

**BAGGERNUT, WATERSYSTEEMANALYSE
GROTE WETERING**

WATERSCHAP VELUWE

5 juli 2012
076435277:B - Definitief
C01011.200017.0120



Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 4 |
| 1.1 | BaggerNut | 4 |
| 1.2 | Watersysteemanalyse | 5 |
| 1.3 | Locatie Grote Wetering, Waterschap Veluwe | 6 |
| 1.4 | Leeswijzer | 7 |
| 2 | Beschrijving watersysteem | 8 |
| 2.1 | Watersysteem | 8 |
| 2.2 | Toestand (KRW) en KRW Doelstelling | 11 |
| 2.3 | Knelpunten en maatregelen | 12 |
| 3 | Analyse | 14 |
| 3.1 | Waterbalans | 14 |
| 3.1.1 | Gegevens | 14 |
| 3.1.2 | AAN en afvoer Posten | 15 |
| 3.1.3 | Methode uitgangspunten | 16 |
| 3.1.4 | Resultaten en discussie | 17 |
| 3.2 | Stoffenbalans | 19 |
| 3.2.1 | Gegevens | 19 |
| 3.2.2 | Aan en Afvoer Posten | 20 |
| 3.2.3 | Methode / uitgangspunten | 21 |
| 3.2.4 | Resultaten en discussie | 22 |
| 3.2.5 | Discussie | 25 |
| 3.2.6 | Conclusies | 26 |
| 3.3 | Interne en externe belasting | 26 |
| 3.4 | aanbevelingen | 27 |
| 4 | Slibdiagnose | 28 |
| 4.1 | Toepassing bodemdiagnosetool voor grote Wetering | 28 |
| 4.2 | Resultaten slibdiagnose | 30 |
| 4.3 | Discussie bodemdiagnose | 33 |
| 4.4 | Conclusie bodemdiagnose | 34 |
| 5 | Synthese | 36 |
| 5.1 | Uitkomsten WSA (hoofdstuk 3) | 36 |
| 5.2 | Uitkomsten bodemexperimenten(Poelen, 2012) | 36 |
| 5.3 | Uitkomsten slibdiagnose (hoofdstuk 4) | 36 |
| 5.4 | Uitkomsten ecologisch onderzoek (ARCADIS, 2011) | 37 |
| 6 | Conclusies & aanbevelingen | 38 |
| 6.1 | Conclusies | 38 |
| 6.2 | Aanbevelingen | 39 |

| | |
|--|-----------|
| Literatuurlijst | 42 |
| Bijlage 1 Waterbalansen per maand | 44 |
| Bijlage 2 Kentallen uitspoeling N & P | 46 |
| Bijlage 3 Fosfor- en stikstofbalansen per maand | 48 |
| Bijlage 4 Invoerwaarden bodemdiagnose | 50 |
| Bijlage 5 Resultaten bodemdiagnose | 54 |
| Colofon | 55 |

HOOFDSTUK 1 Inleiding

1.1

BAGGERNUT

De belasting van het oppervlaktewater met nutriënten is in algemene zin één van de belangrijkste oorzaken voor het niet halen van de KRW-doelen in 2015. De maatregelen om de nutriëntenbelasting terug te dringen zijn veelal gericht op de beperking van de externe bronnen. Ook interne eutrofiëring wordt als oorzaak gezien; vanuit bodem en bagger (slib) kunnen grote hoeveelheden nutriënten vrijkomen. Deze interne eutrofiëring kan zo sterk zijn dat herstel van de ecologische waterkwaliteit met meer dan tien jaar wordt vertraagd of zelfs geheel verhinderd.

We weten nog weinig over de werking van interne eutrofiëring en kunnen de grootte van interne eutrofiëring moeilijk vaststellen. In de meeste wateren is nog niet bekend of er sprake is van ernstige interne eutrofiëring en welke processen deze veroorzaken. Bovendien is nog niet bekend welke maatregelen effectief zijn om het effect van interne eutrofiëring op te heffen of te neutraliseren.

Dit is aanleiding geweest voor het opzetten van het project landelijk STOWA project BaggerNut.

Doelstelling BaggerNut

Het project BaggerNut onderzoekt de rol van de waterbodem bij het niet halen van de KRW-doelen. Hierbij wordt ook speciaal aandacht besteed aan de vraag van de waterbeheerders of het nut heeft om te baggeren om de KRW-doelen te halen.

BaggerNut heeft een tweeledige doelstelling:

1. Processen die samenhangen met interne mobilisatie van nutriënten en baggerproductie inzichtelijk maken en op een eenvoudige wijze kwantificeren
2. Waterbeheerders handvatten aanreiken om een oordeel te geven over de effectiviteit van waterbodemmaatregelen (o.a. baggeren)

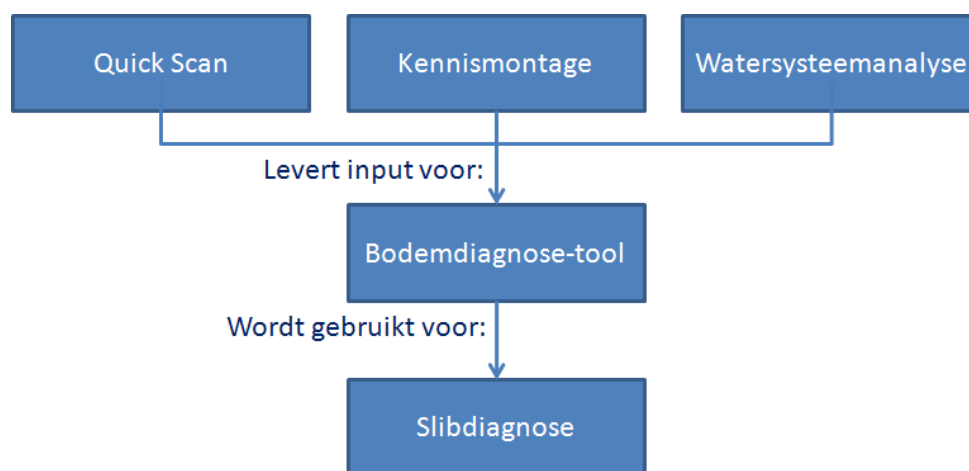
Onderdelen van BaggerNut

Om bovengenoemde doelstelling te halen zijn er verschillende deelprojecten binnen BaggerNut:

1. Kennismontage;
2. Vergaren basisdata (veldmetingen en overige locatiegegevens);
3. Uitvoeren praktijkexperimenten en maatregelen (baggeren);
4. Bodemdiagnose op basis van
 - a. Quick Scan (incl. kennismontage);

- b. Watersysteemanalyse
- 5. Slibdiagnose (uitvoeren bodemdiagnose op locaties);
- 6. Kennis delen (communicatie).

De Quick Scan, de kennismontage en de watersysteemanalyse leveren input voor het ontwikkelen van de bodemdiagnose-tool. Deze tool wordt vervolgens toegepast om een slibdiagnose uit te voeren op de verschillende locaties. Hierbij kan informatie uit de watersysteemanalyse als invoer dienen. Onderstaande figuur geeft de verschillende onderdelen weer.



Dit rapport is onderdeel van BaggerNut en beschrijft de watersysteemanalyse en slibdiagnose voor één BaggerNut locaties binnen Waterschap Veluwe.

1.2

WATERSYSTEEMANALYSE

De watersysteemanalyse richt zich op het beschrijven van het watersysteem en het kwantificeren van de stofstromen in het gehele watersysteem. Dit levert kennis op over de relatie tussen systeem- en bodemeigenschappen en interne eutrofiering. Hieruit worden systeemparameters afgeleid die als input dienen voor de bodemdiagnose-tool

Doelstelling

Het doel van de watersysteemanalyse en slibdiagnose is tweeledig:

1. Input leveren voor de (ontwikkeling van) de bodemdiagnose-tool;
2. Inzicht geven in het functioneren van het watersysteem en de rol van de waterbodem hierin.

Watersysteemanalyses voor 10 waterschappen

Voor het project zijn door 10 waterschappen locaties aangewezen waarvoor een watersysteemanalyse wordt uitgevoerd. Dit zijn locaties die niet, of deels, voldoen aan de KRW door een te hoge nutriëntenbelasting of andere KRW parameters. Deze locaties zijn zeer verschillend, zowel in ligging, vorm, bodemtype als beheer en onderhoud.

Tabel 1

Locaties uitgekozen door de waterschappen voor de watersysteemanalyses. In geel de locatie die in dit rapport wordt onderzocht.

| Locatie | Waterschap/ hoogheemraadschap |
|---|----------------------------------|
| Hoefsven | Brabantse Delta |
| Haarvaten Westboezem, Vlaardingervaart, Slinksloot, Karitaat Molensloot, Akerdijkse plassen | Delfland |
| De Leijen, Alde Faenen, Slotermeer | Fryslân |
| Kanalensysteem Westerwolde, kanalensysteem Veenkoloniën, Oldambtmeer, Zuidlaardermeer | Hunze en Aa's |
| Schutsloterwilde | Reest en Wieden |
| Klein Vogelenzang (onderdeel Reeuwijkse Plassen) | Rijnland |
| Twaalf vergelijkbare A-watgangen (sloten) in de Alblasserwaard | Rivierenland |
| Bleiswijkse Zoom | Schieland en Krimpenerwaard |
| De Keulevaart, Meijepolder en Zegveld, de Pleijt, Honswijk | Stichtse Rijnlanden |
| Grote Wetering | Veluwe |

Van deze locaties zijn wel waterkwaliteitgegevens beschikbaar van de locatie en, in een aantal gevallen, ook van het aanvoerwater. Echter, de oorzaak van de hoge nutriëntenconcentraties is veelal niet goed bekend en wordt gezocht in interne eutrofiëring vanuit de bodem. Met een watersysteemanalyse wordt inzichtelijk wat de oorzaak van de hoge concentraties is.

Watersysteemanalyse voor Waterschap Veluwe

Met stoffenbalansen voor N en P van de Grote Wetering wordt bepaald of nalevering vanuit de waterbodem op jaarbasis geen belangrijke post is. In en Uitposten worden met elkaar vergeleken om te kijken wat de belangrijkste posten zijn en of er nutriënten in het systeem achterblijven (ophopen in de bodem of verdwijnen) of juist worden afgegeven aan het water.

Slibdiagnose

Op basis van kennisregels en de beschikbare informatie uit watersysteemanalyses en Quick Scan is een bodemdiagnose-tool ontwikkeld. In het onderdeel slibdiagnose wordt deze tool toegepast op de Grote Wetering. Op basis van de kennis en uitkomsten van de verschillende onderdelen is bepaald of baggeren een zinvolle maatregel is en of er andere maatregelen zinvol zijn in dit systeem. Deze uitkomsten zijn in dit rapport gepresenteerd.

1.3

LOCATIE GROTE WETERING, WATERSCHAP VELUWE

Waterschap Veluwe heeft de Grote Wetering aangewezen als locatie geschikt voor het onderzoeken van de relatie tussen waterbodem, waterkwaliteit en baggerwerkzaamheden. Directe aanleiding voor het toewijzen van deze locatie is de vraag of baggeren een zinvolle maatregel is ten aanzien van KRW-doelen (behalen van GEP). Baggeren is nu opgenomen als maatregel voor de KRW. Uit dit onderzoek moet blijken of baggeren ook echt zinvol is ten aanzien van gestelde doelen. In eerste instantie betreft dit de relatie met nalevering van fosfaat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen zandige en kleiige bodem. Onderdeel van de WSA is het opstellen van overzichtelijke en herbruikbare water- en stoffenbalans (zie hoofdstuk 3) en de slibdiagnose (zie hoofdstuk 4). Het Waterschap wil ook graag weten in

hoeverre de uitkomsten van dit onderzoek zijn op te schalen naar andere waterlichamen in hun beheersgebied waarvoor baggeren als KRW-maatregel is opgenomen.

Aanvullende vraag

Bij het opstellen van de Watersysteemanalyse zijn Waterschap en ARCADIS tot de conclusie gekomen dat de watersysteemanalyse alleen geen volledige beantwoording van de onderzoeksvragen van het waterschap voor BaggerNut geeft. Om die reden wordt de relatie tussen waterbodem en ecologische kwaliteit (halen van de KRW doelen) in de Weteringen nader onderzocht in een parallelstudie. Hierbij lag de focus op het kwaliteitselement waterplanten. Dit onderzoek is in een losse rapportage beschreven (ARCADIS, 2011). De belangrijkste bevindingen komen terug in hoofdstuk 5.

Op basis van de resultaten van beide onderzoeken wil het Waterschap de baggeropgave prioriteren of indien mogelijk naar beneden bijstellen.

1.4

LEESWIJZER

Dit rapport bevat de resultaten van de watersysteemanalyse voor de Grote Wetering van Waterschap Veluwe. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het watersysteem. Hierbij worden verschillende eigenschappen van het watersysteem besproken. In hoofdstuk 3 staan de uitkomsten van de analyse. Dit bestaat uit de water- en stoffenbalans. In hoofdstuk 4 is de bodemdiagnose beschreven. Hoofdstuk 5 vormt de synthese van de WSA (hoofdstuk 3), de Bodemdiagnose (hoofdstuk 4), maar ook het aanvullende ecologische onderzoek (ARCADIS, 2011) en het uitgevoerde bodemonderzoek binnen BaggerNut (Poelen, 2012). De conclusies zijn beschreven in hoofdstuk 6.

HOOFDSTUK 2 Beschrijving watersysteem

In dit hoofdstuk is achtereenvolgens beschreven: het beschouwde watersysteem, de (KRW) toestand en doelstelling, geplande en uitgevoerde maatregelen en overige relevante informatie zoals: functie, beheer en onderhoud.

2.1 WATERSYSTEEM

Het onderzoeksgebied ligt in het stroomgebied Noordelijke IJsselvallei (zie afbeelding 1) en maakt deel uit van waterlichaam Weteringen. Het waterlichaam ligt in het noordoosten van het beheersgebied van het Waterschap Veluwe, naast de IJssel. De Weteringen lopen tussen het Toevoerkanaal in het zuiden en de buitendijkse gebieden en de IJssel bij Hattem in het noorden, waar ze of via vrij verval of via het gemaal 'Veluwe' op afwateren. Dit waterlichaam is gekenmerkt als type M3, ofwel gebufferd (regionaal) kanaal (Waterschap Veluwe, 2009). Het is stilstaand tot langzaam stromend kanaalwater dat bestaat uit oppervlaktewater waarvan de herkomst wisselend is (ARCADIS, 2006). Dit onderzoek richt zich op een specifiek deel, namelijk de Grote Wetering ter hoogte van Oene waar deze samenkomt met het Stroombreed (zie afbeelding 2).

Ruimtelijke afbakening

Het onderzoekstraject ligt op de overgang van de Kleine Wetering naar de Grote Wetering. Het onderzoeksgebied wordt stroomopwaarts (zuidzijde) begrensd door het waterkwaliteitsmeetpunt 232340. Stroomafwaarts is meetpunt 232040 de begrenzing (zie afbeelding 2). De totale lengte is 5 km bij gemiddeld breedte van 13m is het wateroppervlak 6.5 ha. Het stroomgebied bestaat deels uit zandondergrond, maar ook delen met klei en veen (zie afbeelding 3). Halverwege het traject komen de Grote Wetering en het Stroombreed bij elkaar. Het bijbehorende stroomgebied ligt vooral ten westen van de kleine/grote wetering en is ongeveer 740 ha. groot. Het landgebruik bestaat vooral uit grasland, akkers en de bebouwing van Oene. Dit stroomgebied is ook als aan- of afvoer van water en nutriënten opgenomen in de analyses.

Inrichting

Dit waterlichaam heeft de status kunstmatig omdat het door mensen gegraven is. De oevers hebben over het algemeen steile taluds met abrupte overgangen van land naar water (ARCADIS, 2006). De diepte varieert tussen de 0,9 en de 1,9 m. Langs de Weteringen is geen ruimte voor zones, die regelmatig geïnundeerd worden en waar mogelijkheden zijn voor moerasontwikkeling (ARCADIS, 2006). De oevers zijn enigszins aan afkalving onderhevig. Er is weinig schaduwwerking of bladval.

