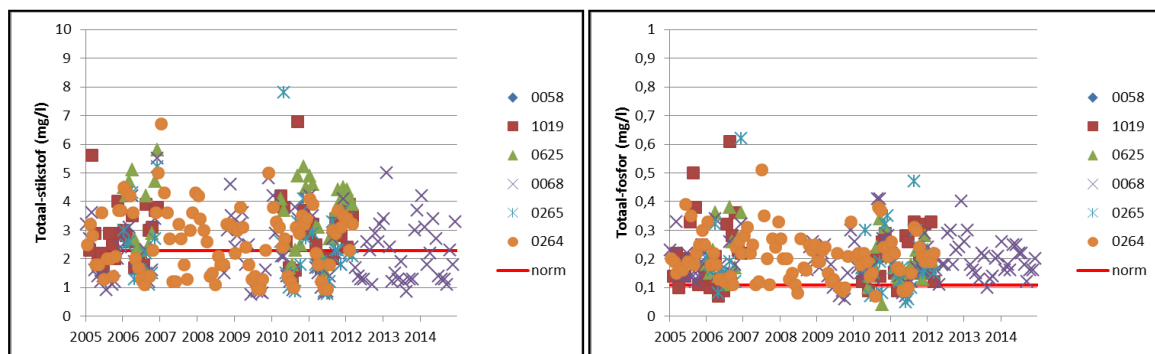
Er is relatief weinig informatie beschikbaar over de waterplantengroei en –ontwikkeling. Op basis van de beschikbare informatie vindt de meeste plantengroei plaats op het traject De Poasen – stuw Sweachsterwei; hier moet in de zomerperiode rekening worden gehouden met weerstand als gevolg van waterplantengroei. Op het traject Bakkeveense vaart – De Poasen is er waarschijnlijk minder plantengroei, vooral benedenstrooms van de brug Opper Haudmare. Er lijkt geen sprake van overmatige waterplantengroei en een bijbehorend intensief onderhoudsregime.

Box: belang van nutriënten in beken in relatie tot waterplantenontwikkeling

In beken zijn nutriënten vooral relevant voor de groei van water- en oeverplanten en algen (bij stagnatie). In voedselrijke omstandigheden en bij voldoende licht groeit een beek snel dicht. Het is de vraag in hoeverre de voedselrijkdom van belang is voor (de snelheid van) dit proces.

Op dit moment is de heersende opvatting dat beken van nature vrij voedselrijk zijn en dat de voedselrijkdom niet primair van belang is voor de aanwezigheid en de groei van de grotere structuurbepalende water- en oeverplanten zoals Grote egelskop, Liesgras en Waterpest (mond. med. Merel Soons, Universiteit Utrecht en Angela Gurnell, Queen Mary University, London). De voedselrijkdom is wel van belang voor de soortenrijkdom van water- en oevervegetaties; hiervoor moet het water niet te voedselrijk zijn.

In dit kader is nader gekeken naar de voedselrijkdom. Voor de KRW-toetsing wordt getoetst op de zomergemiddelde totaal stikstof- en fosforconcentraties en scoort stikstof 'goed' en fosfor 'matig', zie tabel 4.1. In onderstaande figuur zijn alle metingen van het Koningsdiep uit de periode 2005-2015 weergegeven, samen met de norm uit de KRW. In de figuur is goed zichtbaar dat de gemeten waarden regelmatig (stikstof) of vrijwel altijd (fosfor) boven de norm liggen. Het water kan gekarakteriseerd worden als 'zeer voedselrijk'.



Figuur: Totaal-stikstof (links, norm = 2,3 mg/l) en totaal-fosfor (rechts, norm = 0,11 mg/l)

4.5 Hydromorfologisch complex

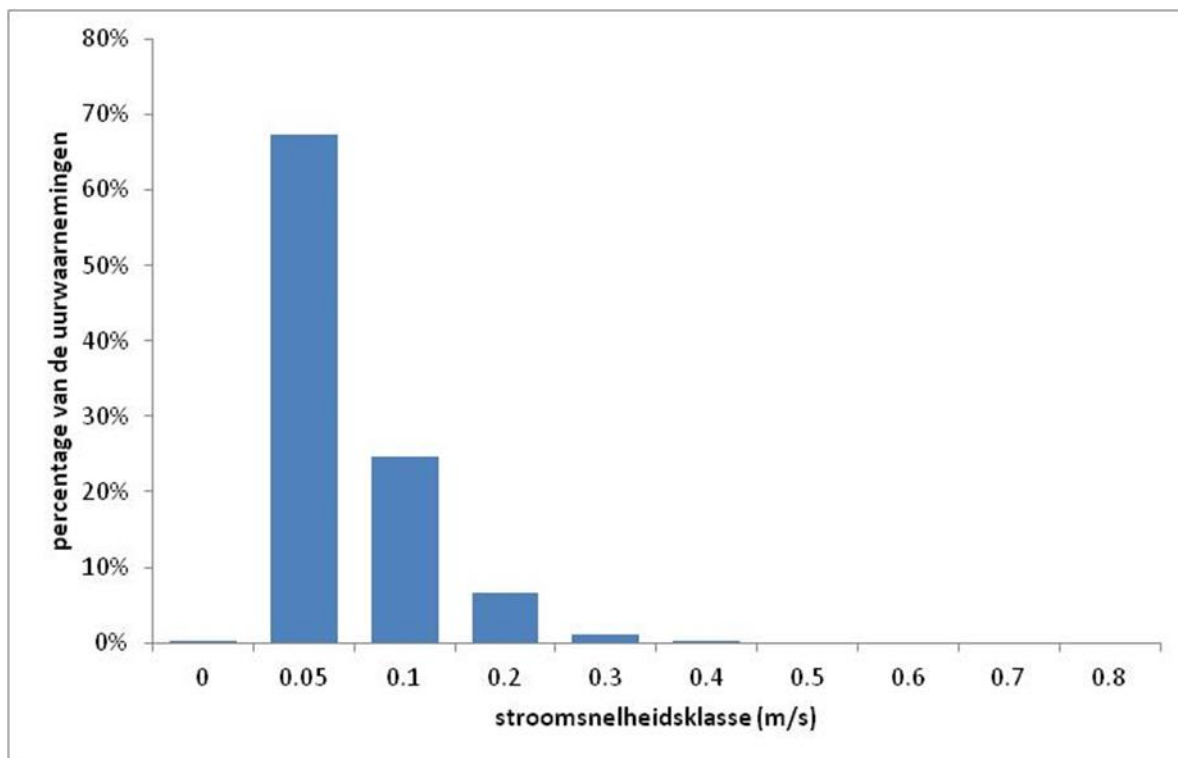
Het hydromorfologisch complex omvat de sleutfactoren stroming, de sedimentbeweging en het profiel. Deze drie sleutfactoren zijn onderling sterk verbonden en worden gezamenlijk besproken.

Stroming

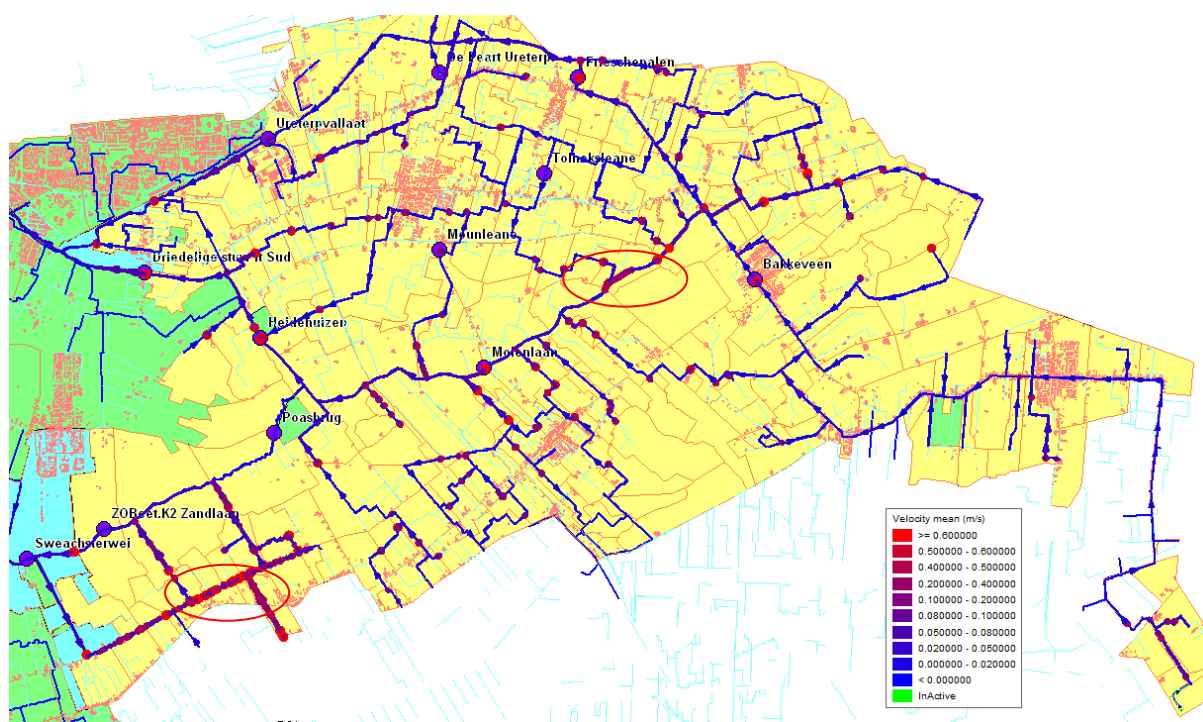
Om inzicht te krijgen in de stroomsnelheden zijn modelberekeningen verricht met het SOBEK-model. Uit de modelberekeningen blijkt dat de stroomsnelheden in het Koningsdiep over het algemeen onder de 10 cm/s liggen, zie figuur 4.16.

Ook bij hoge piekafvoeren zijn de gemiddelde stroomsnelheden vrijwel overal lager dan 50 cm/s, met uitzondering van de korte trajecten boven- en benedenstrooms van de (dan gestreken) stuwen. Figuur 4.17 toont de maximale stroomsnelheden tijdens de piekafvoer op 22 januari 2008 en geeft een goede indruk van de ruimtelijke verdeling van de maximale stroomsnelheden. Bij de meeste grotere stuwen zoals Heidehuizen en Molenlaan worden hoge stroomsnelheden berekend. Dit heeft ten dele te maken met de wijze van modellering; in werkelijkheid zullen deze lager zijn. Toch komt dit beeld wel overeen met de werkelijkheid, alleen bij stuwen is enige zichtbare stroming aanwezig.

Er zijn maar weinig deeltrajecten waar enigszins hogere stroomsnelheden kunnen voorkomen. In feite is alleen in het deeltraject benedenstrooms Beakendyk en in de waterloop ten zuiden van de Hemrikkerscharren sprake van zichtbare stroming (rode ellipsen). Dit laatste wordt waarschijnlijk mede veroorzaakt doordat daar (in het model) continu circa 220 l/s water wordt ingelaten. In de praktijk zou dat alleen in de zomer geschieden.



Figuur 4.16. Frequentieverdeling van de stroomsnelheid bij Molenlaan in 2008. Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.

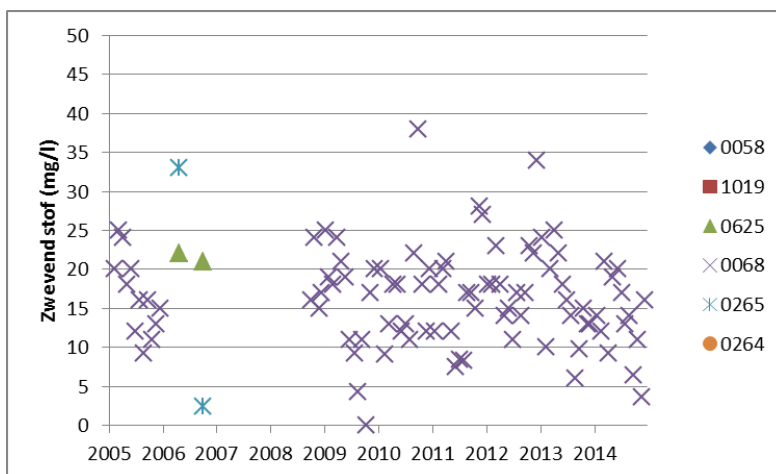


Figuur 4.17. Overzicht van de maximale stroomsnelheden tijdens de afvoerpiek op 21 januari 2008

Sedimentbeweging

Met het SOBEK-model is ook het sedimenttransporterend vermogen berekend. Het sediment-transporterend vermogen van de diverse trajecten van het Koningsdiep is zo gering dat dit vrijwel niet tot uitdrukking komt/ zichtbaar is in de vorm van grafieken. Daardoor is het ook niet mogelijk het dominante of beddingvormende debiet te bepalen.

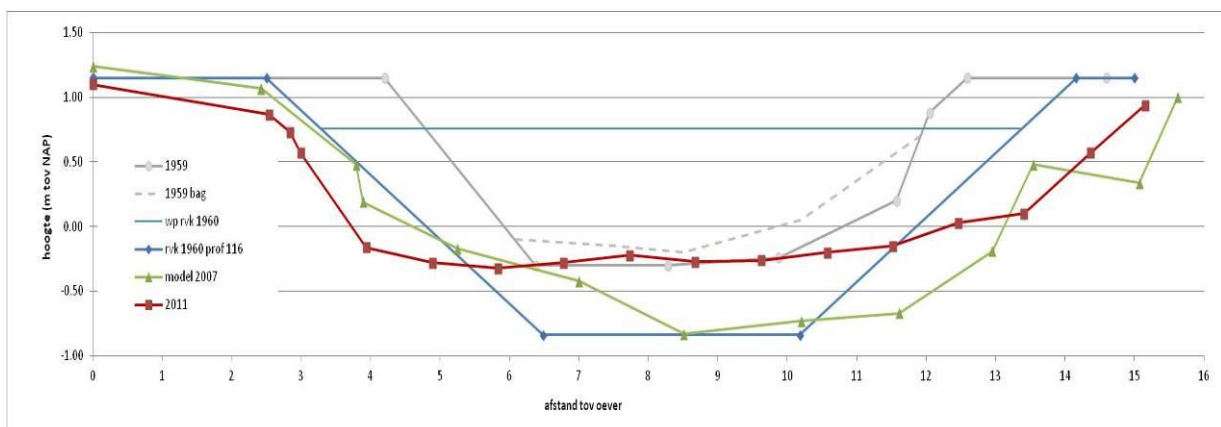
Door het geringe sedimenttransporterend vermogen is er geen bodemtransport en erosie (met uitzondering van lokaal inzakkende oevers), zie ook het Hjulström diagram in paragraaf 2.3. Er treedt vrijwel overal uitsluitend sedimentatie op. Er zal wel zwevend/ spoeltransport van de fijnste zandfracties en vooral van slib kunnen optreden, zie figuur 4.18. Het grootste transport treedt op tijdens piekafvoeren. Zodra de afvoer weer afneemt zal sedimentatie van fijn materiaal optreden en uiteindelijk ook het slib bezinken. De bedding zal daardoor vrijwel constant bestaan uit fijn zand en vooral slib. Uit baggergegevens zou een schatting kunnen worden gemaakt van de aanwas en de locaties waar sedimentatie het meest optreedt .



Figuur 4.18. Gehalte zwevend stof

Profiel

In figuur 4.19 is een voorbeeld van de profielveranderingen van het Koningsdiep van de laatste jaren weergegeven (groen en rood). In de figuur zijn tevens het profiel van vóór en na de ruilverkaveling weergegeven (respectievelijk grijs en blauw). Uit deze profielen is op te maken dat de beek fors is verbreed en verdiept. Meer recent lijkt de beek zichzelf te hebben verbreed en verondiept in een poging een nieuw evenwicht te vinden in de beddingdimensies (de b/d-ratio).



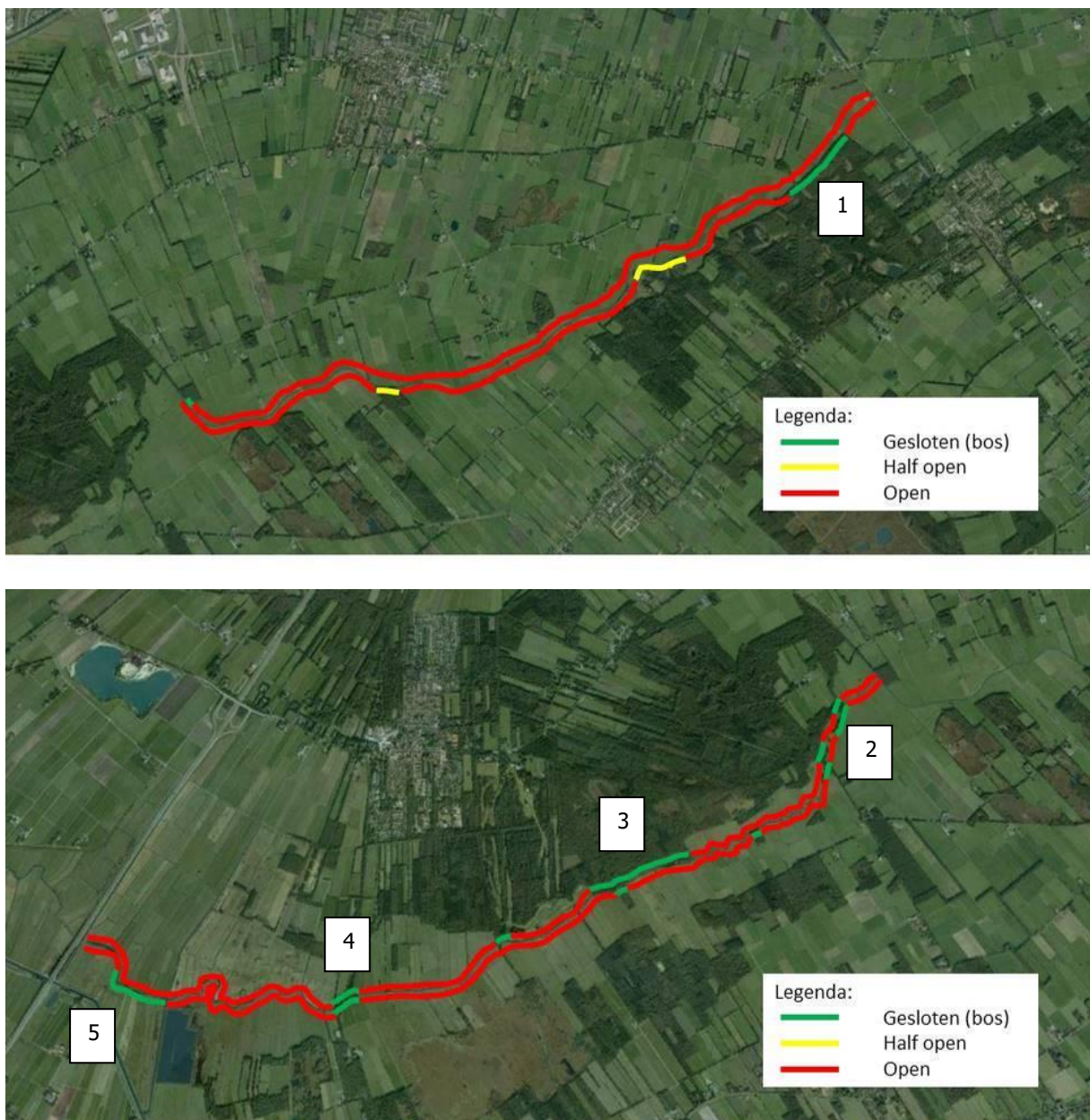
Figuur 4.19. Indicatie van de profielverandering van het Koningsdiep

Conclusie hydromorfologisch complex

De stroomsnelheden zijn overwegend laag en er treedt vrijwel alleen sedimentatie op. Zelfs bij piekafvoeren is er niet genoeg sedimenttransporterend vermogen. De voornaamste vorm van sedimenttransport is zwevend/spoeltransport van de fijnste zandfracties en vooral slib. Er is geen morfologische stabiliteit en er treedt vrijwel overal alleen sedimentatie op van fijn zand en slib. Zonder onderhoud zal de bedding op de lange termijn vrijwel geheel verlanden en verdwijnen. Daardoor zou op grote schaal moeras- en veenvorming gaan optreden.

4.6 Oeverbegroeiing

De oevervegetatie heeft betrekking op de begroeiing in de zone direct langs de beek. Deze zone is enkele tot tientallen meters breed en bestaat in de natuurlijke situatie vooral uit bos of (zegge-) moeras. Het functioneren van de beek is nauw verbonden met de oeverbegroeiing en dan met name met de aanwezigheid van de zogenaamde bosschagezone, zie Verdonshot, 2009. Deze bosschagezone biedt beschaduwing en dient als bron voor (dood) hout en organisch materiaal (blad). Beide zijn belangrijk als voedsel dragen bij aan een gevarieerd bodemsubstraat voor beekorganismen.



Figuur 4.20. Vóórkomen van houtige vegetatie langs het Koningsdiep op het traject Bakkeveen - De Poasen (boven) en De Poasen – snelweg A7 (onder)

In figuur 4.20 is de begroeiing van de oever van het Koningsdiep weergegeven. Het merendeel van de oeverbegroeiing bestaat uit een open, met name grazige vegetatie. Slechts op enkele plaatsen komt bos voor op de oever: bij de Slotplaats (1), langs De Poasen (2), bij het Alpherveld (3), de Sweachsterwei (4) en De Dulf (5).

Conclusie oeverbegroeiing

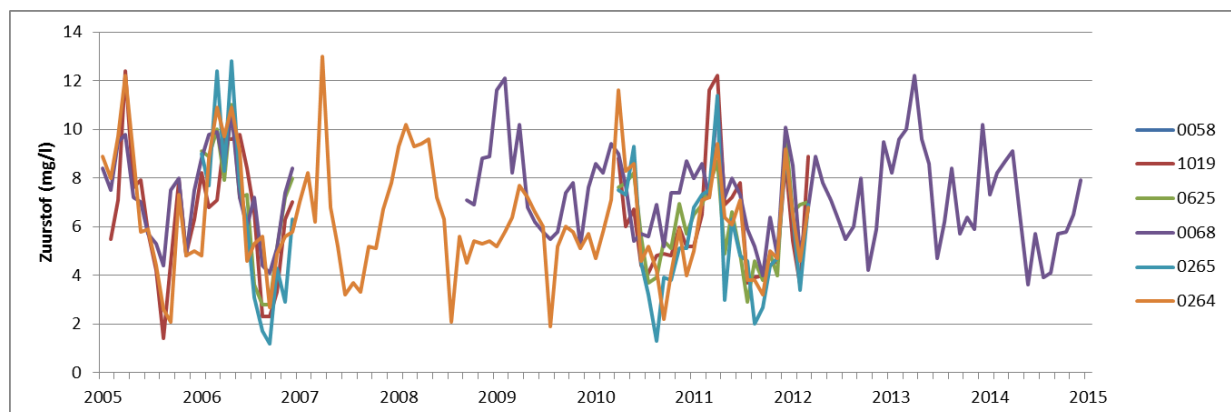
Het merendeel van de oeverbegroeiing bestaat uit een open, met name grazige vegetatie. Slechts op enkele plaatsen komt bos voor op de oever.

4.7 Zuurstof

Zuurstof is een eerste levensvoorwaarde voor veel aquatische organismen, met name voor vissen en macrofauna. Voor de KRW-toetsing wordt getoetst op het zuurstof-verzadigingspercentage, zie tabel 5.1. Veel aquatische organismen zijn echter gebonden aan een minimum beschikbaarheid van zuurstof. Over het algemeen wordt hiervoor een waarde van 5 mg/l aangehouden, zie onder andere CIW, 2000.

Als gevolg van de groei van waterplanten (zie hiervoor paragraaf 6.4) kan het zuurstofgehalte een sterk dag-nachtritme vertonen, vooral in het groeiseizoen. Omdat een zuurstofmeting op een willekeurig tijdstip weinig informatie oplevert, wordt de monitoring van de zuurstofvariatie aanbevolen. Hierbij wordt het zuurstofgehalte continu gemeten op 2-4 momenten in het jaar (zie Reeze en Lenssen, 2015); deze gegevens waren niet voorhanden.

In figuur 4.21 zijn alle zuurstofmetingen van het Koningsdiep uit de periode 2005-2015 weergegeven. Uit de grafiek blijkt dat op vrijwel alle locaties het zuurstofgehalte in de zomer onder de 5 mg/l duikt. Op enkele locaties treden zelfs vrijwel zuurstofloze omstandigheden op (<2 mg/l).



Figuur 4.21. Zuurstofgehalte op verschillende locaties (voor de ligging van de locaties zie box monitoring waterkwaliteit en ecologie in hoofdstuk 5)

Conclusie zuurstof

Het zuurstofgehalte duikt op verschillende locaties onder de 5 mg/l. Soms treden nog lagere gehalten op. Deze gehalten zijn beperkend voor de levensgemeenschap van stromend water.

4.8 Bodemsubstraat

Ondergrond

Het beddingmateriaal van het Koningsdiep zal oorspronkelijk hebben bestaan uit gevarieerde afzettingen van zand en beekleem van de oorspronkelijke fluvioperiglaciale afzettingen. Deze kenmerken zich door een grote variatie in textuur en korrelgrootte. Door normalisaties, verbreding en verdieping zijn deze thans nauwelijks meer terug te vinden. Door de overdimensionering vindt op grote schaal sedimentatie van slib plaats. Hierdoor bestaat

de bedding nu grotendeels uit een uniform mengsel van matig fijn zand en slib. De korrelgrootteverdeling is nog niet bepaald, maar de D50 wordt geschat op 180 µm.

Monitoringinformatie

Er is geen monitoringinformatie beschikbaar over het bodemsubstraat (percentage grind, zand, slib, e.d.). Er is wel informatie bekend over de vegetatiebedekking in de zomerperiode. Daarnaast zijn er enkele waarnemingen van de slibdikte, gekoppeld aan de monsternamen van vegetatie en macrofauna. Daarnaast is tijdens het veldbezoek van 20 maart 2015 (kanotocht over de middenloop en bovenloop tussen de Bakkeveensevaart en De Poasen) de substraatsamenstelling globaal geïnventariseerd.

Tabel 4.3. Gemiddelde bedekking met vegetatie (% , verticale projectie) en gemiddelde slibdikte (cm) in de periode 2010-2014

Parameter	1019	0068	0264
Bedekking drijfbladplanten (%)	35	8	10
Bedekking emerse vegetatie (%)	1	9	6
Bedekking flab of darmwier (%)	0	0	1
Bedekking kroos of kroosvaren (%)	0	0	2
Bedekking submerse vegetatie (%)	17	22	26
Slibdikte (cm)	1	2	6

In tabel 4.3 is de beschikbare informatie over het bodemsubstraat in de periode 2010-2014 samengevat. De bodem van de bovenloop tussen de Bakkeveensevaart en (grofweg) de stuw Molenlaan bestaat uit uniform fijn zand en slib. Richting de stuwen nemen de waterdiepte en de dikte van de sliblaag toe. Vanaf de stuw Molenlaan gaat het substraat langzaam over naar grover zand en (kei)leem. Bovenstrooms van De Poasen bestaat het substraat uit hard (kei)leem met weinig slib. Net achter de knip bij De Poasen (stuk ten westen van de duiker) tot aan de Poasbrug is een dikke laag uniform organisch slib aanwezig. Verderop in de Hemrikerscharren bestaat de bodem uit (uniform) fijn zand en slib.

Organische substraten ontbreken waarschijnlijk ook, met uitzondering van trajecten waar dood hout in de beek wordt toegestaan, zoals in het traject bovenstrooms de Poasbrug ter hoogte van De Poasen.

Conclusie bodemsubstraat

De bedding bestaat grotendeels uit een uniform mengsel van matig fijn zand en slib. Ter hoogte van De Poasen komt een dikke sliblaag voor (negatief) in combinatie met hout in de waterloop (positief).

5 Toestand Kaderrichtlijn Water (KRW)

5.1 Chemische toestand

De chemische toestand van het oppervlaktewater wordt vanuit de KRW beoordeeld aan de hand van 33 prioritaire stoffen waarvoor op Europees niveau milieukwaliteitsnormen worden vastgesteld. Daarnaast zijn er 12 nieuwe prioritaire stoffen aangewezen waarvoor Nederland in 2018 een voorlopig monitoring- en maatregelenprogramma moet hebben opgesteld.