Afbeelding 2

Ruimtelijke afbakening van het onderzoeksgebied, met:

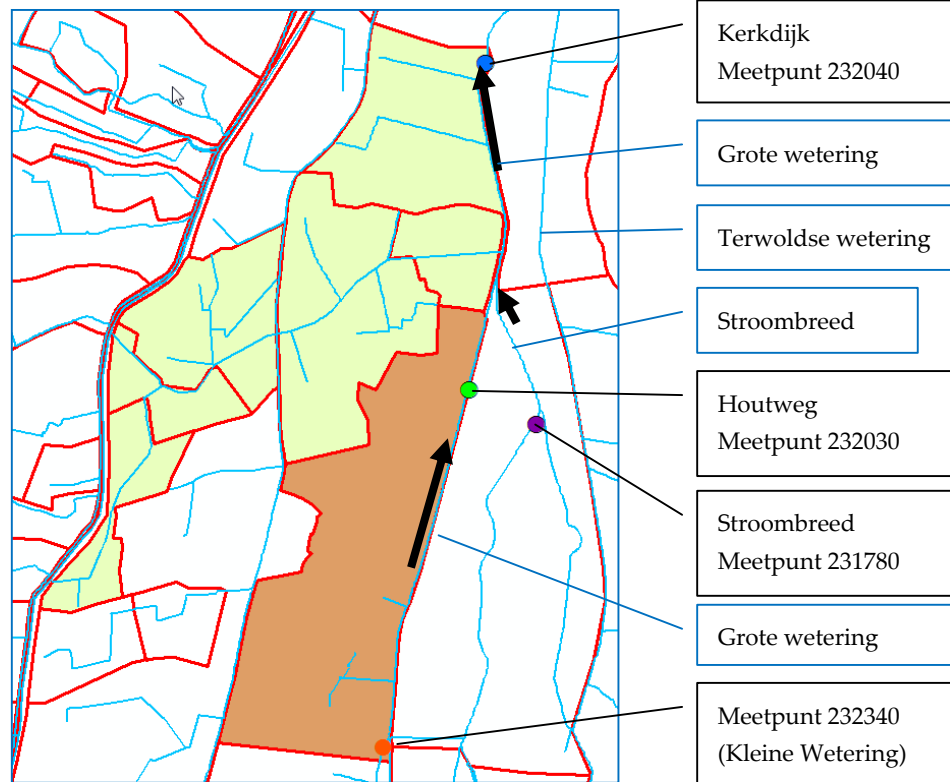
Meetpunten

- 232040 (kwal. + kwan.)
- 232030 (kwan.)
- 231780 (kwal.)
- 232340 (kwal.)

Deelstroomgebieden:

- benedenstrooms
- bovenstrooms

Normale stroomrichting:



Het pilotgebied loopt van meetpunt 232340 (oranje ●) tot 232040 (blauw ●)

Ondergrond, waterbodem

In de IJsselvallei treedt kwel op van water dat afkomstig is van de hoger gelegen Veluwe. Bij een hoog rivierpeil is er ook een kwelstroom vanuit de IJssel (ARCADIS, 2006). Het onderzoeksgebied is grofweg in te delen in twee delen. Het stroomopwaartse deel bestaat vooral uit zandige ondergrond. Stroomafwaarts is er een kleiige ondergrond, ook is er een deel met een moerige- en veenondergrond (zie afbeelding 3). Binnen het onderzoeksgebied treedt de kwel vooral benedenstrooms op. De waterbodem is eentonig, namelijk slib. De dikte van de sliblaag is vaak meer dan 70 cm dik in bovenstroomse deel van de grote wetering en 40 a 50 cm na samenkomst met het Stroombreed. Ter vergelijking, de slibdikte in de nabij gelegen Terwoldse Wetering is maar 10-30 cm. De slibaanwas is geschat op 1,5 cm per jaar (Tauw, 2009).

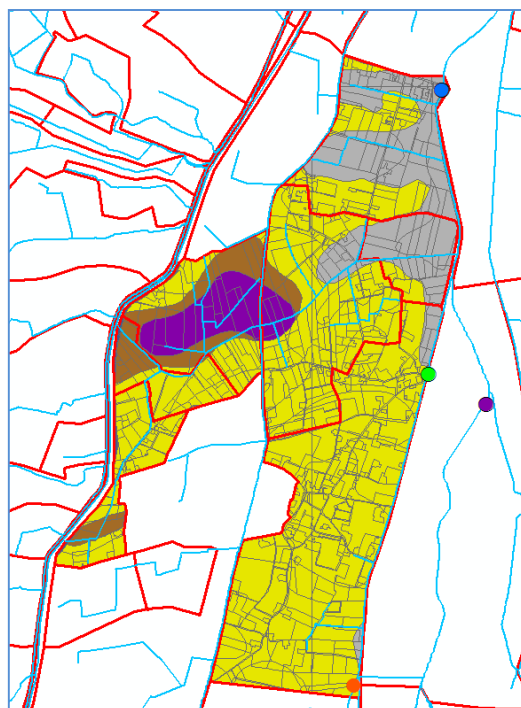
Waterkwaliteit

De waterkwaliteit wordt (mogelijk) beïnvloed door de waterbodem. Het slib kan veel fosfaat bevatten, dat onder bepaalde omstandigheden kan vrijkomen in de waterkolom. Ook heeft de samenstelling van de waterbodem mogelijk invloed op de aanwezige flora en fauna en daarmee de ecologische (KRW) score. Omdat de exacte rol niet bekend is wordt de invloed van de waterbodem binnen *BaggerNut* uitgezocht. Door het opstellen van de water- en stoffenbalans wordt de belasting vanuit verschillende bronnen inzichtelijk gemaakt. Denk hierbij aan kwel, bodemtype, landgebruik en het inlaten van IJsselwater. IJsselwater is veel voedselrijker en harder dan het van de Veluwe afkomstige kwelwater en bevat bijvoorbeeld ook meer chloride. Hierdoor maken relatief kritische waterplanten plaats voor minder

gevoelige (hardwater)soorten. Ook de macrofaunagemeenschap kan hierdoor negatief beïnvloed zijn (ARCADIS, 2006). Naast waterstromen en bijhorende belastingen zijn er veel meer factoren die van invloed zijn op de waterkwaliteit, zoals: de inrichting van de waterloop en stroomgebied, het peilbeheer, het onderhoud en de omgeving.

Afbeelding 3

Grondsoort naar Hoofdtypen:
veen, klei, zand en moerig



Geel = zand, bruin = moerig, grijs = klei en paars = veen

Functie, gebruikt, beheer en onderhoud

Het beheer is te weinig natuurgericht en gebeurt met de maaiboot, waarbij de watergangen vrijwel geheel leeggehaald worden. (ARCADIS, 2006). In juni worden alleen de taluds en in oktober zowel de taluds als de waterbodem gemaaid. Het peilbeheer is gericht op een hoog zomerpeil. Begin 2011 is het onderzoeksgebied gebaggerd.

2.2

TOESTAND (KRW) EN KRW DOELSTELLING

Huidige toestand

Het waterlichaam Weteringen is getypeerd als M3, ofwel een gebufferd (regionaal) kanaal. De huidige kwaliteit is getoetst aan doelen afgeleid van doeltype M3. In figuur 1 zijn de biologische en algemeen fysisch chemische toestand en de doelen weergegeven zoals vastgesteld in november 2009 (Ws. Veluwe, 2009). Hieruit blijkt dat alleen waterflora en doorzicht in de huidige (en toekomstige) situatie ontoereikend of matig zijn. Het doorzicht voldoet echter maar net niet aan de gestelde norm. Macrofauna is als goed beoordeeld. Vegetatie lijkt het grootste knelpunt te zijn voor het behalen van de KRW-doelen.

Streefbeeld

Om te voldoen aan de (KRW)doelstellingen is de gewenste situatie als volgt beschreven. De Weteringen van de *Noordelijke IJsselvallei* hebben over de hele lengte eenzijdig een natuurvriendelijke oever. Op enkele plaatsen zijn inundatiezones, waar het water bij hoge

afvoeren geborgen kan worden. Langs enkele trajecten van de weteringen is er schaduw door houtige gewassen. Nergens is beschoeiing aanwezig.

In de haarvaten van het watersysteem wordt water bij hoge neerslagintensiteit zoveel mogelijk vastgehouden en vervolgens langzaam afgevoerd. Door deze maatregelen komen piekafvoeren niet vaak voor. Het onderhoud kan daarom op een natuurvriendelijke manier gebeuren. De vegetatie wordt gefaseerd gemaaid, waarbij telkens een deel van de waterplanten kan blijven staan. Er vindt geen of beperkt inlaat van gebiedsvreemd water plaats.

Figuur 1

KRW toetsing waterlichaam
 Weteringen (2009)

| Maatlat | Huidige situatie | Verwachting 2015 | GEP | Toelichting |
|--|------------------|------------------|---------|-------------|
| Macrofauna (EKR) | 0,67 | 0,60 | 0,60 | G2 |
| Overige waterflora (EKR) | 0,37 | 0,50 | 0,60 | G2 |
| Fytoplankton (EKR) | 0,84 | 0,60 | 0,60 | G2 |
| Vis (EKR) | 0,87 | 0,60 | 0,60 | G2 |
| Totaal fosfaat (zomergemiddelde) (mg P/l) | 0,11 | 0,15 | 0,15 | G2 |
| Totaal stikstof (zomergemiddelde) (mg N/l) | 1,68 | 2,8 | 2,8 | G2 |
| Chloride (zomergemiddelde) (mg Cl/l) | 32,6 | 300 | 300 | G2 |
| Temperatuur (maximum waarde) (°C) | 23,4 | 25 | 25 | G2 |
| Doorzicht (zomergemiddelde) (Meter) | 0,89 | 0,89 | 0,9 | G1 |
| Zuurgraad (zomergemiddelde) (-) | 7,88 | 5,5-8,5 | 5,5-8,5 | G2 |
| Zuurstofverzadiging (zomergemiddelde) (%) | 91,7 | 40-120 | 40-120 | G2 |

Legenda: ■ slecht ■ ontoereikend ■ matig ■ goed ■ zeer goed

Bron: Waterschap Veluwe 4-11-2009 (Ws Veluwe, 2009)

De Weteringen hebben een relatief natuurlijke inrichting en de kwaliteit van het water is goed. De stroming is vanwege het lage verhang niet erg hoog. De Weteringen hebben kenmerken van sloten en vaarten enerzijds en beken en rivieren anderzijds. Dit is ook in de levensgemeenschappen terug te vinden. Er komen onder de macrofauna typische soorten van stromend water voor, maar de aantallen van deze soorten zijn niet erg hoog. Het aantal soorten van stilstaand water is wel erg hoog. Ook voor de vegetatie geldt dat deze duidelijk afwijkt van de vegetatie van een beek. De natuurvriendelijke oevers en de relatief lage stroomsnelheid bieden veel ontwikkelingsmogelijkheden voor water- en oeverplanten, meer dan in een echte beek. De soortenrijkdom van de planten in de weteringen is daarom erg hoog. (ARCADIS, 2006)

2.3

KNELPUNTEN EN MAATREGELLEN

Ten aanzien van het hiervoor beschreven streefbeeld zijn de volgende knelpunten benoemd (Tauw, 2007). Aan deze knelpunten zijn vervolgens maatregelen gekoppeld. Een van de knelpunten is het eenzijdige substraat, namelijk slib. In dit geval een dikke sliblaag. De hieraan gekoppelde maatregel is baggeren. Nutriënten vormen geen knelpunt. Gezien de huidige kwaliteit (zie figuur 1) met alleen ontwikkelingsruimte voor waterflora en doorzicht wil men inzicht in de effectiviteit van baggeren voor ecologie. In de hierop volgende hoofdstukken is geanalyseerd in welk mate de waterbodem nutriënten nalevert en zo de waterkwaliteit beïnvloedt. In de ecologische studie is aandacht voor de invloed van slib op de biologie. Dit is in een aparte rapportage beschreven door ARCADIS (2011).

Knelpunten (Tauw 2007)

- Kunstmatig / aangelegde watergang
- Steile oevers
- Verharde oevers
- Migratie barrières
- Eenzijdig substraat waterbodem / slib(dikte)
- Te intensief beheer/ schonen
- Zomerpeil te hoog
- Overstorten
- Gebiedsvreemd water
- Geceosoteerde beschoeiing

Maatregelen

In 2007 is het volgende maatregelenpakket geformuleerd voor het waterlichaam Weteringen: (Tauw, 2007)

- Aanleg natuurvriendelijke oevers;
- Vispasseerbare constructies;
- Baggeren (is inmiddels uitgevoerd in 2011)
- Natuurvriendelijk onderhoud

Gebiedsbrede maatregelen zijn:

- Onderzoek diffuse bronnen stedelijk gebied;
- Onderzoek effect overstorten;
- Landelijk mestbeleid;
- Nader onderzoek naar waterafvoer en peilbeheer;
- Verwijdering geceosoteerde beschoeiing;
- Voorlichting en educatie diffuse bronnen.

Voor zover bekend zijn er sinds 2007 geen grootschalige of ingrijpende maatregelen op het onderzoekstraject uitgevoerd. Wel is er regulier onderhoud uitgevoerd. Het onderzoekstraject is eind 2010 – begin 2011 gebaggerd.

HOOFDSTUK 3 Analyse

Achtereenvolgens zijn in de volgende paragrafen waterbalans en de stoffenbalansen voor totaal fosfaat en totaal stikstof toegelicht. Bij beide onderdelen is er aandacht voor beschikbare gegevens (zie tabellen 2 en 6), aannames en deelresultaten.

3.1 WATERBALANS

3.1.1 GEGEVENS

De waterbalans is opgesteld voor het traject van de Grote Wetering tussen meetpunt 232340 en het uitstoompunt bij Kerkdijk (meetpunt 232040, zie afbeelding 2). De volgende in- en uitlaatposten zijn meegenomen in de waterbalans, namelijk: inlaat, uitlaat, kwel, wegzijging, neerslag en verdamping. De herkomst en detailniveau van de gegevens is verschillend. Debieten van in- en uitlaatwater zijn alleen gemeten in de zomermaanden, om deze reden zijn alleen van deze maanden balansen opgesteld. Kwel is op basis van een gridbestand en neerslag en verdamping is gebaseerd op algemene aangeleverde gegevens. In de onderstaande tabel is een overzicht van de gebruikte gegevens weergegeven.

Tabel 2
Gegevens waterbalans

| Posten | Bron | Tijdschaal / meetjaren |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Neerslag | Aangeleverde gegevens [1] | Maanden (gemiddelde waarden) |
| Verdamping | Aangeleverde gegevens [1] | Maanden |
| Inlaat | Aangeleverde meetgegevens [2] | Maart 2010 - oktober 2010 |
| Kwel / wegzijging | Aangeleverde gegevens [3] | Gemiddelde jaarwaarde |
| Uitlaat | Aangeleverde meetgegevens [2] | Maart 2010 - oktober 2010 |

NB: tussen haakjes zijn bronverwijzingen naar literatuurlijst

Het afstromend oppervlak binnen het beschouwde gebied is 740 ha. (zie afbeelding 2). De omgrenzing hiervan is vastgesteld op basis van afstroomgebieden en gebiedskennis. Dit is van belang voor het berekenen van de aan- en afvoer van water en stoffen als gevolg van drainage en infiltratie. Deze aan- en afvoer wordt gepresenteerd als een resultante, ofwel de som van de posten neerslag, verdamping en kwel. Voor de stoffenbalans worden deze gekoppeld met kentallen voor uitspoeling en concentraties van kwel. Het wateroppervlak van het onderzoekstraject is 6.5 ha. Dit is exclusief de aangesloten zijtakken en het Stroombreed.

De waterbalansen zijn alleen opgesteld voor de zomermaanden van 2010. Uit de metingen blijkt dat afvoeren gedurende de zomer afnemen. In augustus is er een plotselinge toename. Dit is te verklaren door de hevige buien die toen hebben plaatsgevonden. Ook blijkt uit de

metingen dat er tijdens de droogste maanden (juni en juli) tegengestelde stroming heeft plaatsgevonden.

3.1.2

AAN EN AFVOER POSTEN

Inlaat en uitlaat: water wordt 'ingelaten' via bovenstroomse toevoer en via het 'Stroombreed' die halverwege het traject aansluit op de Grote wetering. Het Stroombreed heeft een groter debiet dan de bovenstroomse toevoer uit de Grote Wetering. Er is gerekend met debieten gemeten tussen maart en oktober 2010 bij de Houtweg (bovenstrooms, bij meetpunt 232030) en bij de Kerkdijk (benedenstrooms bij meetpunt 232040). De bijdrage van het Stroombreed is afgeleid volgens: uitstroom (benedenstrooms) – instroom (bovenstrooms) – resultante stroomgebied (na Houtweg) + neerslag open water – verdamping open water.

Neerslag / verdamping: De in tabel 3 getoonde neerslag en verdampingswaarden zijn op twee manieren gebruikt, namelijk: 1) voor het berekenen van de resultante stroomgebied dat aan- of afvoer richting het onderzoektraject veroorzaakt. (NB Voor de omrekening van gewasverdamping naar verdamping van open water in mm is een correctie met een factor 300 nodig, op basis van land- en wateroppervlak respectievelijk 740 en 6.5 ha) en 2) de neerslag en verdamping op het open water van de Grote Wetering. Voor het open water geldt dat er in de zomer een neerslagtekort is van 151 mm. In het stroomgebied is er een neerslagtekort van 33 mm.