Uit de toetsing over de periode 2011-2014 door Ecofide (2015) blijkt dat de chemische toestand in het Koningsdiep 'goed' is: alle stoffen voldoen aan de (voorlopige) normen. Wel moet worden opgemerkt dat er alleen gegevens van de metalen en ammonium beschikbaar waren.

5.2 Ecologische toestand

De ecologische toestand wordt bepaald aan de hand van biologische kwaliteitselementen, de biologie ondersteunende stoffen en de specifieke verontreinigende stoffen. De ecologische toestand voor het Koningsdiep weergegeven in tabel 5.1.

Van de biologische kwaliteitselementen voldoet geen enkel kwaliteitselement aan de doelstelling (GEP, Goed Ecologisch Potentieel). Hierbij ligt de score voor macrofyten nog vrij dicht bij de doelstelling; dit is niet het geval voor vissen en macrofauna. De biologie ondersteunende stoffen zijn in orde, met uitzondering van fosfaat; hier is sprake van een flinke normoverschrijding. Verder ligt de toetswaarde voor zuurstof dichtbij de grens goed-matig. Van de specifiek verontreinigende stoffen voldoet alleen Cobalt niet aan de norm. De huidige norm voor kobalt is echter niet op ecologische risico's maar op de humane risico's gebaseerd en daarbij gelijk gesteld aan de achtergrondconcentratie (Ecofide, 2015). Hogere concentraties kunnen worden toegeschreven aan hogere DOC-concentraties (opgeloste organische koolstof). Bij verificatie middels metingen in biota mag men verwachten dat de normwaarde voor biota niet wordt overschreden en er dus geen ecologische risico's gelden (Ecofide, 2015).

Tabel 5.1. Ecologische toestand KRW

	Waarde	GEP	Kwaliteitsoordeel
Biologische kwaliteitselementen			
- Macrofyten	0,56	0,60	Matig
- Macrofauna	0,30	0,50	Ontoereikend
- Vissen	0,09	0,40	Slecht
Biologie ondersteunende stoffen			
- Totaal stikstof (mg/l)	1,5	≤2,3	Goed
- Totaal fosfor (mg/l)	0,17	≤0,11	Matig
- Chloride (mg/l)	32	≤150	Goed
- Temperatuur (oC)	20	≤25	Goed
- Zuurgraad (pH)	7,4	5,5-8,5	Goed
- Zuurstof (%)	72	70-120	Goed
Specifieke verontreinigende stoffen			
- Cobalt (µg/l)	0,31-0,41	0,20*	Niet goed

Bron: Witteveen en Bos, 2015 en Ecofide, 2015; *= JG-MKN

Box: monitoring waterkwaliteit en ecologie

Ten behoeve van deze rapportage zijn alle beschikbare meetgegevens uit de periode 2005-2015 gebruikt. In het Koningsdiep wordt de waterkwaliteit op één locatie routinematig gemeten: meetpunt 0068 (brug Opper Haudmare). De biologie wordt op meerdere locaties routinematig gemeten, zie onderstaande tabel. De overige meetpunten zijn in het kader van projectmonitoring bemonsterd; op deze locaties zijn vaak beperkt metingen uitgevoerd. De ligging van de meetpunten is weergegeven in figuur 3.1.

Tabel: Meetlocaties waterkwaliteit en ecologie

Locatie	Omschrijving	Meetnet
0058	Bakkeveensevaart	Vervallen
1019	Dwarswijk, bovenloop Koningsdiep	Routine
0625	Slotplaats	Project
0068*	Brug Opper Haudmare	Routine
0265	Poasbrug	Project
0264	Brug Lippenhuizen	Routine

*Meetpunt waterkwaliteit voor de rapportage vanwege de KRW zoals weergegeven in tabel 5.1.

6 Biologische toestand nader bekeken

6.1 KRW

De toestand voor de biologische kwaliteitselementen volgens de KRW-maatlatten (van der Molen et al., 2012) is weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1. Ecologische toestand KRW

Kwaliteitselement	Locatie	KRW-score	GEP	Kwaliteitsoordeel
Macrophyten	Totaal	0,57	0,60	Matig
-fytobenthos	0068	0,57		
- macrofyten	0068	0,58		
	0264	0,55		
Macrofauna	Totaal	0,30	0,50	Ontoereikend
	0068	0,32		
	0264	0,28		
Vissen	Totaal	0,09	0,40	Slecht
	Mouneleane (~0068)	0,03		
	Brug Lippenhuizen (0264)	0,18		
	Sweachsterwei	0,06		

De macrofyten worden beoordeeld als 'matig', maar de score ligt vrij dicht bij de doelstelling (GEP). Op beide onderzochte locaties scoren zowel de groeivormen, de soortensamenstelling als het fyto­benthos matig, maar bijna goed. De score voor de groeivormen wordt negatief beïnvloed door de deelmaatlat 'oever'. Deze deelmaatlat is gedefinieerd als het percentage van de oeverlengte met een kenmerkende oeverbegroeiing (doorgaande houtachtige begroeiing); deze is vrijwel afwezig. De overige groeivormen scoren goed tot zeer goed: flab en kroos zijn bijvoorbeeld vrijwel afwezig.

De toestand voor macrofauna is 'ontoereikend'. De voornaamste reden voor de lage score is het vrijwel geheel (locatie 0068) of zelf geheel (locatie 0264) ontbreken van kenmerkende en positief dominante soorten. Kenmerkende soorten zijn soorten die van nature in beken thuishoren (met name soorten van stromend water met de bijbehorende natuurlijke substraatvariatie), positief dominante soorten zijn soorten die hierbij ruim vertegenwoordigd zijn. De negatief dominante soorten (met name soorten van stilstaand water) zijn wel goed vertegenwoordigd.

De toestand voor vis wordt beoordeeld als 'slecht'. Het aandeel stromingsminnende soorten is laag, net als de relatieve abundantie van de migrerende soorten en habitat gevoelige soorten. Van de drie onderzochte trajecten scoort het traject Lippenhuisterbrug het beste (monsterpunt 264). Hier is de relatieve abundantie van habitat gevoelige soorten groter (m.n. Vetje).

6.2 EBEO

In tabel 6.2 is de ecologische toestand volgens de ecologische beoordelingsmethoden van de STOWA weergegeven (EBEO-systematiek, Franken et al., 2006). De oorspronkelijke systematiek voor stromende wateren was alleen gebaseerd op macrofauna, later zijn daar enkele abiotische maatstaven aan toegevoegd (stroomsnelheid, morfologie, zuurstofhuishouding, nutriëntenhuishouding). De toetsresultaten uit tabel 5.2 zijn gebaseerd op macrofaunamonsters, met uitzondering van de jaren 2009 en 2010 op locatie 0068: hier zijn ook meetgegevens van zuurstof en nutriënten gebruikt.

Tabel 6.2. Ecologische toestand volgens de EBEO-systematiek

Locatie	Naam	Karakteristiek	2006	2008	2009	2010	2012
0625	Bakkeveen	Stroming	1				
		Saprobie	3				
		Trofie	3				
		Substraat	1				
		Voedselstrategie	2				
0068	Opper Haudmare	Stroming			3*	2*	3
		Saprobie			3*	3*	3
		Trofie			3*	3*	3
		Substraat			2*	2*	3
		Voedselstrategie			2*	2*	2
0265	Poasbrug	Stroming	1				
		Saprobie	3				
		Trofie	3				
		Substraat	2				
		Voedselstrategie	2				
0264	Lippenhuisterbrug	Stroming		1		2	1
		Saprobie		3		4	3
		Trofie		3		1	3
		Substraat		2		3	3
		Voedselstrategie		2		2	2

*incl. abiotische meetgegevens (zuurstofhuishouding en nutriëntenhuishouding)

In de macrofaunalevensgemeenschap zijn weinig indicatoren voor stroming aanwezig: deze maatstaf scoort op de meeste locaties daarom slecht (kwaliteitsklasse 1). Uitzondering is locatie 0068; hier is hun relatieve aandeel iets groter. De toestand met betrekking tot saprobie (zuurstofhuishouding) en trofie (voedselrijkdom) is over het algemeen matig; dit betekent dat er diverse indicatoren aanwezig zijn die wijzen op een verstoring van deze karakteristieken. De karakteristieken substraat en voedselstrategie scoren over het algemeen ontoereikend. De scores van de onderliggende maatstaven wijzen op het ontbreken van blad als substraat, terwijl planten en slib wel aanwezig zijn (zij het niet dominant).

7 Synthese



In de synthese worden de resultaten van de watersysteemanalyse (hoofdstuk 4) en de biologische toestand (hoofdstuk 5 en 6) samengevat en met elkaar in verband gebracht. De watersysteemanalyse is gebaseerd op ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren. Met deze sleutelfactoren worden de belangrijkste standplaatsfactoren en conditionerende (bepalende) factoren voor beekorganismen beschreven, zie hoofdstuk 2. In dat kader spreken we van een aquatisch ecologische watersysteemanalyse of watersysteemanalyse vanuit aquatisch ecologisch perspectief. Vegetaties in het beekdal en relaties met het grondwater blijven buiten beschouwing. Dit aspect is bovendien al vrij uitgebreid verkend in diverse verkenningen (o.a. Werkgroep beekdalherstel, 2013 en Meijer, 2014).

In tabel 7.1 zijn de resultaten van de watersysteemanalyse op basis van de sleutelfactoren uit hoofdstuk 2 samengevat. Daarbij is (kwalitatief) aangegeven of de sleutelfactoren in orde zijn of niet.

Tabel 7.1. Samenvatting watersysteemanalyse op basis van ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren

Ecologische sleutelfactor	Toestand	Toelichting
Afvoer	☹️	Hoge piekafvoeren Lage afvoeren zomerperiode
Connectiviteit	☹️	Stuwen vormen een obstakel voor sedimenttransport Aanwezigheid bronpopulaties onwaarschijnlijk
Verhang	😊	Groot deel bereikbaar voor vis
Waterplanten (weerstand)	☹️	Weinig verhang aanwezig
Hydromorfologisch complex	😊	Lokaal waterplantengroei, niet overmatig
- stroming	☹️	Te laag gedurende te lange periode
- sedimenttransport	☹️	Alleen sedimentatie
- profiel	☹️	Overgedimensioneerd
Oeverbegroeiing	☹️	Te weinig bosschages
Zuurstof	☹️	Regelmatig < 5 mg/l
Bodemsubstraat	☹️	Uniform slib/ fijn zand



Sleutelfactor in orde



Sleutelfactor deels in orde



Sleutelfactor niet in orde

Uit de tabel blijkt dat geen enkele sleutelfactor in orde is. Over het algemeen wordt dus niet voldaan aan de voorwaarden voor een gezond en gevarieerd stromend water ecosysteem. Het afvoerpatroon bevat hoge pieken en lange perioden van (vrijwel) geen afvoer. De aanwezige stuwen verhinderen het transport van sediment en organismen. Wel is een groot deel van het Koningsdiep bereikbaar voor vissen.

Door het zeer kleine verhang in combinatie met de overgedimensioneerde profielen en de afvoerdynamiek zijn er langdurige perioden met stroomsnelheden lager dan 5 cm/s. Dergelijke stroomsnelheden zijn zeer ongunstig voor de morfodynamiek: er is niet genoeg sedimenttransporterend vermogen waardoor er geen gevarieerd stroombeeld met bijbehorende variatie in de beddingdimensies kan ontstaan. Er treedt vrijwel overal alleen sedimentatie op van fijn zand en slib, hierdoor is er weinig variatie in de samenstelling van het bodemsubstraat. In uniform matig fijn zand en slib is de abundantie van stromingsminnende organismen klein en is sprake van een geringe biodiversiteit.

Positief is dat het Koningsdiep niet overal wordt gedomineerd door waterplanten. Dit hangt waarschijnlijk samen met het profiel (vrij diep) in combinatie met de aanwezigheid van zwevend stof, met name in het traject Bakkeveense vaart – De Poasen. Het Koningsdiep is slechts her en der beschaduwed; beschaduwing vormt dus slechts zeer lokaal een beperking voor de groei van waterplanten.

Het is niet helemaal duidelijk waarom het zuurstofgehalte niet in orde is in de zomerperiode. Er zijn weinig bronnen voor saprobiërende stoffen in het stroomgebied, zie paragraaf 3.6. Waarschijnlijk spelen lokale processen een rol. Zo is bekend dat waterplanten 's nachts zuurstof consumeren en 's zomers voor sterke dag-nacht fluctuaties in het zuurstofgehalte kunnen zorgen. Bovendien is er op enkele locaties een dikke baggerlaag aanwezig, zoals in het Koningsdiep ter hoogte van De Poasen. Tenslotte is er in perioden met weinig afvoer sprake van stagnatie (stilstaand water). Dit water warmt snel op waardoor algenbloei en zuurstofloze situaties kunnen ontstaan.

De resultaten van de watersysteemanalyse stemmen goed overeen met de geschetste biologische toestand in hoofdstuk 5 en 6. Karakteristieke planten en dieren van een stromende beek ontbreken nagenoeg in het Koningsdiep. In het water komen planten en vissen voor die algemeen zijn voor vaarten met voedselrijk water. Er zijn diverse indicatoren aanwezig die wijzen op een verstoring van de saprobie (zuurstofhuishouding) en trofie (voedselrijkdom). Bovendien wijst de macrofaunalevensgemeenschap op het ontbreken van blad als substraat, terwijl planten en slib wel aanwezig zijn (zij het niet dominant). Dit stemt goed overeen met de conclusie voor de sleutelfactoren 'oeverbegroeiing', 'zuurstof' en 'bodemsubstraat'.

8 Effect van maatregelen



8.1 Voorgenomen maatregelen

Op dit moment zijn twee maatregelen in uitvoering in het traject De Poasen – Sweachsterwei, wordt een beekpassage onder de rijksweg A7 aangelegd en worden de mogelijkheden onderzocht voor beekherstel op het traject Bakkeveensevaart – De Poasen:

- Opheffen knip/ nieuwe bedding met vistrappen langs De Poasen (in uitvoering)
- Vispassage stuw Sweachsterwei (in uitvoering)
- Opheffen knip bij de A7 (in uitvoering)
- Hermeanderen Bakkeveensevaart – De Poasen (in planvorming DLG/ Provincie)

In deze paragraaf wordt het effect van deze maatregelen globaal verkend aan de hand van de afvoer en stroming ('hydromorfologisch complex') als beeldbepalende sleutelfactoren voor het voorkomen van kenmerkende beekorganismen.

Opheffen knip/ nieuwe bedding met vistrappen langs De Poasen (in uitvoering)

Maatregelen

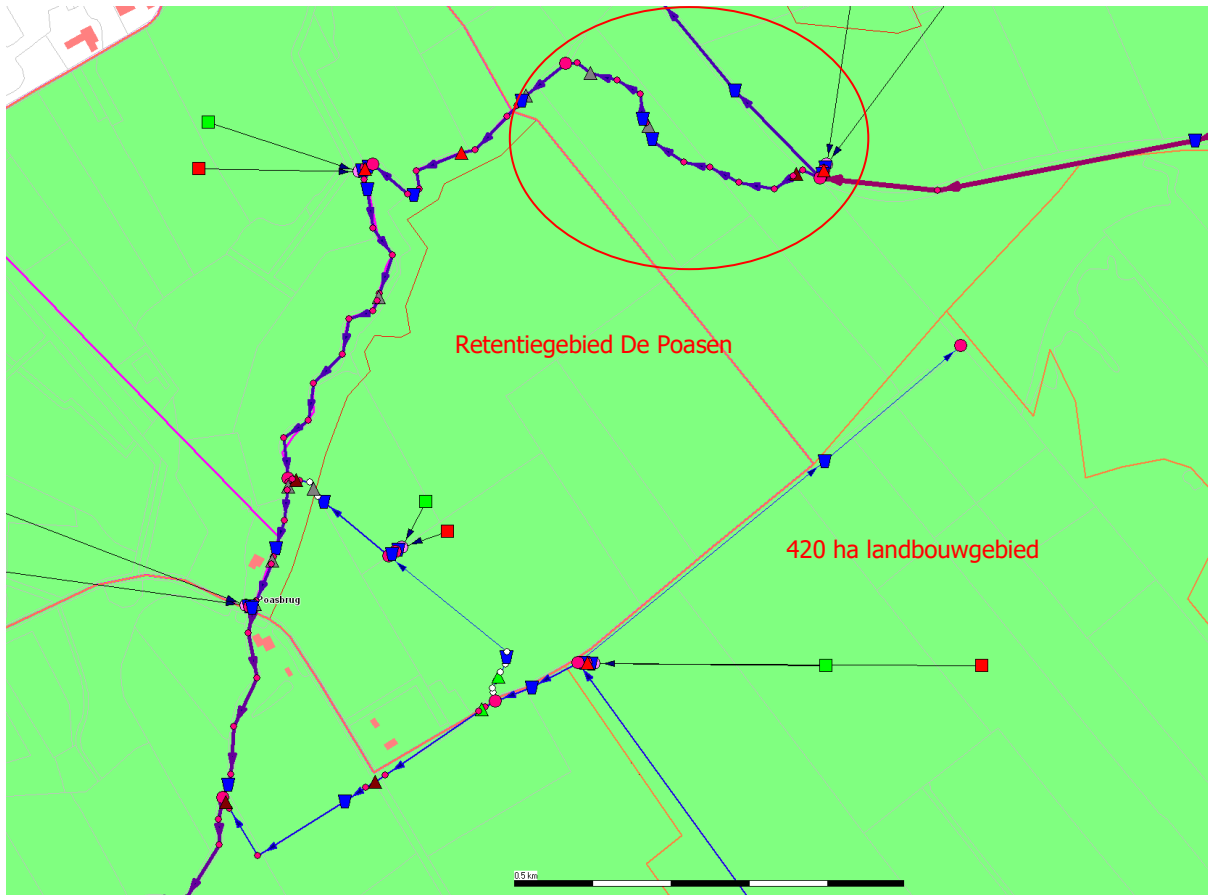
In 2015 is een nieuwe bedding aangelegd die het traject Bakkeveense vaart – De Poasen hydrologisch verbindt met het traject De Poasen - Sweachsterwei, zie de rode ellips in figuur 8.1. Hiermee wordt de 'knip' opgeheven. De hoeveelheid water die door de nieuwe bedding gaat, wordt gereguleerd door een inlaatwerk bestaande uit een duiker met schuif in combinatie met het beheer van de stuw Heidehuizen. Bij de inlaat is een nieuw meetpunt geplaatst, zie de foto.

In de nieuwe bedding en verder benedenstrooms tot de Poasbrug zijn in totaal 7 drempels aangelegd om het verval op te vangen, zie de foto in paragraaf 1.1. De V-vormige drempels zijn vispasseerbaar. Daarnaast is de afwatering van 420 hectare landbouwgrond ten zuidoosten van De Poasen verlegd van het Verbindingskanaal naar het benedenstroomse traject van het Koningsdiep, net benedenstrooms van de Poasbrug. In de Poasen is een retentiegebied aangelegd om de afvoerpieken uit dit landbouwgebied op te vangen. Het retentiegebied dient tevens als rust-, paai- en opgroeigebied voor vis.

De maatregelen hebben betrekking op de sleutelfactoren 'afvoer' en 'connectiviteit'.

Effect van de maatregelen

Om de effecten van de uitgevoerde maatregelen te verkennen, is een Sobek-model van Antea gebruikt (KD_DLG.lit), zie figuur 8.1. Met dit model is de gemeten en gevalideerde periode van 2008 opnieuw doorgerekend en beschouwd. Om de situatie van de kalibratieperiode in 2008 te simuleren, zijn als randvoorwaarde voor het debiet de resultaten van het geoptimaliseerde deelmodel gehanteerd. Met de afvoeren van het deelmodel kan worden bepaald hoe de afvoeren zouden zijn geweest. Deze zijn afhankelijk van de afvoeren en de peilen in het Verbindingskanaal.

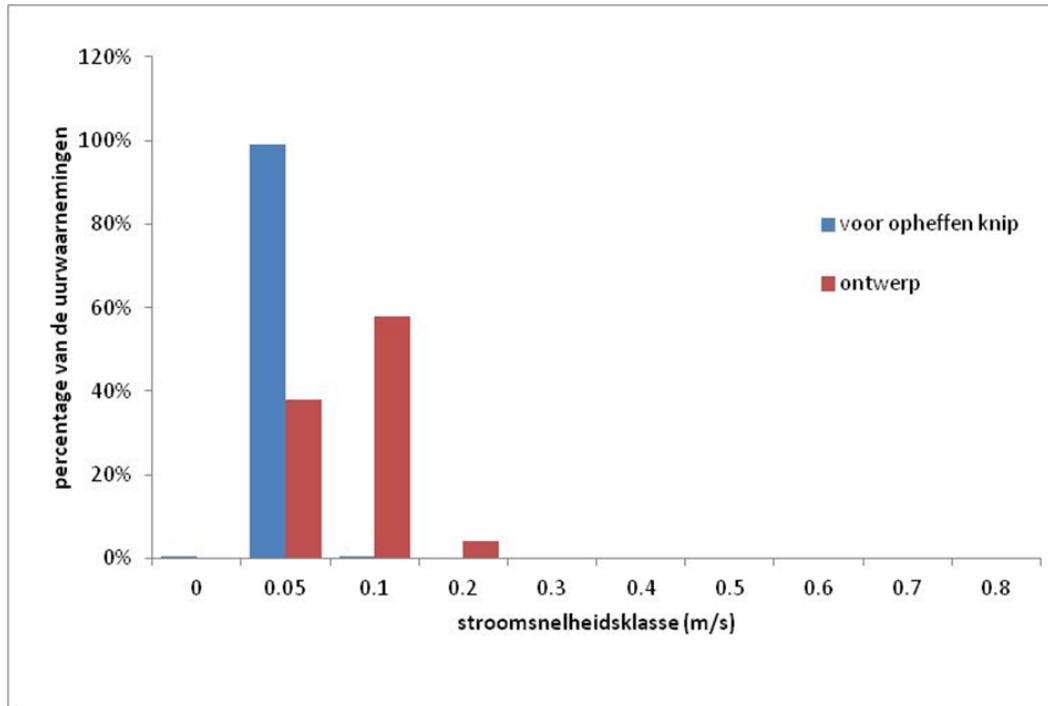


Figuur 8.1. Ligging nieuwe bedding bij de Poasen (rode ellips)

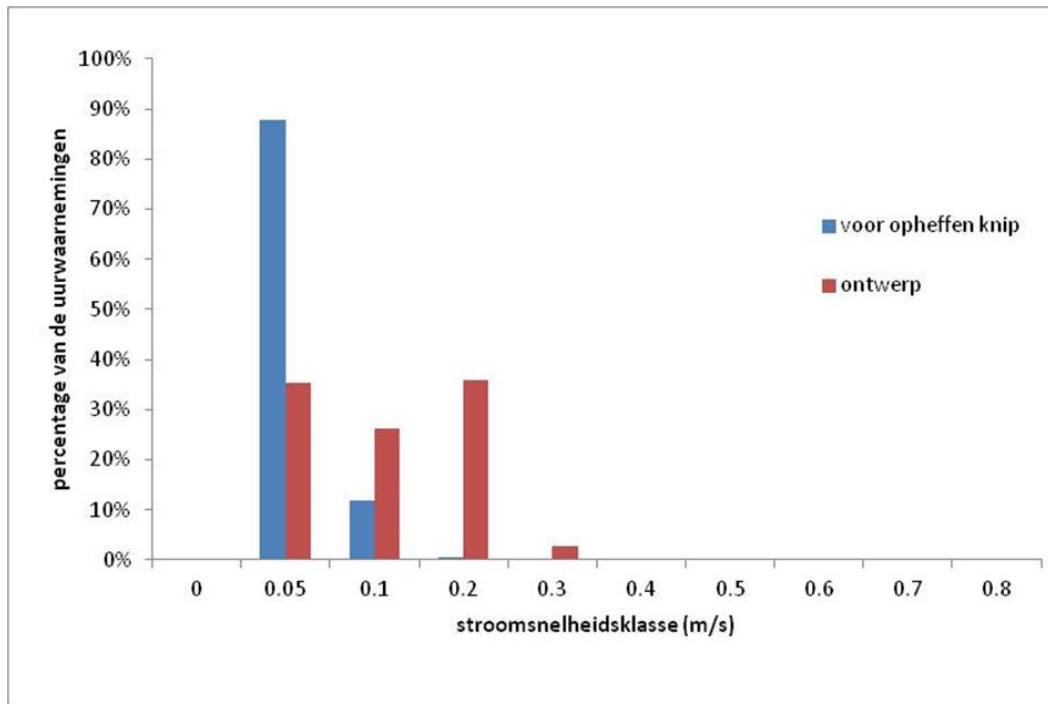


Foto: Inlaatwerk van de nieuwe bedding met meetpunt voor oppervlaktewater bij De Poasen (links) en achterzijde van het inlaatwerk (rechts) (foto's Roy Laseroms)

In figuur 8.2 en 8.3 zijn de effecten van de maatregelen op de stroomsnelheid bij de Poasbrug en Sweachsterwei weergegeven. De resultaten zijn weergegeven als frequentieverdeling. Bij een frequentieverdeling worden alle berekende waarden van de stroomsnelheid over een bepaalde periode (in dit geval een jaar) toebedeeld aan een stroomsnelheids-klasse en als frequentie van voorkomen weergegeven in een histogram.



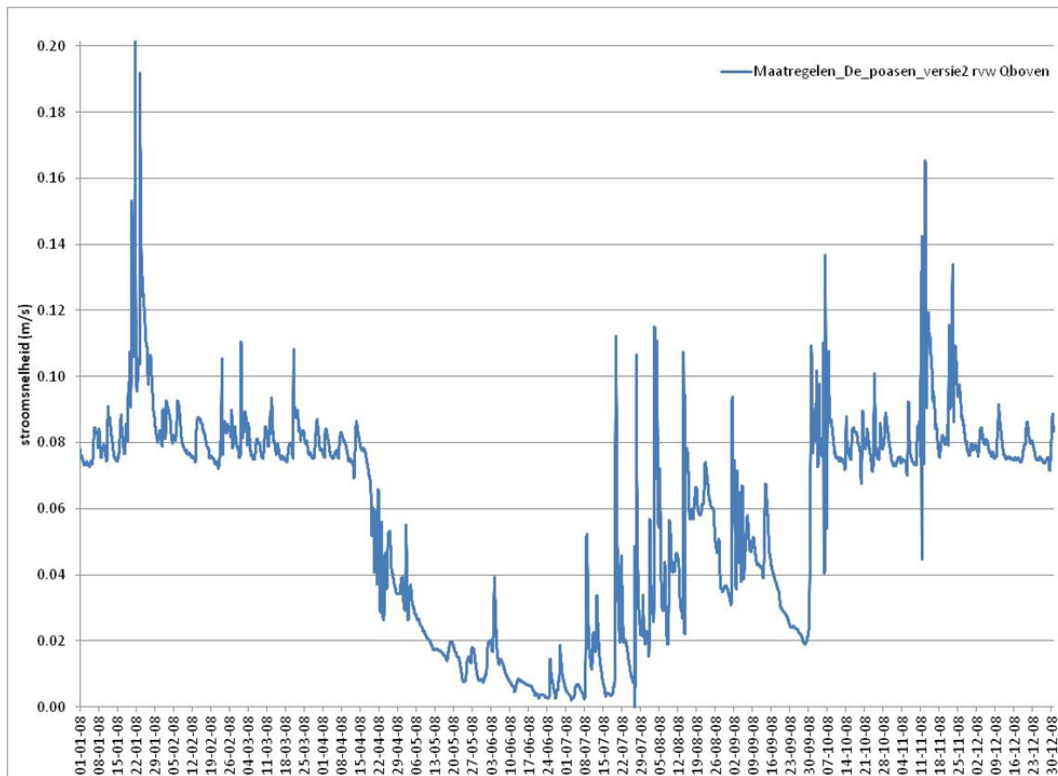
Figuur 8.2. Frequentieverdeling van de stroomsnelheid bij Poasbrug. Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.



Figuur 8.3. Frequentieverdeling van de stroomsnelheid bij Sweachsterwei. Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.