Tabel 3

Gemiddelde neerslag en verdamping in mm in het stroomgebied per maand (Bron; langjarige reeksen de Bilt)

| Maand | Neerslag (mm) | Gewas-verdamping (mm) * | Overschot / tekort (mm) | Kwel (mm) | Resultante** (mm) |
|--------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------|-------------------|
| Januari | 71 | 12 | 59 | 23 | 82 |
| Februari | 73 | 7 | 66 | 23 | 88 |
| Maart | 63 | 18 | 45 | 23 | 68 |
| April | 41 | 44 | -3 | 23 | 20 |
| Mei | 65 | 73 | -8 | 23 | 15 |
| Juni | 56 | 84 | -28 | 23 | -6 |
| Juli | 100 | 98 | 2 | 23 | 25 |
| Augustus | 89 | 92 | -3 | 23 | 20 |
| September | 73 | 66 | 7 | 23 | 30 |
| Oktober | 77 | 43 | 34 | 23 | 57 |
| November | 82 | 27 | 55 | 23 | 78 |
| December | 72 | 12 | 60 | 23 | 83 |
| Zomermaanden | 424 | 456 | -33 | 137 | 105 |
| Totaal | 862 | 575 | 287 | 275 | 561 |

* Berekend verdamping open water / 1.26

** De resultante is de som van het neerslagoverschot/tekort en de kwel.

Kwel / wegzijging: de gemiddelde kwelintensiteit in het beschouwde stroomgebied is 0.755 mm / dag. Volgens het gridbestand is de kwel in het benedenstrooms deel hoger dan bovenstrooms. Dit is niet meegenomen in de analyse.

3.1.3

METHODE UITGANSPUNTEN

Het onderzoeksgebied bestaat uit drie inlaten en twee onderzoeksgebieden. Namelijk bovenstrooms van debietmeetpunt 232030 (Houtweg) en benedenstrooms ervan. Deze indeling is nodig om de bijdrage van zowel het stroomgebied als het Stroombreed in te kunnen schatten. In tabel 4 en afbeelding 4 is een overzicht gegeven van alle in- en uitstroomposten.

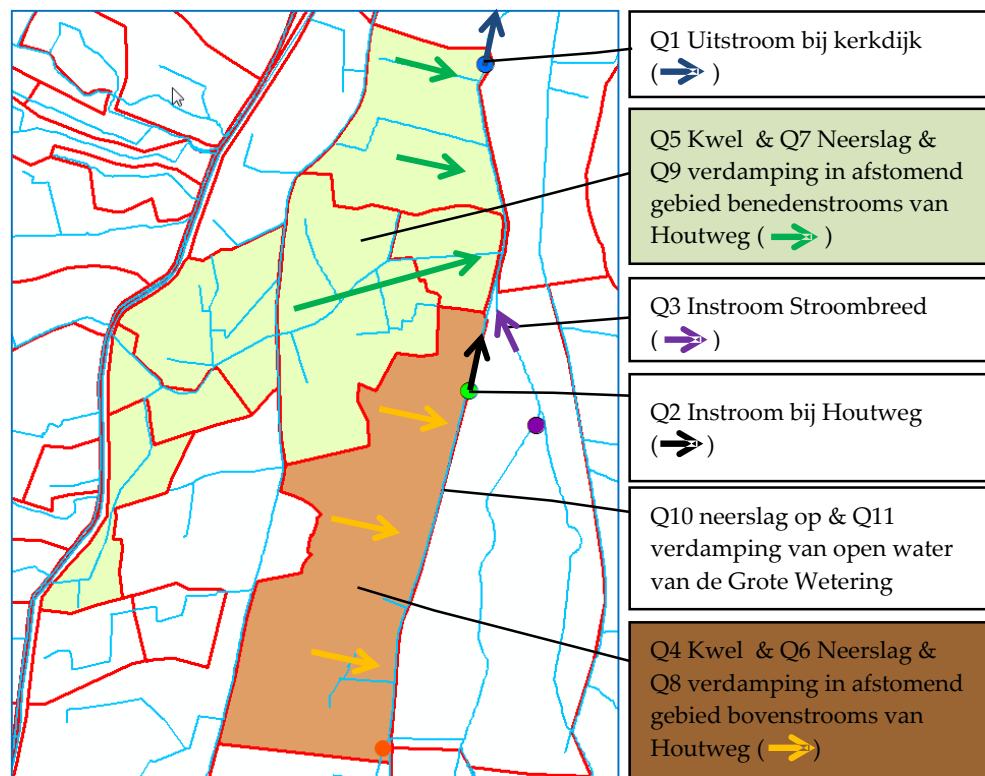
Tabel 4

Posten waterbalans

| In / uit | Code | Posten | Locatie | Gemeten / afgeleid |
|----------|------|------------|------------------------|--------------------|
| Uit | Q1 | Uitstroom | Kerkdijk (232040) | Gemeten |
| In | Q2 | Inlaat | Houtweg (232030) | Gemeten |
| In | Q3 | Inlaat | Stroombreed | Afgeleid |
| In | Q4 | Kwel | Bovenstrooms Houtweg | Berekend |
| In | Q5 | Kwel | Benedenstrooms Houtweg | Berekend |
| In | Q6 | Neerslag | Bovenstrooms Houtweg | O.b.v. tabel 3 |
| In | Q7 | Neerslag | Benedenstrooms Houtweg | O.b.v. tabel 3 |
| Uit | Q8 | Verdamping | Bovenstrooms Houtweg | O.b.v. tabel 3 |
| Uit | Q9 | Verdamping | Benedenstrooms Houtweg | O.b.v. tabel 3 |
| in | Q10 | Neerslag | Op open water | O.b.v. tabel 3 |
| Uit | Q11 | Verdamping | Van open water | O.b.v. tabel 3 |

Afbeelding 4

Posten waterbalans op kaart



Q6 en Q7 zijn de neerslag die in het gebied valt dat afstroomt in het onderzoeksgebied. Dit zijn posten die bijdragen aan de totale afvoer. Als gevolg van uitspoeling worden hier in de volgende paragrafen ook N- en P- vrachten aan gekoppeld. Q10 is neerslag op open water.

Q4 t/m Q9 vormen samen de 'resultante stroomgebied'. In de waterbalans zijn deze gezamenlijk als 'resultante stroomgebied' gepresenteerd. De overige posten zijn direct overgenomen in de waterbalans.

Omdat er geen debietmetingen in de wintermaanden zijn uitgevoerd zijn hier geen balansen van opgesteld. Van de zomermaanden en het zomerhalfjaar jaar (april t/m september 2010) zijn wel balansen opgesteld. De balansen zijn aangevuld met (minder nauwkeurige) informatie over kwel en neerslag en verdamping. Hierbij is het neerslagoverschot gebruikt voor het gehele afstromende oppervlak over een gemiddelde periode. Hierdoor sluit de gemiddelde neerslag minder goed aan bij de gemeten afvoeren. Er is aangenomen dat er geen bergingsverandering optreedt in het grondwater.

3.1.4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Inschatting betrouwbaarheid volgens CORINAIR

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [Van de Most, 1998]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek CORINAIR (CORE emission Inventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties

B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;

C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;

D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;

E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

Tabel 5
 Waterbalans zomerhalfjaar
 2010

| In / uit | Code | Posten | mm (x 1000)* | m ³ / zomer (miljoen) | Aandeel (%) | Betrouw- baarheid (corinair) |
|----------|------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| In | Q2 | Instroom Houtweg | 101 | 2,5 | 21,6 | A |
| In | Q3 | Stroombreed ** | 336 | 8,4 | 71,7 | C |
| | *** | Resultante stroomgebied | 31 | 0,8 | 6,6 | D |
| In | Q10 | neerslag open water | 0,42 | 0,0 | 0,1 | D |
| Uit | Q11 | verdamping open water | -0,58 | -0,0 | -0,1 | D |
| Uit | Q1 | Uitstroom | -468 | -11,7 | -99,9 | A |

* *obv een wateroppervlak van 2.5 ha.*

** *Het Stroombreed wordt berekend uit gemeten waarden van Q Kerkdijk - Q Houtweg*

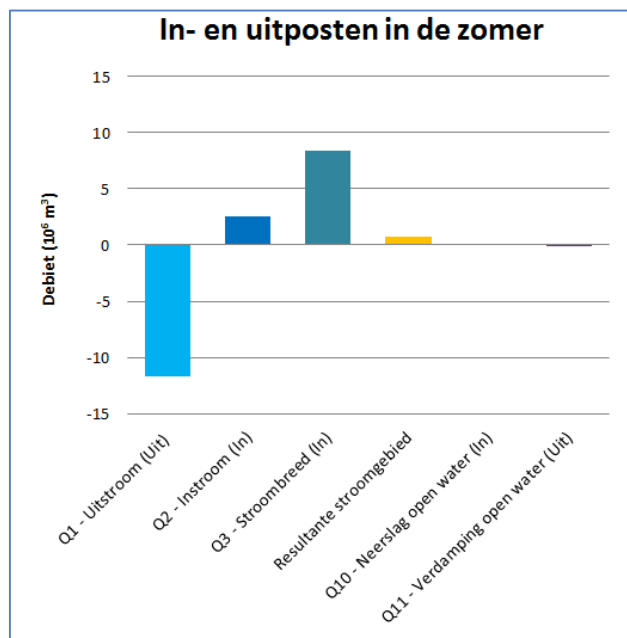
*** *Is de resultante van gemiddelde gebiedsposten: Q4, Q5 (kwel), Q6, Q7(neerslag), Q8, Q9 (verdamping).*

Tabel 5 laat de sluitende waterbalans van het zomerhalfjaar jaar van 2010 zien. In bijlage 1 en figuur 3 zijn de waterbalansen van april t/m september opgenomen. De betrouwbaarheid is geschat op basis van de methodiek CORINAIR (zie tekstbox), een methode die in de emissieregistratie wordt gebruikt. Hier wordt de betrouwbaarheid inzichtelijk gemaakt op

een schaal van A t/m E op basis van het type gebruikte informatie (exacte gegevens, gemiddelden, berekende waarde, aannames, etc.). Hierbij is A 'betrouwbaar' is en E 'minder betrouwbaar'.

Figuur 2

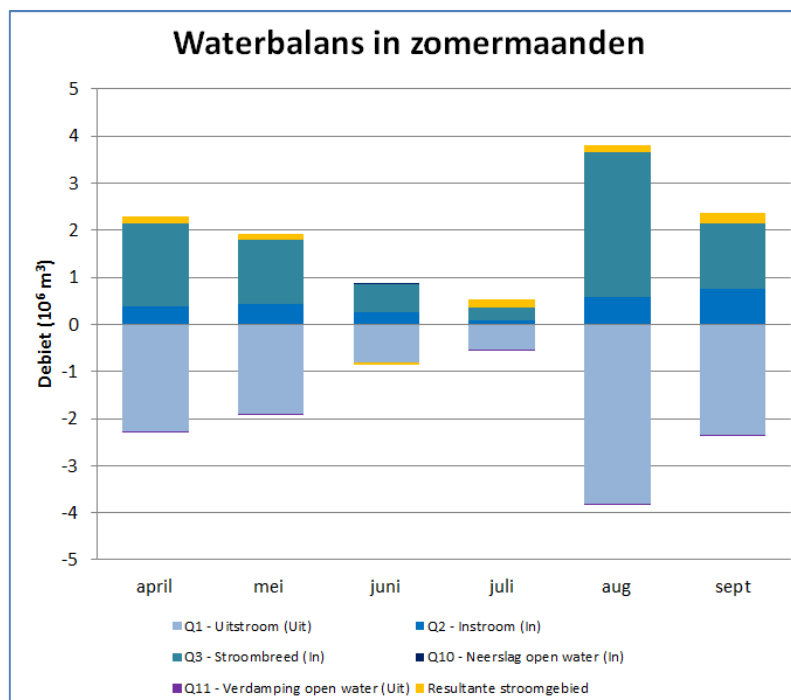
Waterbalans zomerhalfjaar
2010



In figuur 2 is de verdeling van de verschillende posten weergegeven in de zomerperiode. Hieruit blijkt dat het Stroombreed de belangrijkste inlaat is en dat de uitstroom de afvoer bepaald. De resultante van het afstromende gebied en de neerslag op en verdamping van open water zijn relatief kleine posten.

Figuur 3

Waterbalans
zomermaanden 2010



In figuur 3 zijn de in- en uitposten per maand weergegeven. Hieruit blijkt ook dat de in- en uitstroom de belangrijkste posten zijn. Ook is te zien dat aan- en afvoeren vanaf het voorjaar afnemen tot en met juli. In augustus nemen aan- en afvoer sterk toe. Deze grotere debieten zijn te verklaren door zeer intensieve regenbuien in augustus 2010, die op veel plaatsen tot wateroverlast hebben geleid. De 'resultante stroomgebied' heeft waarschijnlijk een te kleine bijdrage. Er is namelijk gerekend met gemiddelde neerslag gegevens en niet met gemeten waarden die hoger liggen. In de maand juni zijn kwel en neerslag niet voldoende om verdamping te compenseren.

Discussie

In droge perioden in de zomer zijn er gedurende enkele dagen zeer lage en zelfs tegengestelde stromingen gemeten. Tegengestelde stroming is na het berekenen van de gemiddelde debieten per maand niet zichtbaar. Deze stroming heeft echter wel invloed op de posten van de waterbalans, er stroomt meer water zowel in 'normale' richting als ook de tegengestelde richting. Alleen in juni en juli is het aandeel tegengesteld stromend water groter dan 1% van het totale debiet (resp. 1.3 en 6.1%), dit is niet gepresenteerd. Ten aanzien van de volgende stoffenbalansen zal het effect hiervan klein zijn omdat het om relatief kleine hoeveelheden gaat. Ook gaat het om een verplaatsende waterkolom die na wisseling van stroomrichting opnieuw (en soms meerdere keren) het beschouwde gebied instroomt. Het is niet bekend of de watersamenstelling wordt beïnvloed door deze verplaatsing en gezien het detailniveau van de studie is dit niet relevant. Er is daarom gerekend met de netto debieten en er is aangenomen dat de kwaliteit van dit water gelijk blijft tijdens tegengestelde stroming.

Uit tabel 5 blijkt dat de betrouwbaarheid van een aantal posten niet optimaal is. Echter de kwantitatief belangrijkste posten zijn gebaseerd op meetgegevens of een directe afgeleide ervan en scoren A of C, wat gunstig is voor de indicatie van betrouwbaarheid.

3.2 **STOFFENBALANS**

3.2.1 **GEGEVENS**

Van het in- en uitgelaten water zijn de vrachten stikstof (N_{tot}) en fosfor (P_{tot}) afgeleid van gemeten concentraties. Omdat er geen concentraties beschikbaar waren voor 2010 zijn waarden uit andere jaren gebruikt. Voor uitspoeling is de vracht berekend op basis van het oppervlak van bodemtype en landgebruik in het stroomgebied. Het meest nauwkeurige uitgangspunt is meetwaarden, zoals ook aangegeven bij de waterbalans. Hiervan zijn, op drie locaties (zie kaart afbeelding 2) metingen uitgevoerd. N_{tot} en P_{tot} zijn gebaseerd op gemiddelde van maandelijkse metingen uit 2005. De belasting vanuit de overige bronnen is berekend met kentallen. Hieronder is een overzicht van de gebruikte gegevens en kentallen.

Tabel 6

Gegevens stoffenbalans

| Posten | Meetpunt | Bron | P (mg/l) | N (mg/l) | Tijdschaal |
|-------------|----------|-------------------------------|----------|----------|----------------|
| Inlaat | 232340 | Aangeleverde meetgegevens [3] | 0.07 | 0.85 | Maanden (2005) |
| Uitlaat | 232040 | Aangeleverde meetgegevens [3] | 0.10 | 1.08 | Maanden (2005) |
| Stroombreed | 231780 | Aangeleverde meetgegevens [3] | 0.10 | 1.11 | Maanden (2005) |

| | | | | |
|-------------|----------------------------|---------------|----------|----------------|
| Kwel | Gies <i>et al</i> (2002) | 0.205 | 5.0 | jaargemiddelde |
| Neerslag | Stolk (2001) | 0.000057 | 0.002356 | Maanden |
| Uitspoeling | Kentallen Ws. Rivierenland | Zie bijlage 2 | | jaargemiddelde |

3.2.2

AAN EN AFVOER POSTEN

Instream: Er wordt op twee plaatsen water ingelaten, bovenstrooms bij waterkwaliteitsmeetpunt 232340 en vanuit het Stroombreed. Hieraan is waterkwaliteitsmeetpunt 231780 gekoppeld (zie afbeelding 2). Op basis van gemeten concentraties in 2005 en debieten uit 2010 zijn per maand en voor de zomerperiode stofbalansen opgesteld. In dit hoofdstuk zijn de P_{tot} - en N_{tot} -balansen voor de hele zomerperiode weergegeven. De maandbalansen zijn opgenomen in bijlage 3. De kwaliteit van het uitstroomwater is gebaseerd op waterkwaliteitsmeetpunt 232040.

Kwel / wegzijging: De kwel is voor het belangrijkste deel afkomstig van de Veluwe, ondiepere kwelstroming vanuit de IJssel zullen naar verwachting meer oostelijk boven komen en bijdragen aan de afvoer van de Terwoldse Wetering en het Stroombreed. De kwaliteit van de kwel is geschat op 5 mg N/l en 0.205 mg P/l. Deze waarden zijn gebaseerd op de gemiddelde concentraties in het diepe grondwater in zandbodems van Gelderland (Gies et al., 2002).

Neerslag: Regenwater is niet 'schoon'. Ook hier zit N en P in. Er is gerekend met de volgende concentraties N en P in neerslag: 0.0024 mg N /l en 0.000057 mg P/l. (Stolk, 2001). Voor de belasting van regenwater is uitgegaan van een 862 mm per jaar. De verdeling van neerslag en verdamping per maand is gepresenteerd in tabel 3.

Uitspoeling is een aanvullende post ten aanzien van de waterbalans. Voor het berekenen van de uitspoelingsvrachten is er gebruik gemaakt van kentallen specifiek voor bodemtypen klei, zand en veen in combinatie met landgebruik (zie bijlage 2). De uitspoeling is gekoppeld aan het areaal van de diverse combinaties op basis van de bodemkaart en landgebruik en wordt per jaar berekend. De uitspoeling zal via de resultante van kwel en het neerslagoverschot het open water bereiken. Binnen deze analyse zijn jaarvrachten van kwel en uitspoeling debietproportioneel gekoppeld aan de resultante per maand. Dit betekent dat de kwel en uitspoelingsvrachten op basis van neerslag- en kweldebieten worden verdeelt over de maanden.

Restpost: Via diverse (biochemische) processen kan er stikstof of fosfaat aan de waterkolom worden toegevoegd of onttrokken. Nitrificatie en denitrificatie en zijn processen waarbij gebonden stikstof wordt omgezet in gasvormig N_2 . Via uitwisseling met de lucht verdwijnt er zo stikstof uit het systeem. Voor fosfor geldt dat de bodem fosfor kan opnemen of naleveren. Dit is afhankelijk van de bodemsamenstelling en de fosfaatconcentraties in de waterkolom. Deze processen zijn moeilijk in te schatten en zijn daarom als restpost opgenomen in de stoffenbalansen. In hoofdstuk 4 is er extra aandacht voor de fosfaataflevering van de waterbodem. Daarnaast komen ook fouten gekoppeld aan de methode en gebruikte gegevens tot uiting in deze restpost.

Overige: rioolozingen, vogelontlasting en andere mogelijke bronnen zijn buiten beschouwing gelaten. Atmosferische depositie is opgenomen in de belasting via neerslag.

3.2.3

METHODE / UITGANGSPUNTEN

Inlaatposten voor de waterbalans zijn overgenomen voor de stoffenbalans. De stoffenbalans is opgesteld op basis van vrachten. Om tot vrachten te komen zijn twee methodes gebruikt, namelijk de koppeling van debieten aan concentraties en de debietproportionele benadering voor de belasting uit het afstromende gebied, ofwel 'resultante gebied'. Deze post bestaat uit V4 t/m V7 + landbouwuitspoeling (zie ook tabel 7 en 9).

Concentraties op basis van kentallen of metingen zijn gekoppeld aan debieten van de posten instroom en neerslag op open water. Omdat er alleen debietmetingen van de zomer 2010 bekend zijn, zijn deze gecombineerd met de concentratiegegevens uit 2005. Voor N is gerekend met N_{tot} of met een optelsom van organische stikstof ($N_{\text{-kjeldahl}}$), $N\text{-NO}_3$ en $N\text{-NO}_2$. Voor P is gerekend met P_{tot} waarden. De water- en stoffenbalansen dateren dus van voor de winter van 2010 ten tijde van een ongebaggerde situatie.

Vrachten van neerslag, uitspoeling en kwel in het stroomgebied zijn op jaarbasis berekend. Bij neerslag en kwel zijn de vrachten gebaseerd op basis van debieten en concentraties, bij uitspoeling op een combinatie van landgebruik en bodem. Vervolgens zijn hun relatieve aandelen per maand berekend via een debietproportioneel verdeling, dus hoe meer overschot (neerslag + kwel – verdamping) hoe meer belasting. De gebruikte verdeling is weergegeven in tabel 3, kolom 'resultante'. In juni is er een watertekort en dus infiltratie. In deze maand verdwijnt er stikstof en fosfor uit het onderzoekstraject via infiltratie. Om de vracht te berekenen is de gemiddelde concentratie in het water bepaald met de meetpunten. Deze concentraties zijn vervolgens gekoppeld aan het tekort.

Tabel 7

In en uit posten
 stoffenbalansen en de
 betrouwbaarheid van
 gegevens

| In / Uit | Posten (V = vracht) | Betrouwbaarheid kwaliteitsgegevens |
|----------|--|---------------------------------------|
| In | V2 - Houtweg instroom | A |
| In | V3 - Stroombreed instroom | C |
| In* | V4 - Kwel (voor Houtweg) | E |
| In* | V5 - Kwel (na Houtweg) | E |
| In* | V6 – Neerslag op land (uit/afspoeling voor Houtweg) | E |
| In* | V7 - Neerslag op land (uit/afspoeling na Houtweg) | E |
| In | V10 – Neerslag op open water | E |
| In * | Landbouwuitspoeling klei | C |
| In * | Landbouwuitspoeling veen | C |
| In * | Landbouwuitspoeling zand | C |
| Uit | V1 - uitstroom bij Kerkdijk | A |
| In/uit | restpost | E |

* Vrachten V4 t/m V7 + de uitspoelingsposten vormen samen de 'resultante stroomgebied'

3.2.4

RESULTATEN EN DISCUSSIE

In tabel 8 is de stoffenbalans weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen totaalvracht (kg), het relatieve aandeel van de aan- en afvoerposten (%) en de belasting in g/m² wateroppervlak. Deze laatste waarden worden gebruikt voor de analyse in § 3.2.5. In tabel 9 zijn de relatieve aandelen van de stroomgebiedsposten weergegeven als uitsplitsing van de post resultante stroomgebied.

Tabel 8

Stoffenbalans in
zomerhalfjaar*

| In / Uit | Posten | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|----------|-------------------------|------------------|-------|----------------------------------|------|---------------------|------|
| | | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| In | V2 Instroom Houtweg | 1911 | 152 | 76 | 6 | 11 | 13 |
| In | V3 Instroom Stroombreed | 9326 | 826 | 373 | 33 | 52 | 68 |
| In | V10 neerslag open water | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| In | Resultante stroomgebied | 6711 | 234 | 268 | 9 | 37 | 19 |
| Uit | V1 Uitstroom Kerkdijk | -12595 | -1189 | -504 | -48 | -70 | -98 |
| In | Totaal | 17949 | 1212 | 718 | 48 | 100 | 100 |
| Uit | Totaal | -12595 | -1189 | -504 | -48 | -70 | -98 |
| | Restpost (in-uit) | -5353 | -23 | -214 | -1 | -29,8 | -1,9 |

* De bovenstaande balans is gebaseerd op debieten uit 2010 en concentraties uit 2005 en is daarom niet te koppelen aan een specifiek jaar.

Tabel 9

Relatieve bijdrage van
gebiedsposten die
gezamenlijk de Resultante
stroomgebied vormen.

| Posten behorende bij 'Resultante stroomgebied' | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|---|------------------|------|----------------------------------|------|---------------------|------|
| | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| Klei - Land(bouw) uitspoeling | 587 | 20 | 23 | 1 | 3 | 2 |
| Veen - Land(bouw) uitspoeling | 591 | 42 | 24 | 2 | 3 | 3 |
| Zand - Land(bouw) uitspoeling | 3640 | 92 | 146 | 4 | 20 | 8 |
| Kwel (op land en water) | 1891 | 79 | 76 | 3 | 11 | 7 |
| Neerslag (op land en water) | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Totaal | 6711 | 234 | 268 | 9 | 37 | 20 |

Uit de tabellen 8 en 9 blijkt:

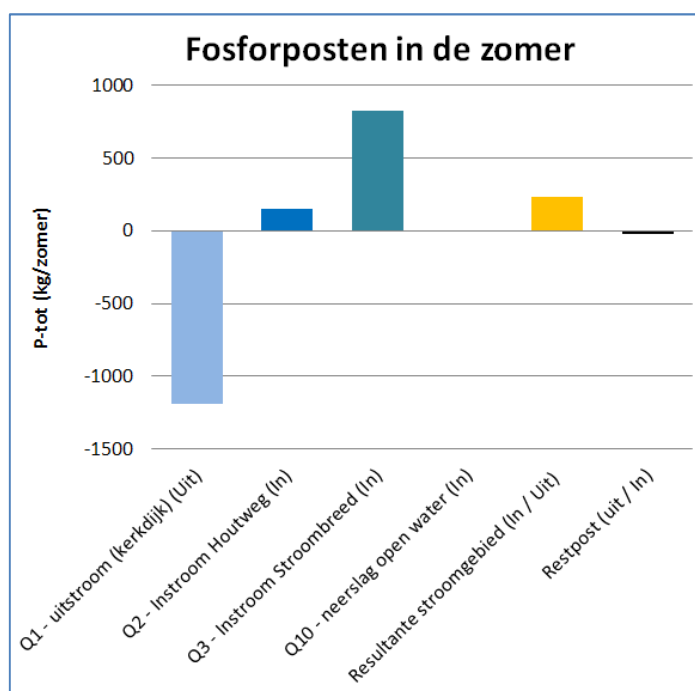
- De totale aanvoer N is veel groter dan de afvoer bij de Kerkdijk. Dit is te verklaren door processen als denitrificatie, door overschatting van de resultante stroomgebied (vooral uitspoeling) of een combinatie van beide;
- De totale aan- en afvoeren van fosfor liggen dicht bij elkaar dan bij stikstof, er komt slechts 23 kg (2%) meer P in dan dat er uit gaat;
- Het grootste aandeel N en P komt uit het Stroombreed. Vooral de relatieve P belasting vanuit het Stroombreed is groot, namelijk 68%.
- Hiernaast is ook de bijdrage van de stroomgebied resultante aanzienlijk, met name voor de N-belasting (37%) maar ook voor P-belasting (19%). In tabel 9 is te zien dat vooral de uitspoeling uit zandgrond en kwel een grote bijdrage hebben aan vracht van de stroomgebied resultante. De rol van zand in vergelijking met veen en klei is te verklaren door de oppervlakteverdeling en bodemeigenschappen;
- De stroomgebiedsresultante is groter dan de (absolute) restpost.

- Neerslag draagt nauwelijks bij aan de P en N belasting, dit blijkt zowel uit tabel 9 (neerslag in het stroomgebied) als tabel 8 (neerslag op open water van de Grote Wetering).

In figuren 4 en 5 zijn de P_{tot} en N_{tot} vrachten van de zomerperiode per in- en uitpost gevisualiseerd. Deze onderstrepen de bovenstaande constatering. Ook is goed te zien dat de restpost en de resultante stroomgebied een belangrijker aandeel hebben in de stikstofbalans dan de fosforbalans

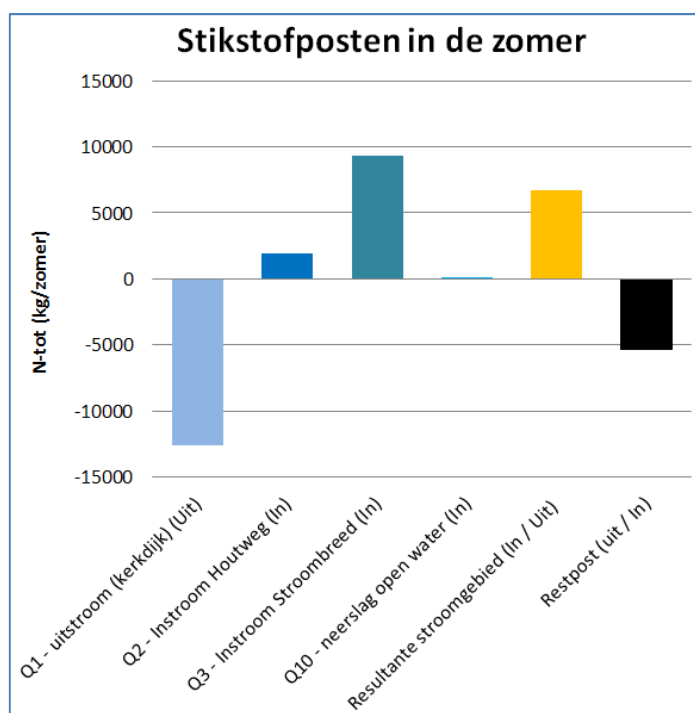
Figuur 4

Fosforbalans zomerhalfjaar
2010



Figuur 5

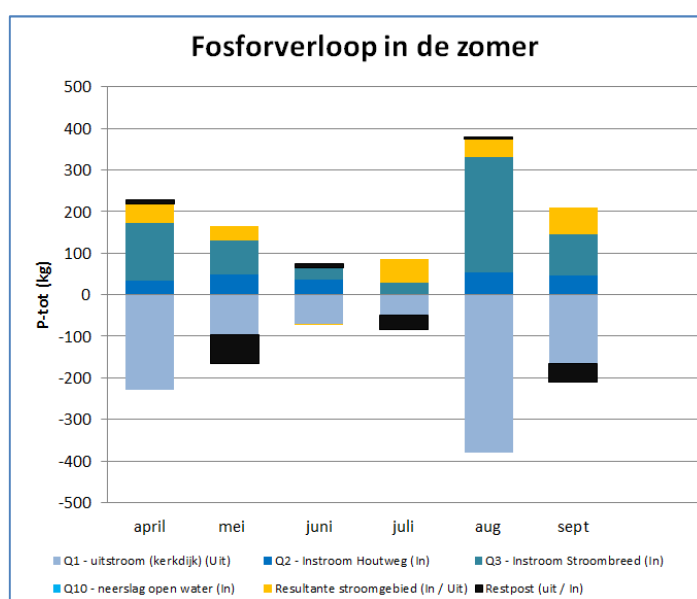
Stikstofbalans zomerhalfjaar
2010



In de figuren 6 en 7 zijn de in- en uitvrachten uitgezet per maand gedurende het zomerhalfjaar. Hieruit blijkt dat de belasting van P en N de volumina voor een deel volgen, met steeds lager wordende vrachten in de zomer (zie ook figuur 3; waterbalans). Door het tekort aan water in juni is er infiltratie en is de resultante stroomgebied negatief. Opvallend is het grote aandeel van resultante stroomgebied in juli. Dit is te verklaren door de hoge (langjarig gemiddelde) neerslag die verbonden is aan deze maand (zie ook tabel 3). Dit komt niet overeen met de gemeten afvoeren die in juli 2010 juist erg laag waren en in augustus hoog. Duidelijk is het belang van inlaat van bovenstrooms water en vooral water uit het Stroombreed voor de P-belasting. De restpost bij P-tot heeft in sommige maanden een positieve en soms negatieve waarden. Het overschot aan N in de stoffenbalans resulteert in een negatieve restpost.

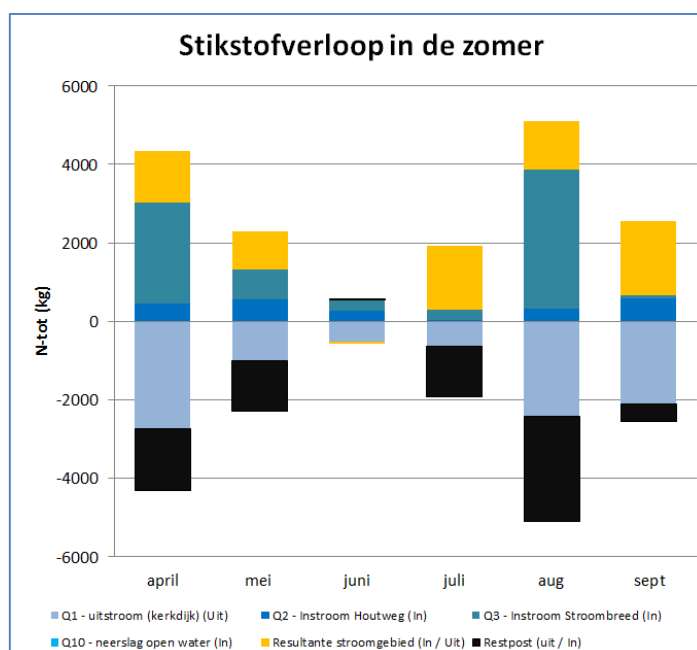
Figuur 6

P_{tot} balans zomerhalfjaar.