Ten opzichte van de oorspronkelijke situatie is er een verbetering in de diversiteit van de stroomsnelheid zichtbaar. Door het opheffen van de knip wordt het debiet in benedenloop groter en nemen ook de stroomsnelheden toe. De stroomsnelheden zijn echter nog altijd te laag voor voldoende transport van fijn sediment en zullen nog steeds leiden tot een uniform substraat (zie box Hjulström diagram in paragraaf 2.3). Gedurende de zomers zijn er bovendien nog steeds te lange perioden met zeer lage stroomsnelheden, zie figuur 8.4.

In de berekeningsresultaten komen overigens op enkele plekken constant zeer hoge stroomsnelheden voor (ca. 1 m/s), o.a. bij de inlaatduiker en enkele drempels. Mogelijk wijst dit op een knelpunt voor de vismigratie. Dit kan worden gemonitord in het veld.



Figuur 8.4. Berekende stroomsnelheden benedenstrooms Poasbrug gebaseerd op 2008

Effect op de ecologie

Als gevolg van de maatregelen treedt er een lichte verbetering op van de stroomsnelheden op het traject De Poasen – stuw Sweachsterwei. De stroomsnelheden zijn echter nog altijd te laag voor voldoende transport van fijn sediment en zullen nog steeds leiden tot een uniform substraat. Naar verwachting is de verbetering dus onvoldoende voor het ontstaan van karakteristieke habitats van stromend water en de bijbehorende soorten.

Vispassage stuw Sweachsterwei (in uitvoering)

Maatregel

In 2015 is de stuw Sweachsterwei vervangen en voorzien van een vistrap (zie foto paragraaf 4.2). Hierbij is de klepbreedte van de stuw versmald. De maatregel heeft betrekking op de sleutelfactor 'connectiviteit'.

Effect van de maatregel

De maatregel heeft betrekking op de passeerbaarheid voor vissen. Door het aanleggen van de vispassage is het Koningsdiep direct bereikbaar geworden voor vis van en naar de boezem (zie ook paragraaf 4.2).

Effect op de ecologie

De visstand benedenstrooms van de stuw bevat weinig tot geen stroomminnende vissen (zie paragraaf 6.1 en Wijmans en Aarts, 2008). Bovendien is er op dit moment nog geen geschikt leefgebied voor deze soorten aanwezig in het Koningsdiep (zie hoofdstuk 7). Mogelijk heeft de vispassage een effect op de visstand, maar naar alle waarschijnlijkheid leidt dit niet tot een toename van typische beekvissen en daarmee tot een verbetering van de score op de KRW-maatlat. Hiervoor moet ook het habitat voor deze soorten worden verbeterd.

Opheffen knip bij de A7

Maatregel

Benedenstrooms van stuw Sweachsterwei wordt een grote onderdoorgang aangelegd bij de Rijksweg A7 (tussen afrit Beetsterzwaag en Gorredijk), zie figuur 8.5. De onderdoorgang wordt ook wel een beekpassage genoemd. De maatregelen hebben betrekking op de sleutelfactoren 'afvoer' en 'connectiviteit'.



Figuur 8.5. Locatie van de onderdoorgang (links) en impressie hoe de onderdoorgang het eruit komt te zien (rechts) (bron: Wetterskip Fryslân)



Foto: Op 29 september 2015 werden de eerste tunnelelementen aangelegd (foto Wetterskip Fryslân)

Effect van de maatregel

Momenteel vormt de A7 een obstakel in de doorstroming van de beek Koningsdiep. De beekpassage verbindt natuurgebieden aan beide zijden van de A7. Hierdoor kan het water van het Koningsdiep doorstromen.

Effect op de ecologie

De beekpassage is met name geschikt voor dieren die veel voorkomen in het water- of oeveromgeving, zoals de otter, ringslang en amfibieën. Door deze nieuwe verbinding krijgen de dieren een groter leefgebied.

Het gedeelte na de stuw Sweachsterwei behoort tot de boezem (boezempeil 0,52 m-NAP) en kent weinig tot geen maaiveldverhang. In de huidige situatie (na vernieuwing van de stuw en aanleg van de vispassage bij stuw Sweachsterwei) zijn de kansen voor kenmerkende beekprocessen in het benedenstroomse traject beperkt (stroming en substraat); maatregelen zullen weinig opleveren in termen van kenmerkende, stromingsgebonden KRW-organismen. Dat wil niet zeggen dat maatregelen hier niet zinvol zijn: het aankoppelen van benedenstrooms gebied en overstroming van laaggelegen gebieden is uitermate zinvol vanuit landschappelijke waarde en leefgebied voor bovengenoemde dieren en planten van stagnant water.

Hermeanderen Bakkeveensevaart – De Poasen (in planvorming DLG/ Provincie)

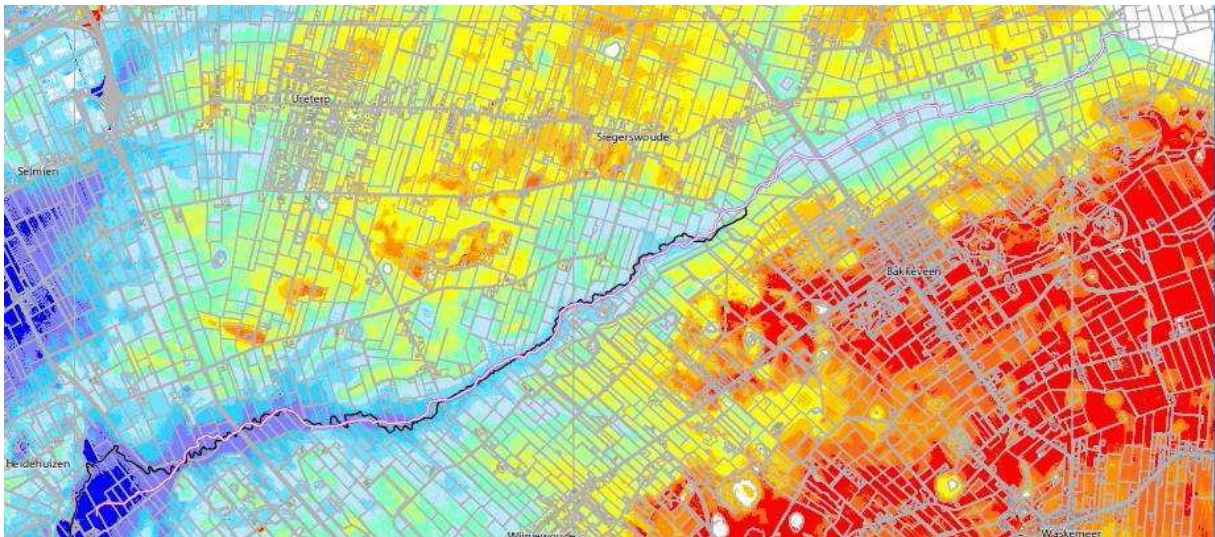
Maatregel

Voor het traject Bakkeveensevaart – De Poasen zijn vrij recent de mogelijkheden verkend om het Koningsdiep te versmallen en te verondiepen (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013; Gereadts en Meijer, 2011). De maatregelen hebben met name betrekking op de sleutelfactoren afvoer, verhang en profiel (hydromorfologisch complex).

De ligging en de dimensionering van de beekloop liggen nog niet vast. Op dit moment zijn beide slechts globaal uitgewerkt volgens enkele algemene uitgangspunten van de planvorming (Gereadts en Meijer, 2011):

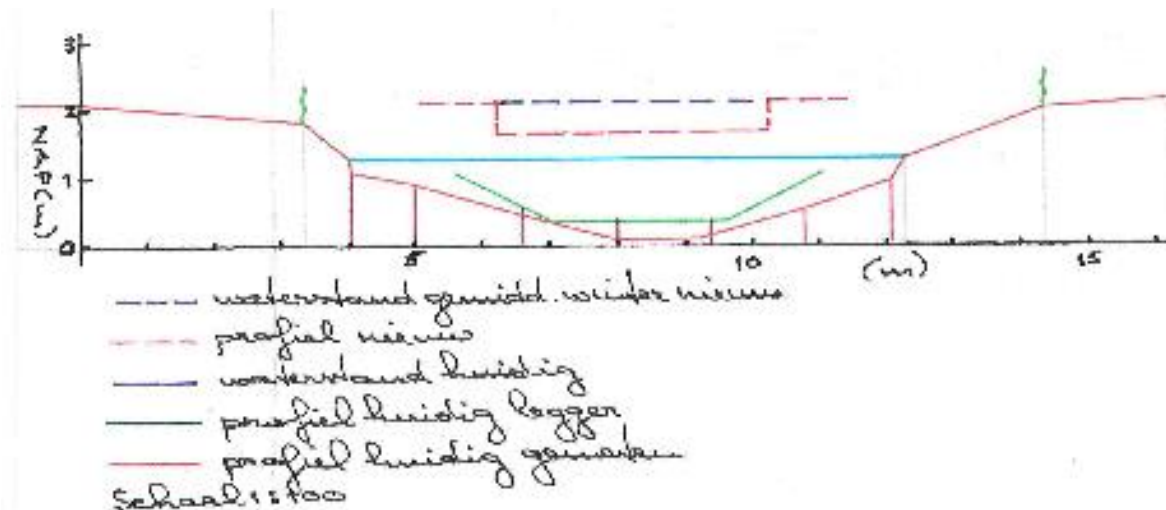
1. De natuurlijke beek volgt de laagste lijn door het beekdal.
2. De beek is een ondiep en rechthoekig 'bakje' van 2,5 m breed en 0,35 m diep.
3. Bij gemiddelde afvoer in het winterhalfjaar (20% afvoer) staat de waterstand op het niveau van het aangrenzende maaiveld.
4. Het waterniveau volgt een vloeiende lijn, die min of meer gelijk afloopt met de daling van het maaiveld in het beekdal.

Bij het bepalen van het nieuwe tracé van de beek is gebruik gemaakt van de hoogtemetingen van het Algemeen Hoogtebestand Nederland uit 2010, zie figuur 8.6.



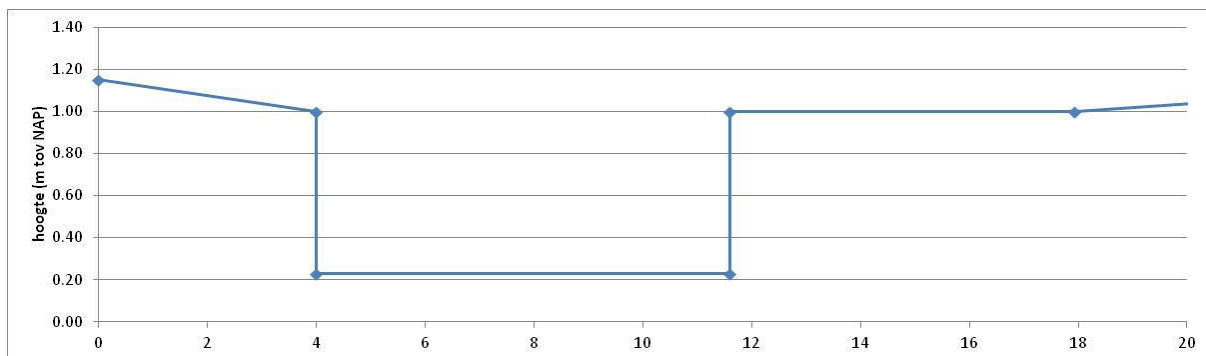
Figuur 8.6. Hoogtekaart waarop zowel de oude meanders (donkerblauwe kronkellijn) als de nieuwe voorgestelde beekloop is geprojecteerd (wit). De voorgestelde beekloop volgt de laagste punten van het maaiveld (Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013).

Onderstaande figuur geeft als indicatie het dwarsprofiel van het Koningsdiep halverwege de stuwen Beakendyk en Molenlaan. Voor de grootte van het bakje is hier aanvankelijk uitgegaan van 2,5 m x 35 cm. De waterstand komt hier in de gemiddelde wintersituatie (20% afvoer) op NAP+2.00 m.



Figuur 8.7. Schets van het dwarsprofiel tussen de huidige stuwen Beakendyk en Molenlaan (Geraedts en Meijer, 2011)

De dimensies van het 'bakje' (punt 2) worden nog nader onderzocht. In een SOBEM-model van Antea dat door het waterschap is gebruikt in de planvorming, wordt uitgegaan van aanzienlijk bredere profielen (van bijna 8 meter) met steile oevers, zie figuur 8.8. In het model is de loop van de beek nog ongewijzigd: het tracé met de meanders uit figuur 8.6 zitten niet in het model en het verhang is daardoor maximaal. Ook het opheffen van de knip is niet in het model opgenomen (opheffen knip/ nieuwe bedding met vistrappen langs De Poasen, zie het begin van deze paragraaf).



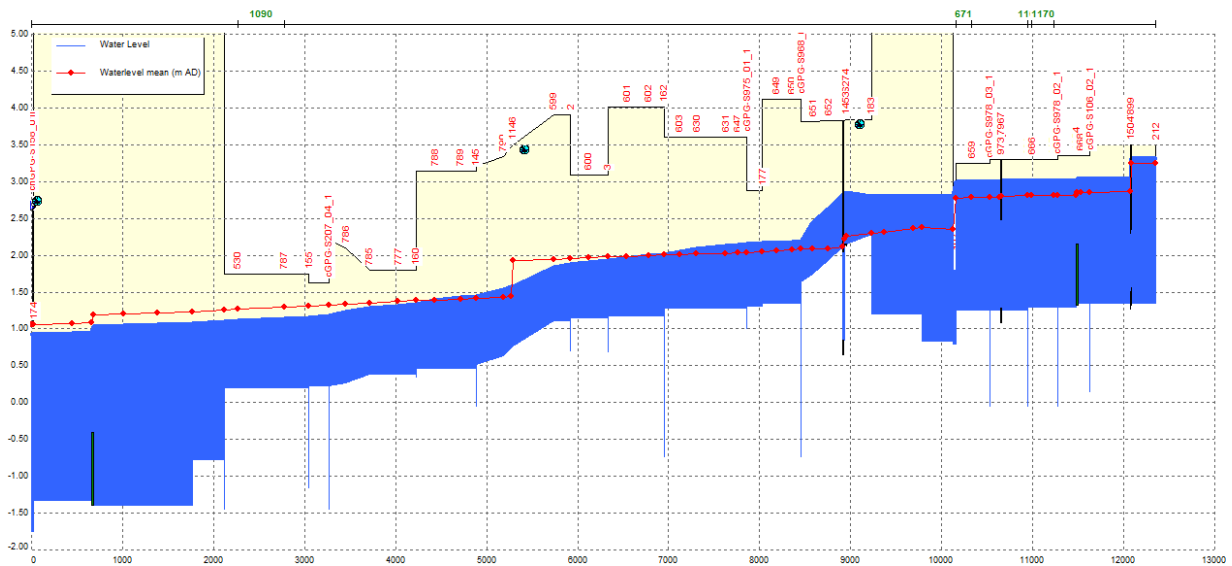
Figuur 8.8. Ontwerpprofiel (copy_47_bees) op het traject Baekendyk - De Poasen

In het ontwerp is verder net bovenstrooms van het nieuwe tracé (blauwe lijntje in figuur 8.6) een peilverhoging voorzien. Dit is bovenstrooms van de Beakendijk en bij de Mjumer, bovenstrooms van de Bakkeveense vaart (zie ook Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013). Hierdoor wordt naar de Poasen een groter waterspiegelverhang gecreëerd; het gebied De Mjumer doet daarbij dienst als bergingsgebied. Het idee is dat de pieken worden opgevangen en vertraagd worden afgevoerd, hierdoor ontstaat een beter gespreide afvoer.