Figuur 7

N_{tot} balans zomerhalfjaar.



3.2.5

DISCUSSIE

De betrouwbaarheid van de beschreven resultaten wordt voor een belangrijk deel beperkt door drie factoren namelijk:

1. De koppeling van waterkwaliteit- en waterkwantiteitgegevens uit respectievelijk 2005 en 2010;
2. Het gebruik van kentallen voor concentraties stikstof en fosfor in kwel en uitspoeling; de koppeling van langjarige neerslag- en verdampingsgegevens met debietgegevens uit 2010;
3. De aanname dat uitspoeling van nutriënten uit de landbouw, kwel- en neerslagbelasting debietproportioneel is.

De tegengestelde stroming veroorzaakt een verwaarloosbare fout.

Gegevens 2005 en 2010

Waterkwaliteitsgegevens uit 2005 zijn gecombineerd met debieten uit 2010. Dit is verre van optimaal, omdat vrachten nu hoger of lager kunnen uitvallen. De concentratie kan namelijk sterk afhankelijk zijn van het debiet. De verwachting is dat gedurende de zomermaanden het debiet afneemt, maar er in de zomer natte maanden zijn. Met de uitzondering van extreem natte maand augustus is 2010 een redelijk 'standaard' jaar. In deze maand zijn dan ook enorme afvoerpieken geconstateerd. De uitspringende hoge aandeel van restpost en kleine uitstroom lijkt dan ook een gevolg te zijn van deze combinatie van meetwaarden uit 2005 en 2010. In theorie zou je namelijk bij grote debieten een klein aandeel van processen verwachten omdat de verblijftijd kort is.

Kentallen in combinatie met langjarige weer- en jaarspecifieke debietreeksen

Er is gerekend met een aantal kentallen voor concentraties (regenwater en kwel) en uitspoelingsvrachten. Gezien de geringe bijdrage van regenwater is deze post en de bijhorende kentallen niet essentieel voor het resultaat. De kwel en uitspoeling wel. De verwachting is dat N-uitspoeling is overschat.

De vrachten P en N via kwel zijn berekend met i) een gemiddelde kwelintensiteit in het onderzoeksgebied in een jaar, zonder onderscheid te maken tussen zomer en winter en ii) concentraties in het diepe grondwater (7m -MV) volgens Gies *et al.* (2002)¹. Dit zijn zeer algemene getallen, die ook niet specifiek voor dit stroomgebied zijn bepaald, die in combinatie met een aanzienlijke kweldruk tot forse belastingen leiden. In hoeverre deze waarden de werkelijke situatie benaderen is alleen vast te stellen aan de hand van daadwerkelijke metingen.

Doordat er gerekend is met een gemiddelde kwelintensiteit voor het hele gebied kan dit geleid hebben tot een plaatselijke onder- of overschatting van deze post. Over het hele gebied leidt dit waarschijnlijk niet tot een grote afwijking van de resultaten, mits de concentraties lokaal niet verschillen.

Uitspoeling van het ondiepe grondwater is berekend via de kentallen van waterschap Rivierenland geldend voor een heel jaar (zie bijlage 2). Deze uitspoeling zal naar verwachting vooral plaatsvinden tijdens de winter (bij hoge neerslag en lage plantopname). Hierom is er gekozen voor een debietproportionele verdeling op basis van het

¹ Op basis van een Meetnet Gelderland.

(maandelijke) wateroverschot / -tekort. De verdeling is gebaseerd op algemene neerslag gegevens en gemiddelde kwel. Deze komen niet altijd overeen met de werkelijke lokale situatie in 2010, met name voor neerslag zijn er behoorlijke verschillen tussen jaren. De hoge algemene neerslag waarden in juli (tabel 3) verhouden zich niet met de gemeten afvoeren. In augustus lijken afvoeren juist veel hoger te zijn dan de algemene waarden. De fout die hiermee gepaard gaat is vooral te zien bij kleinere tijdsintervallen, zoals maanden (zie figuren 6 en 7). Bij de balansen opgesteld voor de zomerperiode worden verschillen weggemiddeld en is het effect veel kleiner. Het niet meenemen van veranderingen in grondwaterberging kan aanvullend ook nog impact hebben.

Tegengestelde stroming

Gedurende enkele droge perioden in de zomer zijn er tegengestelde stromingen gemeten. Deze stroming heeft invloed op de stoffenbalans, maar is niet meegenomen. Hierdoor wordt de belasting vanuit bovenstroomse aanvoer en het Stroombreed is tijdens 'normale' stroming onderschat. Ook wordt de er aanvoer bij tegengestelde stroming niet meegenomen. Bij gelijke watersamenstelling kun je deze effecten tegen elkaar wegstrepen.

3.2.6

CONCLUSIES

Belangrijkste bevindingen zijn:

- De belangrijkste nutriëntenbron is de bovenstroomse aanvoer. Ook lijkt het stroomgebied een belangrijke bron. Voor stikstof geldt dat uitspoeling van vooral zandgrond en kwel een aanzienlijke bijdrage lijkt te leveren. Dit is niet zeker omdat de factor uitspoeling mogelijk is overschat.
- Vrachten nemen samen met de debieten af gedurende de zomer. In natte zomermaanden is de belasting hoog.
- De restpost bij N-tot is een aanzienlijke 'uitgaande post' (N: -30% in de zomerperiode). Dit is het gevolg van processen zoals (de)nitrificatie en plantopname en de fout gekoppeld aan de methodiek (kentallen uitspoeling, etc.).
- De restpost bij P-tot is relatief klein, soms positief soms negatief. Op basis hiervan lijken processen zoals nalevering van de bodem geen grote rol te spelen.

3.3

INTERNE EN EXTERNE BELASTING

De externe belasting in het studietraject kunnen we bepalen door alle berekende ingaande posten op te tellen. Deze is voor het zomerhalfjaar: 718 g N/m² en 48 g P/m² voor P. De interne belasting wordt bij gebrek aan metingen vaak bepaald aan de hand van de restpost. Omdat de restpost ook de fouten van de methodiek bevat is deze waarde erg onzeker. Voor het zomerhalfjaar zijn de volgende restposten berekend: -214 g N/m² en -1 g P/m² (tabel 8) (ofwel: - 5.0 mg P/ m²/ dag en - 1.2 g N /m²/ dag gedurende de zomer). Deze negatieve waarden geven aan dat we berekenen dat het systeem netto nutriënten opneemt. Voor stikstof lijkt dit aannemelijk en zal dit het resultaat zijn van plantopname, nitrificatie en denitrificatie. Voor fosfor is de berekende netto opname door het systeem heel klein. Gezien de potentiële fout in de balans (zie discussie in § 3.2.5) kan dit niet met zekerheid geconcludeerd worden. Als de resultante in werkelijkheid kleiner is (bijvoorbeeld doordat in de huidige berekening uitspoeling overschatting wordt), valt de restpost toch positief uit

en vindt er wel een flux vanuit de waterbodem plaats. Zowel beperkte fosfor opname als nalevering behoren dus tot de mogelijkheden.

Bij de bodemdiagnose (zie hoofdstuk 5) is de berekende uitspoeling op basis van deze kentallen zodanig aangepast dat op jaarbasis geen netto ophoping van P plaatsvindt en voor N een redelijke waarde voor retentie wordt verkregen. Het op deze manier ontstane beeld geeft zicht op het belang van de verschillende aan- en afvoerroutes van nutriënten.

3.4

AANBEVELINGEN

Zoals hierboven al is aangegeven kan deze of een willekeurige andere watersysteemanalyse beter worden uitgevoerd als:

- Waterkwaliteit- en kwantiteitsmetingen gedurende een heel jaar en op dezelfde locaties worden uitgevoerd.
- Als kentallen worden onderbouwd of vervangen door lokale metingen (zoals voor kwel en neerslag) en maandspecifiek zijn (kwel, neerslag en uitspoeling).
- Gebruik wordt gemaakt van lokale neerslag en verdampingsgegevens en grondwaterberging wordt meegenomen.

De water- en stoffenbalansen geven de volgende inzichten:

- Baggeren heeft naar verwachting geen groot effect op fosfaatconcentraties, op basis van de P-balans wordt geen substantiële nalevering verwacht.
- Om de belasting te verminderen kan er gekeken worden naar de bovenstroomse aanvoer (Kleine wetering en Stroombreed). Interessant is om te kijken in hoeverre deze is bepaald door inlaat vanuit de IJssel. Als er minder water wordt ingelaten of doorgespoeld dan wordt de verblijftijd vergroot waardoor processen meer invloed zullen hebben op de waterkwaliteit. De invloed van kwel en uitspoeling zal hierdoor ook relatief groter worden. Minder inlaat van IJsselwater zou mogelijk ook kunnen leiden tot een watertekort en (droogte) problemen opleveren voor de landbouw.
- Vermindering van uitspoeling kan zowel de nutriëntgehalten in de inlaat als de aanvoer vanuit het afwaterend gebied van dit traject verminderen. Hierbij kan gedacht worden aan landbouwmaatregelen zoals optimalisatie van bemesting of de introductie van bufferstroken. STOWA- onderzoek (2010) heeft aangetoond dat bufferstroken vooral effectief zijn op kleiige bodem in combinatie met grasland (P-reductie). Natte bufferstroken (ofwel natuurvriendelijke oevers) hebben tevens een sterk denitrificerend vermogen en verhogen de natuurwaarde en beleving.
- Baggeren heeft behalve op de nutriëtnalevering ook invloed op de ecologie, zoals de afname van de slapheid van substraat waardoor planten moeilijk kunnen wortelen, een meer diverse bodemsamenstelling, minder zuurstofloosheid door de afbraak van organisch materiaal. Het effect van deze aspecten van baggeren is onderzocht in een parallelstudie (ARCADIS, 2011). Hierin is onderzocht welke variabelen het meest beperkend zijn voor de vegetatie. AqMaD-resultaten geven aan dat verhoogde concentraties stikstof (diverse verbindingen) beperkend zijn voor met name ondergedoken vegetatie.

HOOFDSTUK

4 Slibdiagnose

Als onderdeel van BaggerNut is de Bodemdiagnosetool ontwikkeld. Dit instrument (MS Excel spreadsheetmodel) beschrijft de bijdrage van de bodem als onderdeel van het hele functioneren van het watersysteem. De Bodemdiagnosetool kan tevens het effect van maatregelen berekenen. Dit staat uitvoerig beschreven in 'Kennisregels in de bodemdiagnose BaggerNut' (Oste & van de Weerd, 2012). Voor het Waterschap Veluwe is de tool gebruikt voor het benoemen van de dominante knelpunten in de waterkwaliteit van de Grote Wetering. Hierbij is vooral gericht op de rol van de waterbodem ten aanzien van de nutriëntenhuishouding en het effect van baggermaatregelen hierop. Uitkomsten zijn voor een deel gebaseerd op aannames, vooral aangaande kwartalen 1 en 4 (zie hier opvolgende paragraaf). In dit hoofdstuk gepresenteerde uitkomsten geven hierom een algemeen beeld van knelpunten en mogelijke maatregelen, zie ook de discussie in §4.3.

4.1

TOEPASSING BODEMDIAGNOSETOOL VOOR GROTE WETERING

Voor het toepassen van de bodemdiagnosetool zijn diverse input parameters nodig. Aan het vaststellen van sommige parameters liggen aannames ten grondslag die belangrijk zijn voor het interpreteren van de uitkomsten. In deze paragraaf zijn de meest relevante parameters toegelicht. Andere inputparameters zijn relatief eenvoudig afgeleid. In bijlage 4 is een overzicht gegeven van alle inputwaarden.

Water- en stoffenbalans

De WSA gegevens hebben als basis gediend voor het invullen van de bodemdiagnosetool. De Bodemdiagnosetool maakt echter gebruik van vier kwartalen. In de WSA is de zomersituatie bepaald. Voor de toepassing van de tool zijn de beschikbare maandgegevens voor de zomer omgerekend naar gegevens voor kwartaal 2 en 3. Op basis van aanvullende gegevens en aannames zijn water en stofbalansen voor kwartalen 1 en 4 vastgesteld. Balansen voor deze kwartalen bevatten meer aannames dan voor kwartaal 2 en 3. Waar beschikbaar zijn er metingen gebruikt, in sommige gevallen zijn waarden afgeleid of geschat. Hieronder is een overzicht gepresenteerd van gemaakte aannames ten aanzien van de water-, Ntot-, Ptot- en zwevenstofbalans en toepassing van de Bodemdiagnosetool:

- In 2010 zijn er in de Grote Wetering geen debietmetingen uitgevoerd in heel het jaar. Van de nabijgelegen Terwoldse wetering zijn deze gegevens wel bekend. Omdat de watergangen dicht bij elkaar liggen is aangenomen dat de verhoudingsgewijze afvoer tussen kwartalen vergelijkbaar is. Op basis van de volgende verhoudingen zijn debieten ingeschat in kwartalen 1 en 4. In kwartaal 1 was de afvoer 3.6x hoger dan kwartaal 2 en in kwartaal 4 was de afvoer 1.4x hoger dan in kwartaal 3;

- De debieten van de post 'resultante deelgebied' in K1 en K4 zijn net als de debieten van K2 en K3 berekend op basis van neerslag overschot en kwel. De P- en N-vrachten van 'resultante deelgebied' zijn vervolgens debietproportioneel berekend (zie ook §3.2.2). Omdat het vermoeden bestaat dat de uitspoeling uit het landelijk gebied is overschat is de belasting van deze bron vermenigvuldigd met 0,45 (zowel voor N als P);
- Er zijn alleen zwevend stof (ZS) concentraties bekend van het meetjaar 1991 (maart-november). Concentraties variëren tussen de 0.1 en 12 mg/l. Voor de analyses is gerekend met de gemiddelde concentratie van 7 mg/l zwevend stof. Er is aangenomen dat het zwevend stof 0.10 mg P/l bevat in alle vier de kwartalen. Dit is het gemiddelde verschil tussen P-ortho en P-totaal in de vier kwartalen.
- In 2005 zijn P-concentraties van sommige posten in K4 erg laag, met name In-post 'Stroombreed' en Uit-post 'Kerkdijk'. Dit bleek ook uit vergelijking van meetgegevens uit meerdere jaren bij de 'Kerkdijk' (zie ook tabel 11). Omdat er is gerekend met debieten uit 2010 (of gebaseerd op gegevens uit 2010) kunnen de te lage P-concentraties uit 2005 tot een verkeerd beeld leiden (namelijk te lage vrachten). Hierom is er gekozen om in zowel K1 als K4 voor beide posten te rekenen met de gemiddelde P-waarde bij de Kerkdijk in de periode 2005-2010. Omdat er geen meetgegevens zijn van inlaatpunt 'Houtweg', zijn ook hier deze concentraties gebruikt;
- De bovenstaande aannames zorgen ervoor dat verhoogde ad- en desorptie termen ontstaan (opname of afstoten van P door bodemdeeltjes bij bodem/waterinteractie). Deze zijn gecorrigeerd met factoren voor opgelegde aan en afvoer voor zwevend stof respectievelijk -20 / 5 / -40 / 5 in de vier kwartalen.

Bij de Bodemdiagnose is er gebruikt gemaakt van dezelfde posten als in de WSA. Alleen de nieuwe post 'Onbekende uitlaat' is toegevoegd om de waterbalans kloppend te krijgen. Dit is vooral nodig in kwartalen 1 en 4 omdat debieten zijn gebaseerd op verhoudingen (zie hierboven) en niet op metingen.

Waterbodempkwaliteit

Als onderdeel van BaggerNut zijn in de Grote Wetering waterbodemonsters onderzocht op ondermeer P-gehalten (in sediment en bodemvocht), IJzergehalten en andere stoffen die relevant zijn voor de rol van de waterbodemp ten aanzien van nutriëntennalevering. Dit is uitgebreid beschreven in Poelen et al. (2012). Enkele van de analyseresultaten zijn gebruik als input voor de bodemdiagnosetool (zie tabel 10). In hoofdstuk 5 volgt een samenvatting van de belangrijkste uitkomsten uit dit onderzoek.

Tabel 10

P-Concentraties in waterbodemp en bodemvocht voor en na baggeren

| Stof | Sediment / Bodemvocht | Eenheid | Concentratie | Datum | Voor / na baggeren |
|------|-----------------------|---------|--------------|-----------|--------------------|
| P | Sediment | mg/kg | 0.67 | 6-7-2010 | Voor |
| P | Sediment | mg/kg | 0.22 | 21-6-2011 | Na |
| Fe | Sediment | mg/kg | 16.31 | 6-7-2010 | Voor |
| Fe | Sediment | mg/kg | 8.01 | 21-6-2011 | Na |
| P | Bodemvocht | mg/l | 0.50 | 6-7-2010 | Voor |
| P | Bodemvocht | mg/l | 0.33 | 21-6-2011 | Na |

Overige stofconcentraties

Naast de bovengenoemde water- en stofbalansen en de bodemgegevens zijn nog een aantal oppervlaktewater parameters van belang. Hieronder is een opsomming gegeven van gebruikte waarden en de bron ervan.

Tabel 11

Inputparameters
 bodemdiagnosetool

| parameter | eenheid | Gem. | K1 | K2 | K3 | K4 | Bron |
|------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|--|
| Doorzicht | mg/l | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | Meetgegevens 2005 (meetpunt 232040) |
| Chlorofyl-a | mg/l | 12,7 | 10,0 | 12,5 | 13,8 | 10,0 | |
| P-tot | mg/l | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,09 | 0,06 | |
| P-ortho | mg/l | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | |
| N-tot | mg/l | 1,08 | 1,03 | 1,14 | 0,92 | 1,03 | |
| P in ZS | mg/l | 0.10 | - | - | - | - | Berekend* |
| Bagger- aanwas | g ds. /m ² /j | 1000 | | | | | Inschatting o.b.v. 1mm baggeraanwas per jaar |
| P in bagger- aanwas | g/kg | 0.67 | | | | | Aanname ** |

* *Obv gemiddelde verschillen P-ortho en P-tot bij uitlaatpunt 'Kerkdijk' in kwartalen 1 t/m 4.*
 ** *Aanname: P in baggeraanwas is gelijk aan P in waterbodem (sediment).*

4.2

RESULTATEN SLIBDIAGNOSE

Op basis van de hiervoor beschreven inputgegevens is met de bodemdiagnosetool een slibdiagnose uitgevoerd. Hieronder zijn de resultaten gepresenteerd. De focus ligt op de fosfor-fluxen. Er is ook aandacht voor zwevend stof (ZS), stikstof (N) en doorzicht. In bijlage 5 is een overzicht van de sheet 'resultaten' uit de tool opgenomen, ook zijn er figuren gepresenteerd waarin de autonome ontwikkeling van en effecten van maatregelen op p-gehalten in het water en de bodem zijn weergegeven en beschreven.

P-Fluxen

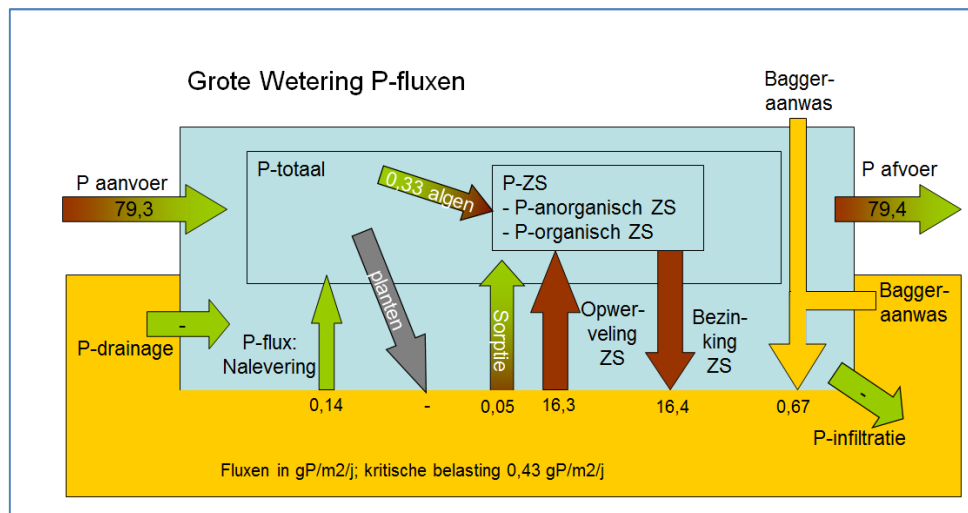
P-Fluxen (in g P/m²/jaar) ofwel P-uitwisseling tussen bodem, water en planten (inclusief algen) geven een beeld van de sturende factoren in een watersysteem. Uitvoering van de bodemdiagnose voor de Grote Wetering levert het P-balansplaatje op dat te zien is in figuur 8. Vanwege de doorstroming zijn P-aanvoer en -afvoer de belangrijkste posten. Hierna zijn opwerveling en sedimentatie belangrijke processen, deze houden elkaar in evenwicht (zie ook figuren 9 en 10). Sedimentatie wordt berekend op basis van valversnelling en zwevendstofconcentraties. Opwerveling is de resultante van sedimentatie, aanvoer, afvoer, algenproductie en bergingsverandering. Als sedimentatie veel groter is dan de som van de andere factoren, dan is opwerveling vergelijkbaar aan sedimentatie. Sedimentatie- en opwervelingfluxen hebben geen invloed op nalevering, deze wordt apart berekend op basis van de P:Fe ratio of de P-concentratie in het bodemvocht.

Algen groei is een beperkte flux als gevolg van de lage chlorophylconcentraties. De nalevering is erg laag en is voor dit watersysteem dan ook geen relevante fosforbron. De term sorptie is een uitwisselingsflux van opgelost P tussen water en waterbodem. Naar

verwachting ontstaat deze flux bij opwerveling (vandaar de positie naast opwerveling). Een dergelijke uitwisseling zal naar verwachting ad/desorptie van P tot gevolg hebben².

Figuur 8

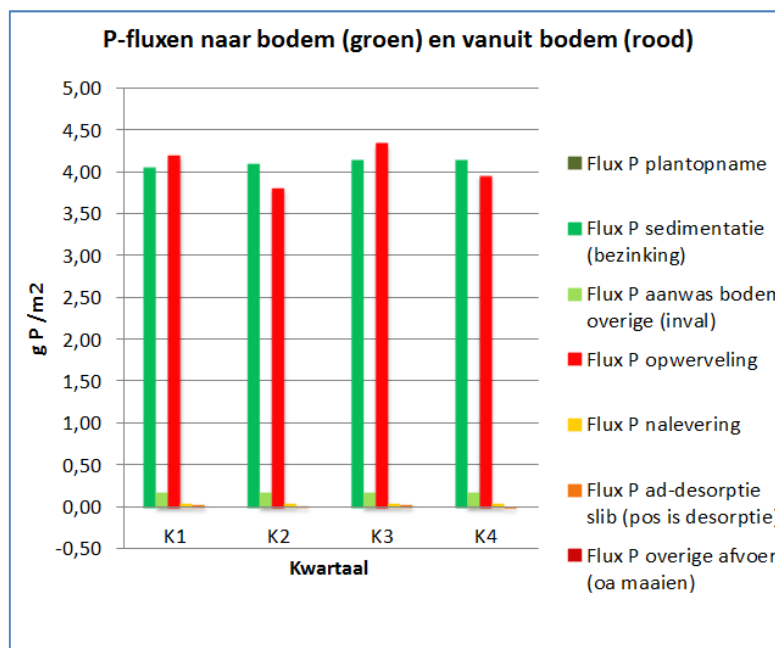
P-Fluxen in de
Grote Wetering



Figuur 9 en 10 laten zien dat bezinking en opwerveling, na aan en afvoer, zowel de P als zwevend stof balans sterk beïnvloeden. De berekende verschillen tussen de kwartalen zijn ondanks de verschillen in balans per kwartaal niet erg groot. Dit heeft te maken met de gekozen gemiddelde valversnelling (gebaseerd op valversnellingen gemeten in Nederlandse watersystemen) en gelijke zwevend stofconcentraties. Ad/desorptie termen zijn niet van groot belang, mede door het gebruik van correctiefactoren (zie ook §4.1).

Figuur 9

P-fluxen naar en van de
bodem per kwartaal.



² Ad- / desorptie is de resultante van opwerveling en diverse P-fluxen waaronder nalevering. Bij veel opwerveling en weinig nalevering kan de adsorptie verhogen en vice versa.

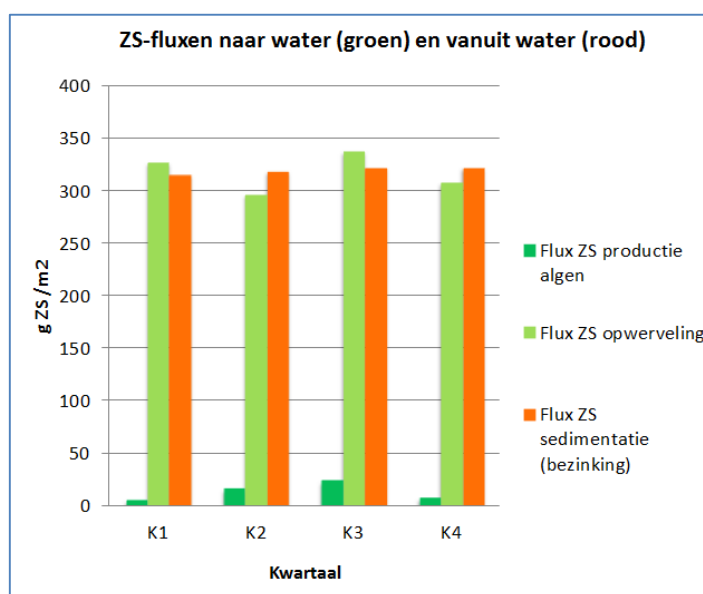
Zwevendstof-fluxen

In figuur 9 zijn P-fluxen van en naar de bodem gepresenteerd per kwartaal. Hieruit blijkt dat opwerveling- en sedimentatiefluxen groter zijn dan de andere fluxen en nauw aan elkaar gerelateerd zijn. De hoogte van de sedimentatie en sedimentatieflux is sterk afhankelijk van het gehalte P in het zwevend stof. Er is gerekend met een gemiddelde waarde van 0.10 mg P/l in alle kwartalen (zie §4.1). In werkelijkheid kunnen concentraties fluctueren.

In figuur 10 zijn de zwevendstof-fluxen van en naar water gepresenteerd. Ook hieruit blijkt dan de opwerveling en sedimentatie van zwevend stof elkaar in balans houden. Algenproductie blijkt slechts beperkt bij te dragen aan zwevendstof gehalten. Dit heeft te maken met de lage P-concentraties in het water en beperkte verblijftijd, tussen de 0.5 en de 1.9 dagen. Dit zijn gemiddelde waarden per kwartaal. In droge zomerperiodes zijn verblijftijden hoger.

Figuur 10

ZS-fluxen naar en uit het water per kwartaal.

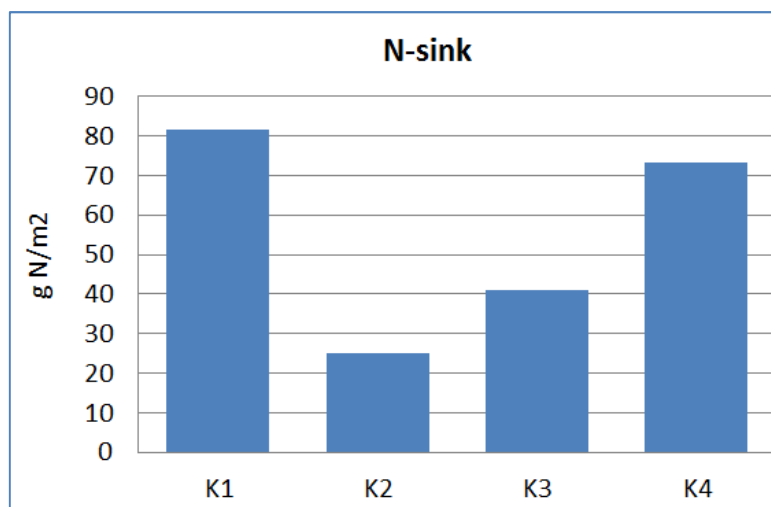


N-fluxen

In figuur 11 is sink-term van N in de vier kwartalen weergegeven. Deze flux geeft aan of er netto N wordt opgenomen of afgegeven door het water in een watersysteem. Voor de Grote Wetering geldt dat is er bij de grote debieten en belasting in de winterkwartalen N wordt vanuit de bodem afgegeven aan het water. In de zomermaanden ook, maar minder. Op jaarbasis is dit 718 g N/m² (zie tabel 8). Allerlei processen in bodem en water (zoals plantopname, denitrificatie en dergelijke) zorgen ervoor dat N 'verdwijnt'. Bij sommige van deze processen ontstaan toxische restproducten. Zo ontstaat er nitriet (NO₂) als gevolg van denitrificatie.

Figuur 11

N-sink (flux) per kwartaal

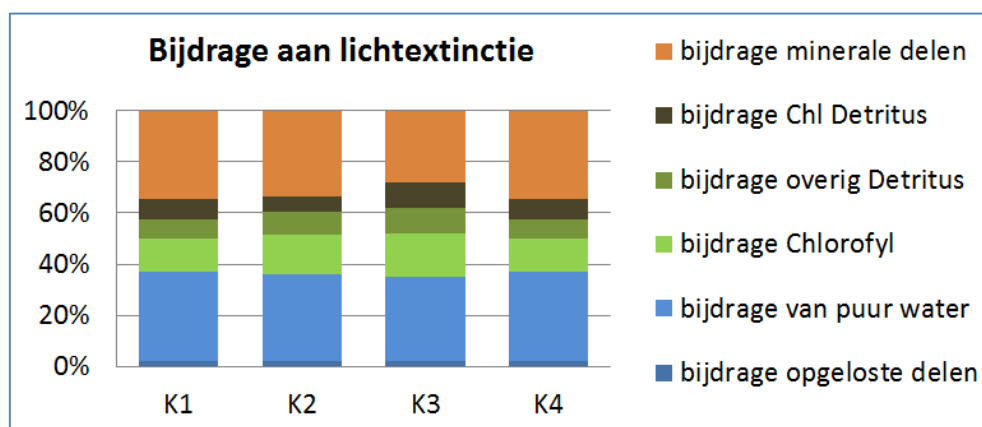


Doorzicht

In figuur 12 is de bijdrage van water en diverse opgeloste delen aan lichtextinctie (uitdoving) weergegeven. Vanwege de lage concentratie zwevend stof en zeer beperkte algenproductie is het doorzicht redelijk goed. Het gemiddelde doorzicht bij de meetpunten 232340 (In-post Houtweg) en 232040 (Uit-post Kerkdijk) in het hele jaar is 81 cm in de zomer 77 cm³ en voldoet bijna aan de norm van 90 cm. In een dergelijke situatie speelt water zelf ook een belangrijke rol in de lichtuitdoving.

Figuur 12

Bijdrage van water en opgeloste delen aan lichtuitdoving (extinctie)



4.3

DISCUSSIE BODEMDIAGNOSE

Voor het vullen van de bodemdiagnose tool met inputgegevens zijn er veel aannames gemaakt omdat er geen volledige dataset van één recent jaar beschikbaar was. Het probleem zit vooral in de ontbrekende debietgegevens van kwartalen 1 en 4 (uit 2010) en de onvolledige waterkwaliteitsmetingen in dit jaar. Alleen in 2005 zijn er metingen verricht in alle maanden in zowel het instroompunt Houtweg, in het Stroombreed als het uitstroompunt Kerkdijk.

³ Sommige metingen waren “>” bij bodemzicht. Het werkelijke doorzicht is nog groter.

Voor het vullen van de tool zijn kwartaalverschillen in debieten in de Terwoldse Wetering gebruikt voor het inschatten van debieten in kwartalen 1 en 4 in de Grote Wetering. Deze zijn volgens dezelfde verhoudingen berekend. Deze debieten zijn gekoppeld aan concentraties uit 2005. De vrachten die hieruit komen gaan gepaard met grote onzekerheden. Dit komt niet alleen door de inschatting van de debieten maar ook door de fluctuaties in waterkwaliteit tussen de jaren. In tabel 11 zijn gemeten P-gehalten gepresenteerd. Hieruit blijkt dat gebruikte meetgegevens uit 2005 redelijk gemiddeld zijn, behalve in kwartaal 4.

Tabel 11

 Variatie in P-concentraties
 bij het uitstroompunt.

| parameter | eenheid | Gem. | K1 | K2 | K3 | K4 |
|-----------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005 | mg/l | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,09 | 0,06 |
| 2007 | mg/l | 0,15 | 0,16 | 0,09 | 0,18 | 0,15 |
| 2008 | mg/l | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,04 | 0,07 |
| 2010 | mg/l | 0,13 | 0,14 | 0,10 | 0,08 | 0,20 |
| gem | mg/l | 0,12 | 0,15 | 0,10 | 0,11 | 0,13 |

Vanwege de onbetrouwbaarheid in de data in kwartalen 1 en 4 is er gekozen om de P-balans in kwartalen 1 en 4 kloppend te maken door de post uitspoeling (onderdeel van 'resultante stroomgebied') kleiner te maken met een reductiefactor. De P-belasting in kwartaal 1 is 5x groter dan in kwartaal 2. Dit is te verklaren doordat er wordt aan genomen dat er 3.6x meer doorstroming is in K1 dan K2 en er is meer uitspoeling in de winter als gevolg van de debietproportionele berekening. In de praktijk is dit plausibel omdat er meer uitspoeling is in de winter, door meer neerslag en minder plantopname. Er blijft echter een grote mate van onzekerheid door de vele aannames.