Effect van de maatregel

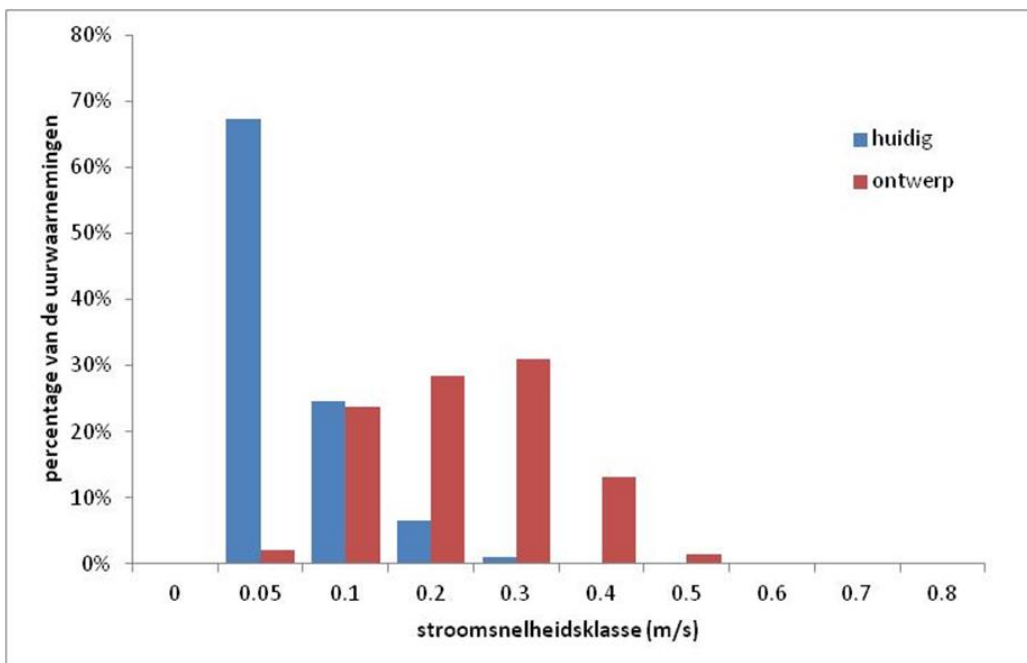
In onderstaande figuur zijn de peilen bij een stationaire 50% maatgevende afvoer (bovenkant blauwe vlak) op het traject Bakkeveense vaart -De Poasen weergegeven en vergeleken met de bestaande situatie (rode lijn). Aan de rechterkant van de figuur is de peilverhoging bovenstrooms van de Beakendyk goed zichtbaar. Op de rest van het tracé zijn de verschillen zeer gering.

Bij een stationaire berekening van een 50% maatgevende afvoer bedraagt het door DLG aangenomen debiet bij Molenlaan net iets meer dan 1 m³/s. Deze situatie doet zich in de periode van 1-1-2007 tot 31-12-2010 in 3,6% van de tijd voor.

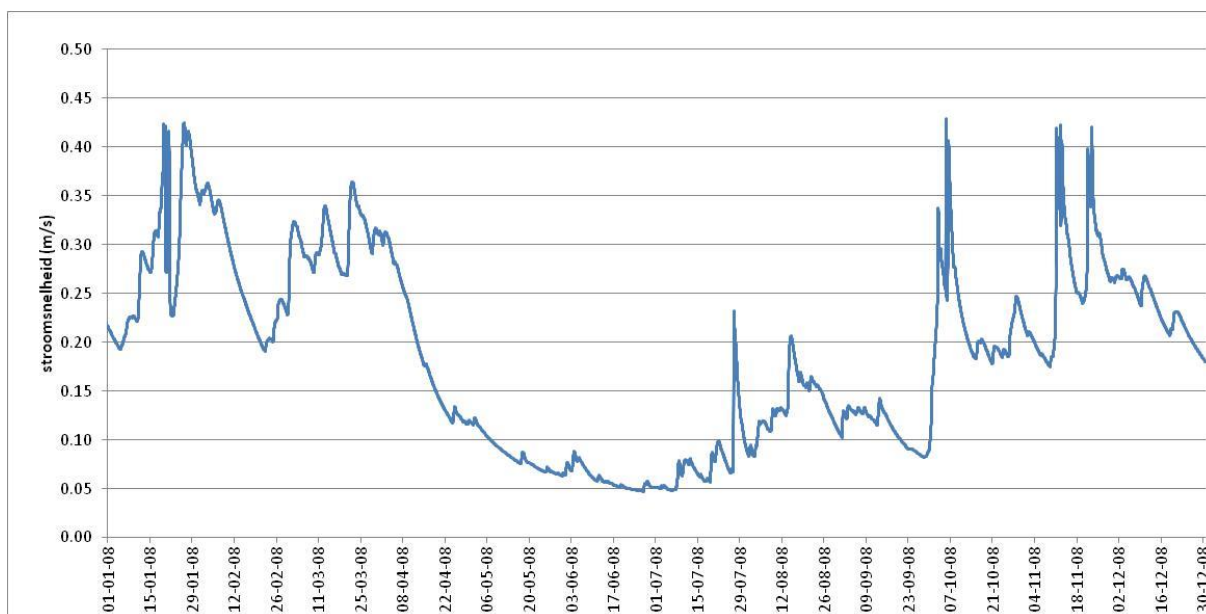


Figuur 8.9. Lengteprofiel met maximale peilen van het ontwerp traject Bakkeveensevaart - De Poasen berekend met het deelmodel (rood is het peil in de huidige situatie).

Uit een doorrekening van het model voor het jaar 2008 blijkt dat de stroomsnelheden vooral ter hoogte van de (fictief opgeheven) stuw Molenlaan verbeteren, zie figuur 8.10. Hier is het verhang het grootste en zijn de stroomsnelheden beduidend hoger dan in de huidige situatie, maar alleen bij piekafvoeren hoger dan 40 cm/s. Op andere locaties met minder verhang is het beeld ongunstiger. Bovendien zijn de stroomsnelheden gedurende het grootste deel van de zomer nog steeds lager dan 10 cm/s, zie figuur 8.11.



Figuur 8.10. Frequentieverdeling van de stroomsnelheid ter hoogte van de -fictief opgeheven- stuw Molenlaan gebaseerd op 2008 (fictief). Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.



Figuur 8.11. Berekende stroomsnelheden ter hoogte van de -fictief opgeheven- stuw Molenlaan gebaseerd op 2008

Ondertussen zullen er bij piekafvoeren regelmatig inundaties optreden. In het geval van grootschalige inundaties zijn met het huidige 1D model geen betrouwbare berekeningen meer te maken en dient de beekdalbodem met een 1D2D model te worden gemodelleerd en doorgerekend.

Effect op de ecologie

Als gevolg van de maatregelen treedt er lokaal een verbetering op van de stroomsnelheden op het traject De Poasen – stuw Sweachsterwei. De verbeteringen zullen echter naar verwachting niet leiden tot herstel van beekgebonden habitats en bijbehorende soorten. Wel zullen regelmatig inundaties optreden. De inundatiezone zal aanslibben met voedselrijk slib waardoor een welige vegetatieontwikkeling en verdere opslibbing zal optreden. Hierdoor zal het beekdal zich waarschijnlijk ontwikkelen tot een voedselrijk doorstroommoeras.

8.2 Verkenning mogelijke maatregelen

Om een beter gevoel te krijgen bij de potenties van het watersysteem, zijn in deze paragraaf een aantal mogelijkheden verkend om de hydrologische en morfologische condities te verbeteren. Hiervoor is in eerste instantie gekeken naar de sleutelfactoren 'afvoer' en 'profiel' (hydromorfologisch complex). De volgende maatregelen zijn verkend:

- Aantakken van bovenstrooms gebied Haulerwijk en Wasmeer
- Varianten traject Bakkeveense vaart – De Poasen
 - Profielen van voor de ruilverkaveling 1960
 - Smal en diep profiel met meanderend tracé
- Verhogen inlaatdebiet bij De Poasen

Aantakken van bovenstrooms gebied Haulerwijk en Wasmeer

Maatregel

In het verleden stroomde het water uit de omgeving rondom Haulerwijk en Wasmeer af naar het Koningsdiep. Op dit moment watert dit gebied af op de Bakkeveense vaart. Met een globale modelberekening zijn de mogelijkheden voor een aankoppeling op het Koningsdiep verkend. De maatregel heeft betrekking op de sleutelfactoren 'afvoer'.

Effect van de maatregel

Het lijkt mogelijk om het grootste deel van het water uit het gebied Haulerwijk Waskemeer af te voeren via het Koningsdiep in plaats van naar de Bakkeveense Vaart. Uit berekeningen blijkt dat daarvoor relatief weinig aanpassingen van de waterlopen nodig zijn. Ook door DLG was dit al getoetst. De afvoer in de zijtak neemt wel toe maar in de zomer is de afvoer toch erg gering (minder dan 50 l/s). Het positieve effect is dat er meer water door het Koningsdiep stroomt, maar ook dan treden er nog steeds langdurig zeer lage stroomsnelheden op in droge perioden. De maatregel leidt dus niet tot een verbetering van de stromingscondities.

Varianten traject Bakkeveense vaart – De Poasen

Naar aanleiding van de resultaten van de beoogde hermeandering in het traject Bakkeveensevaart – De Poasen (zie paragraaf 8.1) zijn een aantal andere varianten verkend. Met globale berekeningen is onderzocht wat de effecten zijn van:

- herstel van de dimensies van voor de laatste ruilverkaveling in 1960
- een meanderend tracé met een smaller en dieper dwarsprofiel

Voor een uitgebreidere beschrijving van de effecten wordt verwezen naar de achtergrondrapportage van het modelonderzoek (Laseroms, 2015).

De maatregelen hebben met name betrekking op de sleutelfactoren afvoer, verhang en profiel (hydromorfologisch complex).

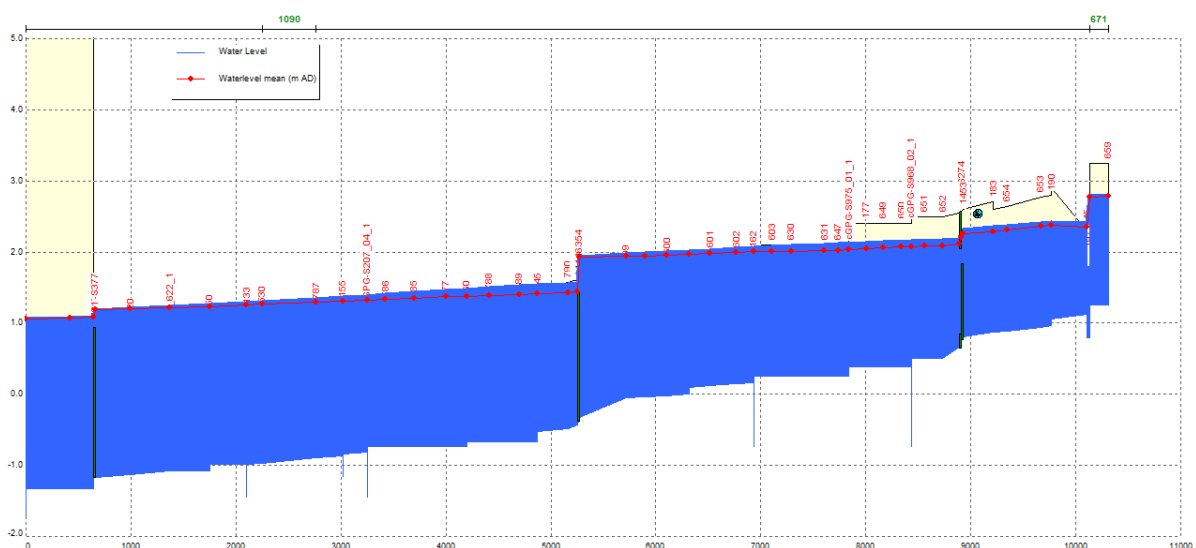
Profielen van voor de ruilverkaveling 1960

Maatregel

Voor deze variant zijn de profielen aangepast op basis van de ontwerpprofielen van voor de ruilverkaveling uit 1960. Aangezien niet duidelijk is hoe het tracee destijds was, is uitgegaan van het bestaande genormaliseerde tracé.

Effect van de maatregel

In onderstaande figuur zijn de berekende maximale peilen (met inundatie) in het traject Bakkeveensevaart-De Poasen weergegeven en vergeleken met de bestaande situatie, zie figuur 8.12 (rode lijn). Daaruit valt op te maken dat de verschillen zeer gering zijn. Ook de stroomsnelheden verschillen nauwelijks van de huidige situatie. De maatregel leidt dus niet tot een verbetering van de stromingscondities.