Naast deze keuze zijn er nog ander parameters ingeschat, zoals:

- P-gehalten in zwevend stof;
- Concentratie zwevend stof.

Ook deze keuze hebben invloed op de berekeningen. Wellicht niet op het algemene resultaten, maar zeker wel in invloed op details.

4.4

CONCLUSIE BODEMDIAGNOSE

- De belangrijkste P-fluxen van en naar de waterkolom zijn sedimentatie en opwerveling. Deze houden elkaar in evenwicht en hebben daarom nauwelijks invloed op de P-balans. De P-balans wordt voornamelijk bepaald door bovenstroomse aanvoer en afvoer.
- Algenproductie speelt een zeer beperkte rol. Zowel bij de P-fluxen (plantopname en ditritussedimentatie) als bij vertroebeling van het water. Dit is over het algemeen helder met doorzichten van meer dan 80 cm.
- In de zomer wordt er beduidend minder N aangevoerd dan in de winter. In beide periodes is er een 'N-sink'. Er blijft dus stikstof achter in het systeem. Dit wijst op processen waarin N wordt opgenomen of wordt omgezet, zoals denitrificatie.
- Omdat de input gegevens zijn samengesteld uit metingen uit diverse jaren en aannames is er een zekere mate van onbetrouwbaarheid in de resultaten. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij het interpreteren van resultaten, vooral betreffende de kwartalen 1 en 4.

*Nota Bene: de Bodemdiagnose tool na de analyse die is beschreven in dit rapport nog aangepast.
Exacte reproductie van resultaten kan alleen met dezelfde versie.*

HOOFDSTUK 5 Synthese

5.1 UITKOMSTEN WSA (HOOFDSTUK 3)

Belangrijkste bevindingen zijn:

- De belangrijkste nutriëntenbron is het Stroombreed. Voor stikstof geldt dat uitspoeling van vooral zandgrond en kwel een aanzienlijke bijdrage leveren. De gebruikte methode en kentallen hebben waarschijnlijk geleid tot een overschatting van de N- en wellicht ook P-belasting door uitspoeling.
- Vrachten nemen samen met de debieten af gedurende de zomer. In natte zomermaanden is de belasting hoog.
- De restpost bij N-tot is een aanzienlijke 'uitgaande post' (N: -30% in de zomerperiode). Dit is het gevolg van processen zoals (de)nitrificatie en plantopname en de fout gekoppeld aan de methodiek (kentallen, etc.).
- De restpost bij P-tot is relatief klein, soms positief soms negatief. Op basis hiervan lijken processen zoals nalevering van de bodem een geen grote rol te spelen in de zomer (zie ook de volgende paragraaf).

Dit onderzoek heeft niet aangetoond dat baggeren ten aanzien van de nutriëntenhuishouding een zinvolle maatregel is. Er is geen nalevering in de zomermaanden aangetoond. Dit komt overeen met de goede (KRW)waterkwaliteit zoals beschreven in paragraaf 2.2.

5.2 UITKOMSTEN BODEMEXPERIMENTEN(POELEN, 2012)

Uit de bodemanalyses blijkt dat:

- De bodem veel ijzer bevat: dat P kan binden
- De bodem weinig P bevat
- De kans op nalevering klein is.
- Nalevering van fosfor is vastgesteld op 1 mg/m²/dag in 2010 (voor baggeren) en 0.7 mg/m²/dag in 2011 (na baggeren)
- Na baggeren de Fe- en P-gehalten in de bodem bijna gehalveerd worden.

5.3 UITKOMSTEN SLIBDIAGNOSE (HOOFDSTUK 4)

- De belangrijkste P-fluxen van en naar de waterkolom zijn sedimentatie en opwerveling. Deze houden elkaar in evenwicht. Er is iets meer sedimentatie waardoor er baggeraanwas is (blijkt ook uit de bodemdiagnose als er geen correctiefactoren worden toegepast op ad/desorptie te beperken). Nalevering is van minder belang. Baggeraanwas komt overeen met slibdiktegegevens gepresenteerd in ARCADIS 2011 (zie §5.4).

- Algenproductie speelt een zeer beperkte rol. Zowel bij de P-fluxen (plantopname en dinitritsedimentatie) als bij vertroebeling van het water. Dit is over het algemeen helder met doorzichten van meer dan 80 cm. Dit komt overeen met AqMaD resultaten waaruit blijkt dat doorzicht niet beperkend is voor waterplanten in de Grote Wetering (zie ook §5.4).
- In de zomer wordt er beduidend minder N aangevoerd dan in de winter. In beide periodes is er een 'N-sink'. Er blijft dus stikstof achter in het systeem. Dit wijst op processen waarin N wordt opgenomen of wordt verwerkt, zoals denitrificatie. Onder anaerobe omstandigheden kan bij denitrificatie nitriet ontstaan. Dit is een toxische stof en mogelijk een beperkende factor voor water- en oeverplanten. Zuurstofloze omstandigheden zijn niet ondenkbaar, volgens het vegetatieonderzoek (met AqMaD) is zuurstofloosheid zelf ook een beperkende factor voor gewenste vegetatie (zie ook §5.4).

5.4

UITKOMSTEN ECOLOGISCH ONDERZOEK (ARCADIS, 2011)

In de Weteringen is er alleen een opgave voor macrofyten (EKR is 0.37, de verwachting is 0.5 en het GEP is 0.6). Alle andere kwaliteitselementen scoren goed;

- De score voor macrofyten wordt gedomineerd door de soortenmaatlat en dus bepaald door een te beperkte diversiteit van de waterplanten;
- Wat betreft de abundantie (groeivormen) voldoen de submerse waterplanten vaak aan de norm, de bedekking met drijfbladplanten blijft meestal achter en beïnvloedt de EKR negatief;
- Voor waterplanten blijkt nitriet een sturende milieufactor te zijn die mogelijk beperkend is voor het voorkomen van de gewenste soorten. Dit komt overeen met eerder veronderstelde N-sink door processen zoals denitrificatie, waarbij ook nitriet kan ontstaan (§5.1 en §5.3).
- Ook totaal stikstof en de zuurstof verzadiging zijn sturende factoren die op veel plaatsen mogelijk beperkend zijn voor de ontwikkeling van de gewenste soorten.
- Voor een goede vergelijking van gebaggerde en niet gebaggerde situaties waren te weinig opnames beschikbaar. Baggeren en ook een kleinere slibdikte lijkt een positieve invloed te hebben op het wegnemen van de mogelijk beperkende factoren voor waterplanten (nitriet, totaal-stikstof en zuurstofverzadiging). Vanwege de geringe hoeveelheid gegevens kon dit alleen indicatief worden vastgesteld;
- Uit de ontwikkelde conceptuele schema's blijkt dat baggeren op de middellange termijn effect heeft op de ecologische kwaliteitselementen via beïnvloeding van verschillende factoren. Deze worden hierna een voor een aangegeven met daarachter een + voor een overwegend positief en een – voor een overwegend negatief effect van baggeren op deze factoren. Diepte -, Doorzicht +, Voedingsstoffen +, Toxische stoffen +, Standplaats/substraat +, Zuurstof +;
- Hoewel diepte en doorzicht met name van belang zijn voor waterplanten komen deze niet als mogelijk beperkende factoren uit de AqMaD analyse

Theoretisch kan baggeren effect hebben op de ecologie via beïnvloeding van verschillende factoren. De ecologische opgave in de Weteringen ligt alleen op het gebied van waterplanten. Voor waterplanten worden op basis van de AqMaD analyse een aantal mogelijk beperkende factoren aangegeven. Deze factoren, nitriet-stikstof, totaal stikstof en zuurstof, kunnen zeker verband houden met een dikke sliblaag op de waterbodem.

HOOFDSTUK

6 Conclusies & aanbevelingen

6.1

CONCLUSIES

Het doel van de watersysteemanalyse en slibdiagnose is tweeledig:

1. Input leveren voor de (ontwikkeling van de) bodemdiagnose-tool;
2. Inzicht geven in het functioneren van het watersysteem en de rol van de waterbodem hierin.

Voor de watersysteemanalyse waren weinig geschikte gegevens beschikbaar. De water- en stoffenbalans zijn om deze reden in eerste instantie alleen opgesteld voor het 2^e en 3^e kwartaal. Om voor de slibdiagnose een goed totaalplaatje te krijgen zijn voor het 1^e en 4^e kwartaal aannames gedaan over wateraan- en afvoer. We gaan er vanuit dat het beeld op jaarbasis wat hieruit naar voren komt globaal geldig is voor het watersysteem. Voor de stoffenbalansen moesten aannames gedaan worden met betrekking tot toekenning van juiste concentratiegegevens. Daarnaast is gebruik gemaakt van kentallen voor uitspoeling waarin grote onzekerheid zit. De berekende uitspoeling op basis van deze kentallen is zodanig aangepast dat op jaarbasis geen netto ophoping van P plaatsvindt en voor N een redelijke waarde voor retentie wordt verkregen. Het op deze manier ontstane beeld geeft zicht op het belang van de verschillende aan- en afvoerroutes van nutriënten.

Uit de watersysteembalans blijkt dat de belangrijkste bronnen van water in de Grote Wetering aanvoer van bovenstreams en aanvoer vanuit het afwaterend gebied zijn. Neerslag, verdamping, kwel en wegzijging op de waterlopen zelf is verwaarloosbaar. Er is een groot verschil tussen de winter en zomersituatie. In de wintersituatie vindt er meer aanvoer plaats vanuit het afwaterend gebied. De verblijftijden van water in de watersystemen zijn klein. Ze variëren per kwartaal van gemiddeld 0,5 tot 2 dagen. In droge zomerperioden kan dit nog verder oplopen.

In de Grote Wetering wordt de stikstof en fosforaanvoer vooral bepaald door de bovenstroomse aanvoer en uitspoeling vanuit het afwaterend gebied.

Voor stikstof is de sluitpost positief, er verdwijnt dus stikstof in het systeem. De gemiddelde N-retentie op jaarbasis is 29%. Het is waarschijnlijk dat dit het gevolg is van denitrificatie. Voor fosfor zijn in- en uitposten zo goed als gelijk.

De externe belasting van fosfor is 79,3 g P/m²/jaar, dit is hoog. Voor kanaalsystemen zijn geen kritische belastingen afgeleid. Voor slootssystemen liggen kritische belastingen, waaronder een ecologisch goed functionerend systeem kan bestaan tussen de 1,8 en 10,2 g

P/m²/jaar. Bij sloten gaat het wel gepaard met veel langere verblijftijden. De waterbodem van de Grote Wetering laat geen hoog risico zien voor nalevering. De naleveringsfluxen liggen in de orde van grootte van 0,14 g/m²/jaar. Vergeleken met de externe belasting is dit verwaarloosbaar.

In de Slibdiagnose is verder ingezoomd op de werking van het systeem. In het Grote Wetering liggen de zomergemiddelde concentraties van P en N op respectievelijk 0,11 mg P/l en 1,03 mg N/l. Fosfor is voornamelijk gebonden aan het zwevend stof aanwezig. De chlorofylgehalten zijn laag (zomergemiddeld 13 µg chlorofyl-a/l) en het doorzicht ligt rond de 80 cm. Uit de WSA en slibdiagnose blijkt dat de P concentratie bepaald wordt door de externe belasting (aanvoer bovenstreams en uitspoeling) en door de dynamiek van het zwevende stof.

Als effectieve maatregel voor dit systeem komt beperken van de externe belasting naar voren. Naar verwachting zal voor zowel stikstof als fosfor de vermindering van de uit- en afspoeling vanuit de bodem (bijv. landbouwmaatregelen) een effectieve maatregel zijn. (Kwaliteits)baggeren zal in dit systeem weinig effect hebben op de P belasting. Er zijn kleine concentratievermindering mogelijk als gevolg van verminderde nalevering en opwerveling. Hiervoor is het nodig dat baggeren over grote oppervlakken wordt uitgevoerd. Het effect is afhankelijk van de kwaliteit van de onderliggende bodem.

Aanvullend onderzoek

Het aanvullend onderzoek gaf inzicht in de ecologische kwaliteit in de Weteringen en het potentieel effect van baggeren hierop. Uit dit onderzoek bleek dat de ecologische opgave met name waterplanten betreft. Een belangrijke reden voor de slechte score van waterplanten is de beperkte diversiteit, met name het beperkt aanwezig zijn van drijfbladplanten. Uit het AqMaD onderzoek bleek dat stikstof verbindingen (nitriet en ook totaal N), en mogelijk ook zuurstof, beperkende factoren zijn voor de gewenste vegetatie. Deze factoren kunnen zeker verband houden met een dikke sliblaag op de waterbodem.

6.2

AANBEVELINGEN

De waterbalans, stoffenbalans en de externe belasting via uitspoeling bevatten nog de nodige onzekerheden. Door een betere monitoring van waterkwaliteit en waterstroming zou die onzekerheid kunnen worden verkleind.

- Er zijn debietgegevens nodig in de wintersituatie.
- Het goed vaststellen van afwaterende oppervlakken is van belang voor een goede water- en stoffenbalans.
- In deze analyse is een zeer simpele bodembalans gebruikt met veel aannames. Hierin is verbetering mogelijk.
- De uitkomsten van de stoffenbalans zijn erg gevoelig voor de uitspoelingsgetallen. Een betere inschatting van deze getallen geeft meer vertrouwen in de resultaten.
- Concentratieingen waren beperkt.

Naast verbetering van de balansen kan meer inzicht in de zwevend stof huishouding en baggeraanwas en de zuurstofhuishouding nog bijdragen aan een beter begrip van het systeem. Nader onderzoek naar het voorkomen van nitriet in waterbodem en

oppervlaktewater, voor en na baggeren, en het effect van zuurstof en stikstofverbindingen (met name nitriet) op waterplanten is aan te bevelen.

In dit onderzoek is duidelijk geworden dat baggeren geen zinvolle maatregel is om de P belasting in de Grote wetering tegen te gaan. Er kan beter gefocust worden op vermindering van de externe belasting. Naar verwachting geldt dit ook voor andere weteringen met dezelfde "stromingskenmerken". Baggeren kan naar verwachtingen wel bijdragen aan het verbeteren van de omstandigheden voor waterplanten. (zuurstof, doorzicht, N-verbindingen). Echter andere maatregelen zoals het aanleggen van natuurvriendelijke oevers, het op een andere manier gaan schonen kunnen hier zeker ook aan bijdragen.

Met behulp van de bodemdiagnose tool kan ook voor andere watersystemen nagegaan worden in hoeverre de waterbodem bijdraagt aan de interne belasting in het systeem. Ook wordt onder andere inzicht verkregen in de meest bepalende processen in het systeem en in het effect van verschillende componenten op het doorzicht.

- De Bodemdiagnosetool kan inzicht geven in de belangrijke processen van diverse watersysteem. Denk hierbij aan het aandeel van bronnen door de balansen, maar ook in de belangrijke processen via fluxgrafieken. Hierdoor kunnen de te nemen maatregelen beter onderbouwd worden.
- Voor het vullen van de bodemdiagnosetool moeten bij voorkeur een recente en complete set gegevens gebruikt worden. Echter ook met het combineren van meetgegevens uit diverse jaren blijkt de tool te helpen bij het verkrijgen van inzicht over het functioneren van het systeem.

Literatuurlijst

ARCADIS (2006). Doelstellingen en maatregelen kaderrichtlijn water. In opdracht van Waterschap Veluwe.

ARCADIS (2011). Effect baggeren op de ecologie, Weteringen. In opdracht van Waterschap Veluwe

Droogers P. (2009). Verbetering bepaling open waterverdamping voor het strategisch waterbeheer. Stowa-rapport 2009-11.

Gies TJA., P Coenen, A. Bleeker, OF. Schoumans & IGAM. Noij (2002). Milieu analyse Reconstructiegebied Gelderland en Utrecht Oost, deel 1: Gelderse Vallei en Utrecht-Oost. Wageningen, Alterra, Reseach Instituut voor de Groene Ruimte, Alterra-Rapport 535.1.120 blz. 34 fig.;17 tab.; 36 ref.

Griffioen, J. (2006) Extent of immobilisation of phosphate during aeration of nutrient-rich, anoxic groundwater. *Journal of Hydrology* 320: 359–369.

Loeb, R. & Verdonschot, P.F.M. (2008). Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 128. 69 blz.; 10 fig.; 1 tab.; 154 ref.

Most, P.F.J. van der, van Loon, M.M.J., Aulbers, J.A.W. en van Daelen, H.J.A.M. (1998). Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44

Osté, L & Van de Weerd, R, 2012 I. Kennisregels in de Bodemdiagnose BaggerNut.