Figuur 8.12. Lengteprofiel met de maximale peilen met profielen ruilverkaveling, vergeleken met de huidige situatie (rode lijn) gebaseerd op 2008

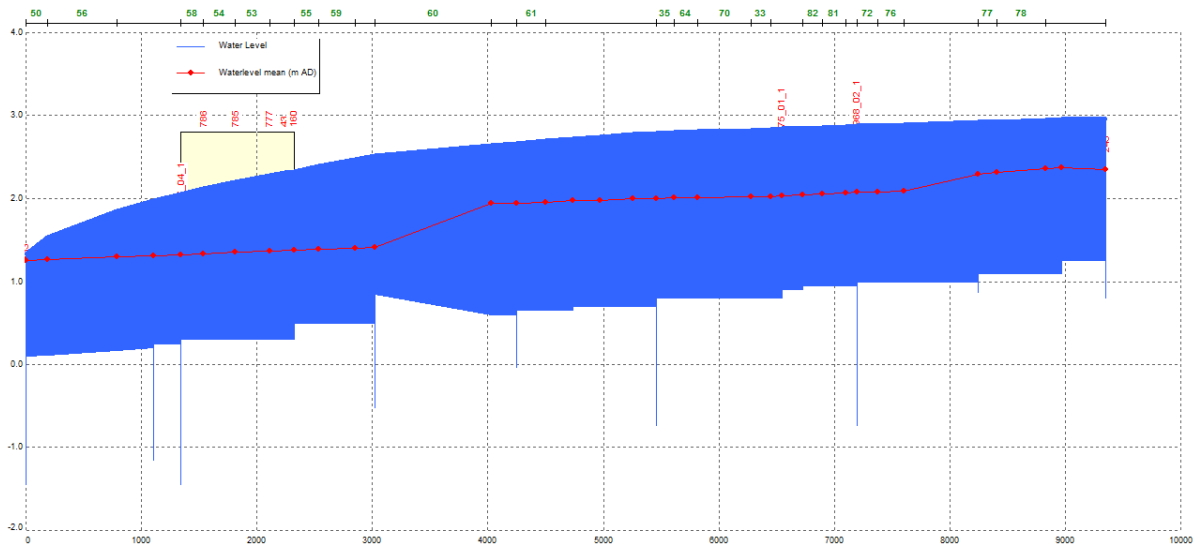
Smaller en dieper profiel met meanderend tracé

Maatregel

In deze variant is een profiel toegepast met een bodembreedte van 0.5 m een diepte van ca 1.5 m-mv en taluds 1:1. Daarbij is grofweg uitgegaan van het meanderende tracé uit figuur 8.6.

Effect van de maatregel

Uit een doorberekening blijkt dat het kleine diepere profiel op veel plekken tot inundaties leidt, zie figuur 8.13. Deze leiden tot vergelijkbare problemen als bij het doorgerkende ontwerp voor 'Hermeanderen Bakkeveensevaart – De Poasen (in planvorming DLG/ Provincie)', zie verder de bespreking in paragraaf 8.1.



Figuur 8.13. Lengteprofiel met de maximale peilen met smaller en dieper profiel, vergeleken met de huidige situatie (rode lijn) gebaseerd op 2008

Verhogen inlaatdebiet bij De Poasen

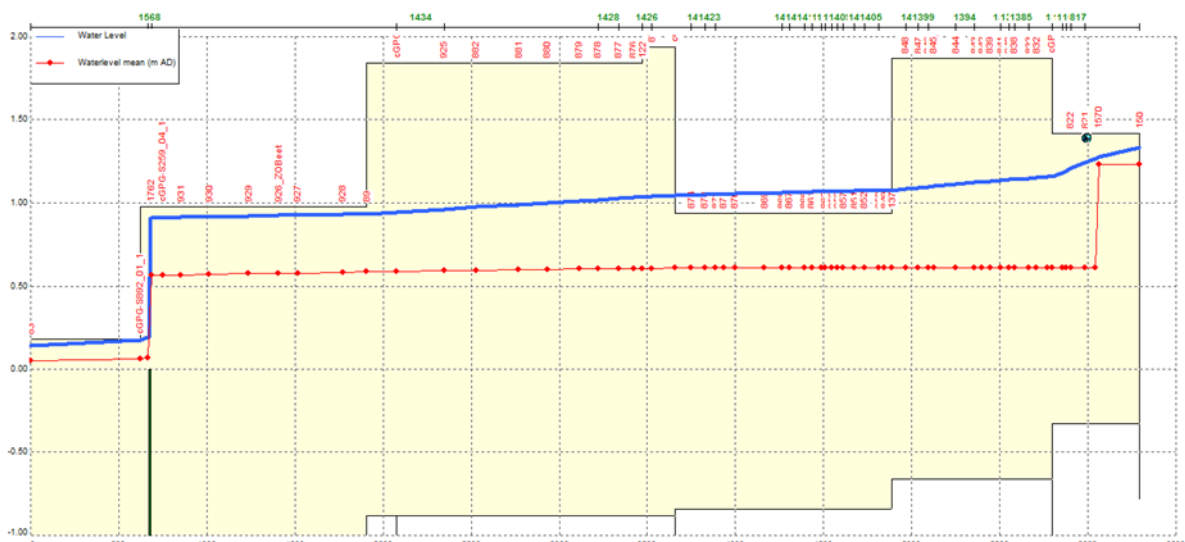
Maatregel

Om de bandbreedte enigszins te verkennen, is een globale berekening gemaakt waarbij aanzienlijk meer water in de benedenloop kan stromen. Daartoe is de inlaatduiker bij de Poasen fictief 'verwijderd' en is er een 'dam' in het Verbindingskanaal gelegd, waardoor alleen piekafvoeren (vanaf ca. 1 m³/s) worden afgevoerd via stuw Heidehuizen. Deze variant heeft betrekking op de sleutelfactor afvoer.

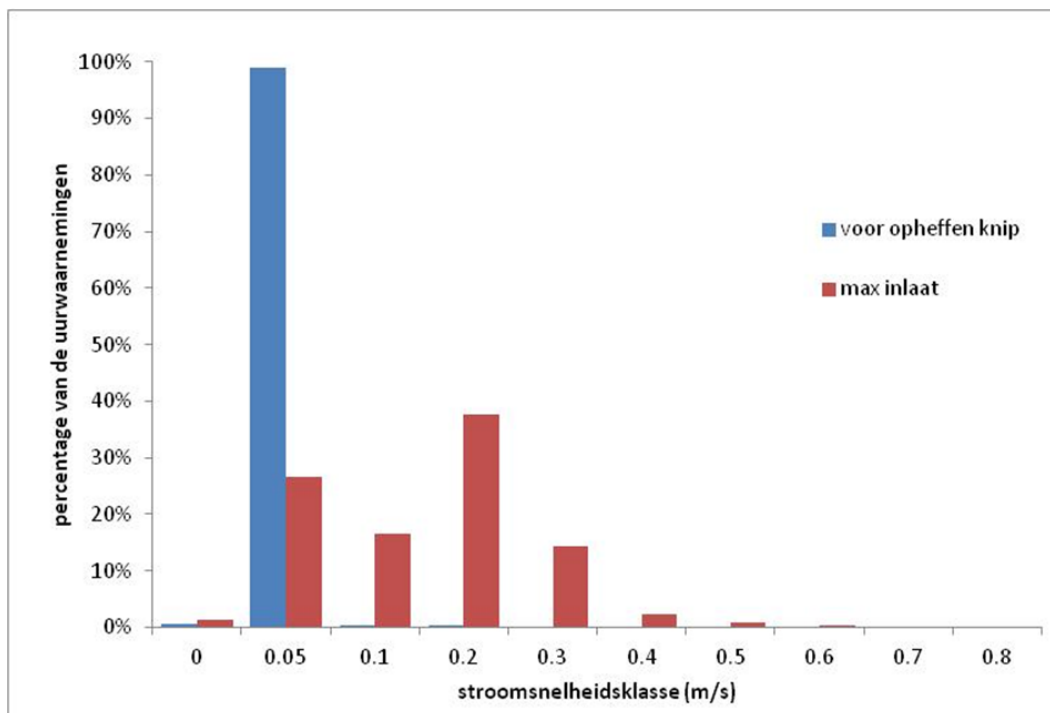
Effect van de maatregel

Uit de modelresultaten blijkt dat er beduidend meer water kan worden afgevoerd naar de benedenloop. Uit het lengteprofiel blijkt dat de maximale waterpeilen circa 50 cm stijgen bij een piekafvoer bij de Poasen van 6 m³/s, zie figuur 8.14. Daardoor treedt op de laagst gelegen gronden direct langs het Koningsdiep enige inundatie op. Op de hoger gelegen delen lijkt de afname van de droogleggingen geen grote problemen te veroorzaken. Hiervoor moet de maaiveldhoogte meer in detail worden bekeken.

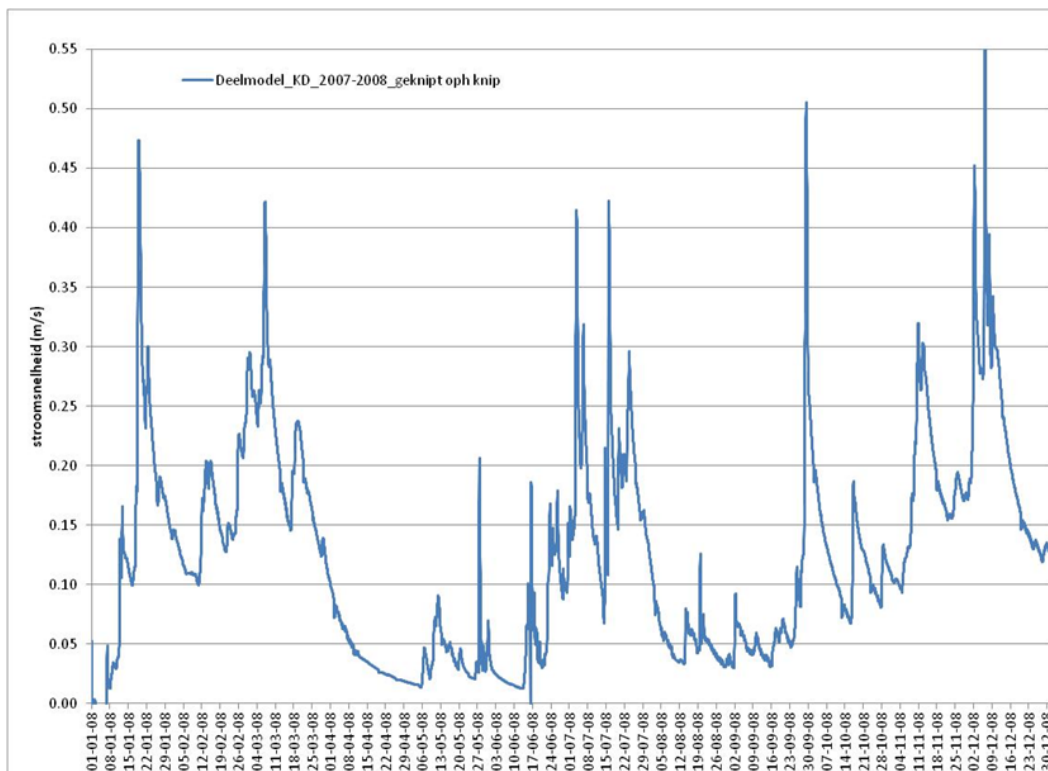
Desondanks blijven de stroomsnelheden laag en in de zomer langdurig nihil, zie figuur 8.15 en 8.16. De positieve effecten zijn dus beperkt.



Figuur 8.14. Lengteprofiel en maximale waterpeilen in het traject De Poasen (rechts) – Sweachsterwei (stuw links) ten opzichte van de uitgangssituatie (rode lijn)



Figuur 8.15. Frequentieverdeling van de stroomsnelheid bij Poasbrug bij verhogen inlaatdebiet gebaseerd op 2008. Op de x-as is de bovengrens van de gehanteerde klassen weergegeven.



Figuur 8.16. Stroomsnelheden bij Poasbrug bij verhogen inlaatdebiet gebaseerd op 2008

Verder is nog globaal verkend of de profielen kunnen worden verkleind. Daaruit is gebleken dat dit niet leidt tot duidelijk hogere stroomsnelheden omdat het aanleggen van een veel kleiner profiel veel weerstand oplevert en leidt tot een aanzienlijke reductie van de afvoer uit het gebied. De peilen stijgen dan teveel.

Effect op de ecologie

Als gevolg van de maatregelen treedt er een lichte verbetering op van de stroomsnelheden op het traject De Poasen – stuw Sweachsterwei. De stroomsnelheden zijn echter nog altijd te laag voor voldoende transport van fijn sediment en zullen nog steeds leiden tot een uniform substraat. Naar verwachting is de verbetering dus onvoldoende voor het ontstaan van karakteristieke habitats van stromend water en de bijbehorende soorten.

8.3 Conclusie

De besproken maatregelen zullen naar verwachting niet leiden tot zodanige condities dat kan worden voldaan aan de criteria voor levensgemeenschappen van stromend water. De voornaamste knelpunten zijn de afvoer (en dan met name de lage afvoeren in de zomerperiode) en het geringe verhang. Beide zijn onvoldoende om een voldoende toename van stroomsnelheden met bijbehorende morfologische processen te realiseren (erosie, sedimenttransport). Deze zijn noodzakelijk voor de vorming van een gevarieerd bodemsubstraat.

Het verkleinen van het profiel zal niet zozeer leiden tot betere stromingscondities, maar eerder tot grootschalige inundaties. In dit scenario dienen de gronden langs de beek geheel te worden verworven of dienen er goede regelingen voor schadevergoeding te komen. De daadwerkelijke schade zal overigens nog wel mee kunnen vallen aangezien inundaties vrijwel uitsluitend in de winter op zullen treden.

Daarmee lijkt het streefbeeld van stromende wateren (KRW-watertype R5) niet haalbaar. Voor het bereiken van deze doelstelling zou in ieder geval een grootschalige verandering van het landgebruik nodig zijn en zelfs dan is de haalbaarheid van het streefbeeld nog onzeker.

9 Aanbevelingen



9.1 Maatregelen

In de huidige situatie neigt het watersysteem meer in de richting van een zogenaamde 'moerasbeek' dan in de richting van een stromend water type. Dit type beken komt voor in ontginningslandschappen met een beperkt verhang. In de oorspronkelijke situatie ontwikkelden zich hier veengebieden en was sprake van sponswerking en een trage (oppervlakkige) waterafvoer. Bij de ontginning van deze gebieden werden waterlopen gegraven die in de loop van de tijd steeds groter moesten worden om de toegenomen wateraanvoer te kunnen verwerken. De waterlopen worden goed onderhouden, omdat ze anders dichtgroeien en weer zouden verdwijnen.

Op dit moment wordt een KRW-beschrijving voor het watertype 'moerasbeek' voorbereid. Het is nog onduidelijk hoe dit type gedefinieerd gaat worden en of het type geschikt zal zijn als referentie voor de ecologische ontwikkeling van het Koningsdiep. In dat geval ligt het voor de hand om de ambities en KRW-doelen bij te stellen in de richting van een moerasbeek. Dit betekent dat de KRW-doelen en -maatregelen voor het Koningsdiep opnieuw bepaald en onderbouwd zullen moeten worden. De nieuwe referentiebeschrijving en maatregelen voor het KRW-type 'moerasbeek' zullen hierbij dan als uitgangspunt dienen.

Voor een goed functionerende moerasbeek is variatie in omstandigheden waarschijnlijk van groot belang, zoals variatie in stroomsnelheden, samenstelling van het beddingmateriaal en de vegetatie. De volgende maatregelen zouden goed passen bij de ontwikkeling van het type moerasbeek:

- Laat de beek zoveel mogelijk zelf zijn profiel 'bepalen'. Hierbij kan de huidige loop aangehouden worden. Uit de veranderingen van de profielen blijkt dat de beek zelf de neiging heeft zijn profiel te verondiepen en te verbreden tot de juiste breedte/ diepte ratio, zie figuur 4.19. Hierdoor zal minder sedimentatie optreden en hoeft minder frequent te worden gebaggerd.
- Hierbij moet de vegetatie in de watergang zoveel mogelijk blijven staan. Overwogen moet worden om bij wijze van experiment een tijdje geen onderhoud uit te voeren en te meten wat de opstuwung is en wat de consequenties daarvan zijn. Meer vegetatie zal er waarschijnlijk toe leiden dat de waterbodem zich beter consolideert waardoor er minder zwevende stof is en er minder bagger wordt afgezet. In dat geval hoeft minder vaak te worden gebaggerd en verbetert het doorzicht. Ook kan dan worden gezien hoe het stuwbeheer uitgevoerd moet worden in combinatie met de vegetatieontwikkeling: de opstuwende werking van de vegetatie zou de functie van de stuwen (deels) op kunnen heffen ('vegetatiestuw').
- Op plaatsen met meer verhang kunnen lokaal condities voor stromend water worden gecreëerd, zoals bijvoorbeeld bij de knip bij De Poasen. Het is van belang om op deze locaties een krap profiel te realiseren en bosontwikkeling tot ontwikkeling te laten komen (oeverbegroeiing). Op deze locaties zou ook dood hout moeten blijven liggen. Het kiezen van dimensies van het dwarsprofiel luistert zeer nauw. Aanbevolen wordt een dwarsprofiel te kiezen dat in overeenstemming is met de samenstelling van het beddingmateriaal, het verhang en het debiet. Zo'n 'dynamisch evenwichtsprofiel' levert betere resultaten, minder problemen en een kortere morfologische aanpassingstijd.
- Beperking van de afvoerdynamiek door voldoende bergingscapaciteit te realiseren in het brongebied. Hoeveel dient nader te worden onderzocht. Een eerste globale verkenning kan worden gedaan door nader naar de fluctuaties in de stijghoogten en de waterpeilen te kijken (zie aanbevelingen).
- Verbetering van de waterkwaliteit, m.n. wat betreft nutriënten. Voor het ontwikkelen van een hoge ecologische waarde en biodiversiteit in de moeraszone is het van belang dat de voedselrijkdom niet te groot

is. In de huidige situatie is de kans groot dat nutriëntenrijk slib en inundaties tot grootschalige vervuiling zullen leiden. Daarom zal een verbetering van de waterkwaliteit noodzakelijk zijn, net als het voorkomen van nalevering vanuit (voormalige) landbouwgronden.

- Ten slotte dienen ook maatregelen te worden genomen in het stroomgebied om de afvoerdynamiek te beperken en de effecten van vernatting van de beekdalbodem op te vangen, hierbij dient met name te worden gedacht aan schadevergoeding of verwerven van de stroken/ percelen dicht langs de beek.

9.2 Instrumenten en modellen

Uit de systeemanalyse en daarbij toegepaste modelberekeningen is gebleken dat er ondanks controle vooraf toch nog enkele fouten zitten in het aangeleverde Sobekmodel. Een goede controle en een betere kalibratie van het model van het Koningsdiep is wenselijk, ook voor toekomstige toetsingen zoals de NBW.

In deze watersysteemanalyse is uitgegaan van het jaar 2008. Met meer recente gegevens over het ontwerp kan ook een modelberekening van de actuele situatie (in 2015) worden gemaakt. Er zijn recente meetgegevens beschikbaar en daarmee kan wellicht de afstelling van de kunstwerken worden geoptimaliseerd. Dit verschaft tevens meer inzicht in de werking van het watersysteem met betrekking tot de afvoeren in droge perioden.

Daarbij moet ook zeker worden gekeken naar de relatie met het grondwater. Het verrichten van een update van MIPWA door actualisatie en een nieuwe berekening vormt de basis voor verbeterde kalibratie en is een goede eerste stap. Er zijn inmiddels meer gegevens en nieuwe hydrologische onderzoeken beschikbaar, mogelijk kunnen deze meer inzicht geven.

Daarbij is met name de vraag of in de beekdalbodem van het Koningsdiep sprake is van kwel en hoe de relatie van het beekpeil is ten opzichte van de hoger gelegen natuurgebieden. Dit hangt nauw samen met de aanwezigheid van keileem, beekleem en andere slecht doorlatende lagen in de toplaag van de (beek)bodem. Dit heeft ook een grote invloed op de afvoerdynamiek, zie paragraaf 3.5.

Dit onderzoek dient bij voorkeur te bestaan uit nadere analyse van de bestaande peilbuizen, het gericht plaatsen van enkele nieuwe peilbuizen, enkele waterkwaliteitsanalyses en het verrichten van boringen in de beekdalbodem. Dit kan worden gecombineerd met het opzetten van een watersysteemmonitoring die tevens kan dienen om de effecten van inrichtings-, beheer- en onderhoudsmaatregelen te bepalen.

9.3 Monitoring

Aanbevolen wordt om het effect van de maatregelen te monitoren en een meetplan op te stellen conform de 'Handleiding monitoring beekherstelprojecten' (Reeze en Lenssen, 2015). De uitgevoerde watersysteemanalyse leidt tot de volgende aandachtspunten:

- Ten behoeve van de actualisatie van het MIPWA-model zijn aanvullende metingen nodig van de grondwaterstanden. Op dit moment zijn maar zeer beperkt geschikte metingen beschikbaar, zie paragraaf 3.5.1.
- Ten behoeve van een betrouwbare debietbepaling worden peilmetingen benedenstrooms van de stuwen aanbevolen. De debieten zijn nu gebaseerd op bovenstroomse peilen en klepstanden. Hierdoor zijn de debietberekeningen onzeker. Goede metingen zijn noodzakelijk om de modellen te ijken en een betrouwbare NBW-toetsing uit te voeren.
- Ten behoeve van de debietbepaling verdient het aanbeveling een meetopstelling te plaatsen boven- en benedenstrooms stuw Sweachsterwei.
- Op dit moment is er geen meetinformatie beschikbaar met betrekking tot de wateraanvoer vanuit het bovenstroomse gebied ten noordoosten van de Bakkeveensevaart. Aanbevolen wordt om per direct een waterstandsmeetpunt in te richten in het Koningsdiep net bovenstrooms van de duiker onder de Bakkeveensevaart.
- Om een betere inschatting te krijgen van de biologische toestand wordt aanbevolen om een actuele visbemonstering uit te voeren en meerdere meetjaren bij de beoordeling te betrekken (nu één meetjaar).

- Op dit moment wordt geen informatie ingewonnen over het bodemsubstraat. Aanbevolen wordt om in ieder geval een opname te maken van de substraatsamenstelling/ substraatmozaïeken bij de bemonstering van de biologische kwaliteitselementen conform het handboek hydrobiologie (zie ook Reeze en Lenssen, 2015). De resultaten moeten digitaal worden opgeslagen in het biologische data-opslagsysteem (veldkenmerken).
- Er zijn weinig gegevens beschikbaar over de ontwikkeling van waterplanten in het Koningsdiep, zowel in tijd (ontwikkeling tijdens het seizoen) als in ruimte (hele watergang, vlakdekkend). Waterplanten vormen een belangrijke stuurfactor voor stromende water, maar ook voor de ontwikkeling van moerasbeken. Daarom wordt aanbevolen om de vegetatieontwikkeling te monitoren, hetzij door het meten van de opstuwing (waterpeilen), dan wel door het uitvoeren van een vlakdekkende kartering gericht op de begroeiing van het doorstroomprofiel (waterdoorstroming). Let op: voor de KRW wordt gekeken met een 'verticale projectie'. Dit zegt slechts gedeeltelijk iets over de doorstroomcapaciteit voor het water ('horizontale projectie'). Bij monitoring van de ruwheid door middel van peilen zijn monitoring van de vegetatiedichtheid en profielvernauwing overigens ook belangrijk voor een goede kalibratie.
- De huidige en toekomstige morfodynamiek is te bepalen door monitoring van de actuele profielen en dikte van de baggerlaag en analyse van de historisch profielen. Daarmee kan worden bepaald hoeveel sedimentatie er optreedt in de huidige en de toekomstige situatie.

10 Literatuur



Altenburg, W. en L. van Wee, 2003. Inrichtingsplan waterhuishouding Koningsdiep. Altenburg en Wymenga, Veenwouden/ Witteveen en Bos, Deventer. A&W-rapport 382.

Altenburg, W., W. Klunder, M. Seip en C. Weusthuis, 2004. Voorontwerp-gebiedsvisie ROM Koningsdiep. Gebiedscommissie Koningsdiep, Beetsterzwaag. 56p. Juli 2004.

Balen, M.E.M. van, 1995. Technisch document Koningsdiep. Verslag van chemisch en biologisch wateronderzoek in het Koningsdiep 1992/ 1995. Waterschap Friesland, Leeuwarden. Intern verslag 1995. 23p.

Belle, J. van, 2014. Ecohydrologische systeemanalyse van Rome (Midden-Opsterland). Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden. A&W-rapport 1924.

Brongers, M., 2008. Natuurpotenties in de midden en benedenloop van het Koningsdiep. A&W-rapport 1047. Altenburg en Wymenga, Veenwouden.

Crossen, J., en W. Heijink, 1963. Het jongere dekzand en zijn invloed op het ontstaan van de veenkoloniën in de Friese Wouden. Boor en spade(14), 42-61.

Ecofide, 2015. De chemische toestand van de waterlichamen van Wetterskip Fryslân Toetsing van de jaren 2011-2014. Ecofide, Weesp. Projectnummer 73. 12 mei 2015. I.o.v. Wetterskip Fryslân.

Franken, R.J.M., J.J.P. Gardeniers en E.T.H.M. Peeters, 2006. Handboek Nederlandse ecologische beoordelingssystemen (EBEO-systemen). Deel A: Filosofie en beschrijving van de systemen. STOWA, Utrecht. Rapportnummer 2006-04

Geraedts, J. en J. Meijer, 2011. Beekdalherstel Koningsdiep. Achtergronddocument. Dienst Landelijk gebied, juni 2011.

Landinrichtingscommissie Koningsdiep, 2007. Landinrichting Koningsdiep. Eerste uitvoeringsmodule 2007-2011. Dienst Landelijk Gebied, Assen.

Laseroms, 1996. Ecologisch beekherstel. Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Utrecht. LBL-mededeling 208.

Laseroms, 2015. Watersysteemanalyse Koningsdiep, modelonderzoek. LWRO, 's-Hertogenbosch.

Makaske, B. en G. Maas, 2015. Handboek geomorfologisch beekherstel; leidraad voor een stapsgewijze en integrale ontwerpaanpak. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapportnummer 2015-02.

Meijer, J., 2014. Landschapsecologische inventarisatie Hemrikkerscharren e.o. Document voor overweging en een nadere afweging voor de planvorming. DLG, 27 oktober 2014.

Molen, D.T. van der, R. Pot, C.H.M. Evers en L.L. van Nieuwerburg (red.), 2012. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021. STOWA, Amersfoort. STOWA-Rapportnummer 2012-31.

Moller Pillot, H.K.M., 2003. Hoe waterdieren zich handhaven in een dynamische wereld. Stichting het Noordbrabants Landschap. 182p.

Reeze en Lenssen, 2015. Handleiding monitoring beekherstelprojecte. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapport 2015-11.

STOWA, 2014. Ecologische sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. STOWA, Amersfoort. Rapportnummer 2014-19.

STOWA, 2015. Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren, een methodiek in ontwikkeling. STOWA, Amersfoort. Rapportnummer 2015-W-06.

Thannhauser, M., 2011. Waterkwaliteit Beekdal Koningsdiep 1990 t/m 2010. Ten behoeve van landinrichting Koningsdiep. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden. 20p.

Verdonschot, P.F.M., 2015. Ecologisch raamwerk voor aquatische ecosystemen. Visie op aquatisch ecosysteem functioneren en afgeleide parameters voor modelontwikkeling en waterbeheer. STOWA, Amersfoort. Rapportnummer 2015-29.

Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep, 2013. Verkenning beekdalherstel Koningsdiep. 21 maart 2013.

Wiersma, J., 2013. Landschapsontwikkeling en cultuurhistorische waarden langs de middenloop van het Koningsdiep (zuid-oost Friesland). Rijksuniversiteit Groningen, Kenniscentrum Landschap. Groningen.

Wijmans, P.A.D.M. en T.W.P.M. Aarts, 2008. Inrichtingsvisie visstand en sportvisserij Koningsdiep, Friesland. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Witteveen en Bos, 2015. Beschrijving van de ecologische toestand van Wetterskip Fryslân in 2006-2013. Witteveen en Bos, Deventer.

Worst, D. en J. Zomer, 2011. Landschapsontwikkeling en cultuurhistorische waarden langs de boven- en middenloop van het Koningsdiep (Zuidoost-Friesland). Rijksuniversiteit Groningen, Faculteit der Letteren. Groningen: Kenniscentrum Landschap.