Osté, L & Van de Weerd, R, 2012 II. Waterbodemmaatregelen tegen eutrofiëring.

Poelen, M.D.M.; Berg, L.J.L van den; Heerdt, G.N.J. ter; Bakkum, R; Smolders, A.J.P. Jaarsma, N.G. ; Brederveld R.J. & Lamers, L.P.M., 2012. WaterBODEMbeheer in Nederland: Maatregelen Baggeren en Nutriënten (BAGGERNUT) – Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie (MIND-BAGGERNUT) Tussenrapportage 2012.

Stolk AP. (2001). Landelijk meetnet regenwatersamenstelling, meetresultaten 2000. RIVM rapport 723101 057/2001.

STOWA (2010). Bufferstroken in Nederland. Praktijk, ervaringen, onderzoek en kansen. STOWA-rapportnummer 2010-39

Tauw (2008). Gebiedsnota Veluwe 2007, KRW nota. Uitwerking doelstellingen en maatregelenprogramma voor de Europese Kaderrichtlijn water (KRW).

Tauw (2009). Waterbodemonderzoek A-watgangen in Hoenwaard

Waterschap Veluwe (2009). Waterbeheersplan Veluwe 2010 t/m 2015. Factsheet KRW per oppervlaktelichaam, situatie 04/11/2009 Waterschap Veluwe.

Waterschap Veluwe (2009b). KRW - Stroomgebieden en Waterlichamen, Waterschap Veluwe. Kaart versie 30-10-2009.

Voor dit onderzoek zijn de volgende gegevensbronnen gebruikt

[1] WS Veluwe: 29_07_2010_watersysteemanalyse_versie20100729 (in MS. Excel)

[2] Ws Veluwe: *Houtweg_kerkdijk* (Ms Excel).

[3] WS Veluwe: shapefile kwel in Grids

[4] WS Veluwe: waterkwaliteitsgegevens Weteringen (Ms Excel).

[5] Ws Veluwe: *gegevens_grote_wetering_28102010* (Ms Excel).

[6] Ws Veluwe: 231580-03012011 (Ms Excel).

[7] Ws Veluwe: *afvoeren totaal Assendorp* (Ms Excel).

BIJLAGE 1

Waterbalansen per maand

April

| In / uit | Code | Posten | mm (x 1000)* | m ³ / zomer (miljoen) | Aandeel (%) | Betrouw- baarheid |
|----------|------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| In | Q2 | Instream | 16 | 0,4 | 17,2 | A |
| In | Q3 | Stroombreed ** | 70 | 1,7 | 76,2 | C |
| | *** | Resultante stroomgebied | 6 | 0,2 | 6,6 | D |
| In | Q10 | neerslag open water | 0 | 0,0 | 0,0 | D |
| Uit | Q11 | verdamping open water | -0 | 0,0 | -0,1 | D |
| Uit | Q1 | Uitstroom | -91 | -2,3 | -99,9 | A |

* obv een wateroppervlak van 2.5 ha.

** Het Stroombreed is stelpost.

*** is de resultante van gebiedsposten: Q4, Q5 (kwel), Q6, Q7(neerslag), Q8, Q9 (verdamping).

Mei

| In / uit | Code | Posten | mm (x 1000)* | m ³ / zomer (miljoen) | Aandeel (%) | Betrouw- baarheid |
|----------|------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| In | Q2 | Instream | 18 | 0,4 | 23,2 | A |
| In | Q3 | Stroombreed ** | 54 | 1,4 | 70,9 | C |
| | *** | Resultante stroomgebied | 4 | 0,1 | 5,8 | D |
| In | Q10 | neerslag open water | 0 | 0,0 | 0,1 | D |
| Uit | Q11 | verdamping open water | -0 | 0,0 | -0,1 | D |
| Uit | Q1 | Uitstroom | -76 | -1,9 | -99,9 | A |

* obv een wateroppervlak van 2.5 ha.

** Het Stroombreed is stelpost.

*** is de resultante van gebiedsposten: Q4, Q5 (kwel), Q6, Q7(neerslag), Q8, Q9 (verdamping).

Juni

| In / uit | Code | Posten | mm (x 1000)* | m ³ / zomer (miljoen) | Aandeel (%) | Betrouw- baarheid |
|----------|------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| In | Q2 | Instream | 11 | 0,3 | 31,7 | A |
| In | Q3 | Stroombreed ** | 24 | 0,6 | 70,0 | C |
| | *** | Resultante stroomgebied | -2 | 0,0 | -5,1 | D |
| In | Q10 | neerslag open water | 0 | 0,0 | 0,2 | D |
| Uit | Q11 | verdamping open water | -0 | 0,0 | -0,3 | D |
| Uit | Q1 | Uitstroom | -33 | -0,8 | -96,4 | A |

* obv een wateroppervlak van 2.5 ha.

** Het Stroombreed is stelpost.

*** is de resultante van gebiedsposten: Q4, Q5 (kwel), Q6, Q7(neerslag), Q8, Q9 (verdamping).

Juli

| In / uit | Code | Posten | mm (x 1000)* | m ³ / zomer (miljoen) | Aandeel (%) | Betrouw- baarheid |
|----------|------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| In | Q2 | Instroom | 4 | 0,1 | 17,8 | A |
| In | Q3 | Stroombreed ** | 10 | 0,3 | 47,0 | C |
| | *** | Resultante stroomgebied | 8 | 0,2 | 34,7 | D |
| In | Q10 | neerslag open water | 0 | 0,0 | 0,5 | D |
| Uit | Q11 | verdamping open water | -0 | 0,0 | -0,6 | D |
| Uit | Q1 | Uitstroom | -21 | -0,5 | -99,4 | A |

* obv een wateroppervlak van 2.5 ha.

** Het Stroombreed is stelpost.

*** is de resultante van gebiedsposten: Q4, Q5 (kwel), Q6, Q7(neerslag), Q8, Q9 (verdamping).

Augustus

| In / uit | Code | Posten | mm (x 1000)* | m ³ / zomer (miljoen) | Aandeel (%) | Betrouw- baarheid |
|----------|------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| In | Q2 | Instroom | 23 | 0,6 | 15,3 | A |
| In | Q3 | Stroombreed ** | 123 | 3,1 | 80,9 | C |
| | *** | Resultante stroomgebied | 6 | 0,1 | 3,8 | D |
| In | Q10 | neerslag open water | 0 | 0,0 | 0,1 | D |
| Uit | Q11 | verdamping open water | -0 | 0,0 | -0,1 | D |
| Uit | Q1 | Uitstroom | -152 | -3,8 | -99,9 | A |

* obv een wateroppervlak van 2.5 ha.

** Het Stroombreed is stelpost.

*** is de resultante van gebiedsposten: Q4, Q5 (kwel), Q6, Q7(neerslag), Q8, Q9 (verdamping).

September

| In / uit | Code | Posten | mm (x 1000)* | m ³ / zomer (miljoen) | Aandeel (%) | Betrouw- baarheid |
|----------|------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| In | Q2 | Instroom | 30 | 0,8 | 32,0 | A |
| In | Q3 | Stroombreed ** | 55 | 1,4 | 58,6 | C |
| | *** | Resultante stroomgebied | 9 | 0,2 | 9,3 | D |
| In | Q10 | neerslag open water | 0 | 0,0 | 0,1 | D |
| Uit | Q11 | verdamping open water | -0 | 0,0 | -0,1 | D |
| Uit | Q1 | Uitstroom | -94 | -2,4 | -99,9 | A |

* obv een wateroppervlak van 2.5 ha.

** Het Stroombreed is stelpost.

*** is de resultante van gebiedsposten: Q4, Q5 (kwel), Q6, Q7(neerslag), Q8, Q9 (verdamping).

BIJLAGE 2

Kentallen uitspoeling N & P

| Landgebruik (kentallen) | Landgebruik (LGN) | Bodemtype | jaarvracht N (kg N/ha/j) | jaarvracht P (kg P/ha/j) |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|
| grasland | Weiland | Klei | 25 | 1 |
| mais | | Klei | 50 | 1 |
| aardappelen | | Klei | 50 | 1 |
| tarwe/graa | | Klei | 30 | 0,5 |
| akkerbouw overig | Bouwland | Klei | 40 | 0,9 |
| fruitteelt | Boomgaard, boomkwekerij en fruitteelt | Klei | 25 | 0,5 |
| kale grond | | Klei | 5 | 0,1 |
| bos | Gemengd bos, loofbos en naaldbos | Klei | 5 | 0,1 |
| natuur | | Klei | 5 | 0,1 |
| | | | | |
| grasland | Weiland | Zand | 40 | 1,2 |
| mais | | Zand | 100 | 1,7 |
| aardappelen | | Zand | 80 | 1,5 |
| tarwe/graa | | Zand | 50 | 0,8 |
| akkerbouw overig | Bouwland | Zand | 60 | 1 |
| fruitteelt | Boomgaard, boomkwekerij en fruitteelt | Zand | 50 | 0,5 |
| kale grond | | Zand | 4 | 0,1 |
| bos | Gemengd bos, loofbos en naaldbos | Zand | 3 | 0,1 |
| natuur | | Zand | 3 | 0,1 |
| | | | | |
| grasland | Weiland | Veen | 34 | 2,5 |
| mais | | Veen | 44 | 2,7 |
| aardappelen | | Veen | 44 | 2,7 |
| tarwe/graa | | Veen | 44 | 2,7 |
| akkerbouw overig | Bouwland | Veen | 44 | 2,7 |
| fruitteelt | Boomgaard, boomkwekerij en fruitteelt | Veen | 44 | 2,7 |
| kale grond | | Veen | 15 | 1,5 |
| bos | Gemengd bos, loofbos en naaldbos | Veen | 15 | 1,5 |
| natuur | | Veen | 15 | 1,5 |

BIJLAGE 3

Fosfor- en stikstofbalansen per maand

April

| In / Uit | Posten | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|----------|-------------------------|---------------|------|-------------------------------|------|------------------|--------|
| | | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| In | Q2 Instroom Houtweg | 455 | 34 | 18 | 1 | 10,5 | 14,8 |
| In | Q3 Instroom Stroombreed | 2562 | 139 | 102 | 6 | 59,2 | 61,0 |
| In | Q10 neerslag open water | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| In | Resultante stroomgebied | 1311 | 46 | 52 | 2 | 30,3 | 20,0 |
| Uit | Q1 Uitstroom Kerkdijk | -2743 | -228 | -110 | -9 | -63,4 | -104,4 |
| In | Totaal | 4328 | 219 | 173 | 9 | 100,0 | 95,8 |
| Uit | Totaal | -2743 | -228 | -110 | -9 | 63,4 | 100,0 |
| | Restpost | -1585 | 10 | -63 | 0 | 36,6 | 4,2 |

NB De bovenstaande balans is gebaseerd op debieten uit 2010 en concentraties uit 2005 en is daarom niet te koppelen aan een specifiek jaar.

Mei

| In / Uit | Posten | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|----------|-------------------------|---------------|------|-------------------------------|------|------------------|-------|
| | | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| In | Q2 Instroom Houtweg | 555 | 48 | 22 | 2 | 24,3 | 29,3 |
| In | Q3 Instroom Stroombreed | 757 | 83 | 30 | 3 | 33,2 | 50,2 |
| In | Q10 neerslag open water | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| In | Resultante stroomgebied | 970 | 34 | 39 | 1 | 42,5 | 20,5 |
| Uit | Q1 Uitstroom Kerkdijk | -1009 | -98 | -40 | -4 | -44,2 | -59,2 |
| In | Totaal | 2282 | 165 | 91 | 7 | 100,0 | 100,0 |
| Uit | Totaal | -1009 | -98 | -40 | -4 | 44,2 | 59,2 |
| | Restpost | -1274 | -67 | -51 | -3 | 55,8 | 40,8 |

NB De bovenstaande balans is gebaseerd op debieten uit 2010 en concentraties uit 2005 en is daarom niet te koppelen aan een specifiek jaar.

Juni

| In / Uit | Posten | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|----------|-------------------------|---------------|------|-------------------------------|------|------------------|--------|
| | | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| In | Q2 Instroom Houtweg | 280 | 37 | 11 | 1 | 50,6 | 50,0 |
| In | Q3 Instroom Stroombreed | 274 | 28 | 11 | 1 | 49,4 | 38,0 |
| In | Q10 neerslag open water | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| In | Resultante stroomgebied | 41 | 4 | 2 | 0 | 7,3 | 4,9 |
| Uit | Q1 Uitstroom Kerkdijk | -530 | -70 | -21 | -3 | -95,5 | -108,1 |
| In | Totaal | 555 | 65 | 22 | 3 | 100,0 | 88,0 |
| Uit | Totaal | -571 | -73 | -23 | -3 | 102,8 | 100,0 |
| | Restpost | 16 | 9 | 1 | 0 | -2,8 | 12,0 |

NB De bovenstaande balans is gebaseerd op debieten uit 2010 en concentraties uit 2005 en is daarom niet te koppelen aan een specifiek jaar.

Juli

| In / Uit | Posten | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|----------|-------------------------|------------------|------|----------------------------------|------|---------------------|-------|
| | | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| In | Q2 Instroom Houtweg | 36 | 3 | 1 | 0 | 1,9 | 3,0 |
| In | Q3 Instroom Stroombreed | 252 | 25 | 10 | 1 | 13,1 | 29,9 |
| In | Q10 neerslag open water | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| In | Resultante stroomgebied | 1634 | 57 | 65 | 2 | 85,0 | 67,1 |
| Uit | Q1 Uitstroom Kerkdijk | -649 | -48 | -26 | -2 | -33,8 | -56,9 |
| In | Totaal | 1922 | 85 | 77 | 3 | 100,0 | 100,0 |
| Uit | Totaal | -649 | -48 | -26 | -2 | 33,8 | 56,9 |
| | Restpost | -1272 | -37 | -51 | -1 | 66,2 | 43,1 |

NB De bovenstaande balans is gebaseerd op debieten uit 2010 en concentraties uit 2005 en is daarom niet te koppelen aan een specifiek jaar.

Augustus

| In / Uit | Posten | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|----------|-------------------------|------------------|------|----------------------------------|------|---------------------|--------|
| | | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| In | Q2 Instroom Houtweg | 326 | 53 | 13 | 2 | 6,4 | 14,0 |
| In | Q3 Instroom Stroombreed | 3530 | 277 | 141 | 11 | 69,1 | 72,8 |
| In | Q10 neerslag open water | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| In | Resultante stroomgebied | 1252 | 44 | 50 | 2 | 24,5 | 11,5 |
| Uit | Q1 Uitstroom Kerkdijk | -2429 | -380 | -97 | -15 | -47,5 | -101,8 |
| In | Totaal | 5108 | 374 | 204 | 15 | 100,0 | 98,3 |
| Uit | Totaal | -2429 | -380 | -97 | -15 | 47,5 | 100,0 |
| | Restpost | -2680 | 7 | -107 | 0 | 52,5 | 1,7 |

NB De bovenstaande balans is gebaseerd op debieten uit 2010 en concentraties uit 2005 en is daarom niet te koppelen aan een specifiek jaar.

September

| In / Uit | Posten | Vrachten (kg) | | Belasting (g/m ²) | | Aandeel bron (%) | |
|----------|-------------------------|------------------|------|----------------------------------|------|---------------------|-------|
| | | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot | Ntot | Ptot |
| In | Q2 Instroom Houtweg | 588 | 47 | 24 | 2 | 17,1 | 22,4 |
| In | Q3 Instroom Stroombreed | 950 | 97 | 38 | 4 | 27,6 | 45,9 |
| In | Q10 neerslag open water | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| In | Resultante stroomgebied | 1910 | 67 | 76 | 3 | 55,4 | 31,6 |
| Uit | Q1 Uitstroom Kerkdijk | -2116 | -165 | -85 | -7 | -61,4 | -78,3 |
| In | Totaal | 3448 | 211 | 138 | 8 | 100,0 | 100,0 |
| Uit | Totaal | -2116 | -165 | -85 | -7 | 61,4 | 78,3 |
| | Restpost | -1331 | -46 | -53 | -2 | 38,6 | 21,7 |

NB De bovenstaande balans is gebaseerd op debieten uit 2010 en concentraties uit 2005 en is daarom niet te koppelen aan een specifiek jaar.

BIJLAGE 4

Invoerwaarden bodemdiagnose

Inputwaarden

| 1. Algemeen | | Gem. jaar situatie |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Naam systeem | | Grote Wetering |
| Fosfaatbalans | | ja |
| Nitraatbalans | | ja |
| KRW type | | M3 |
| Water systeem type | | kanaal |
| Specificatie | | kanaal / riviertje |
| Kwartaal | | K1 |
| Oppervlakte watersysteem (opp. water) | m ² | 65000* |
| Dominante leggerdiepte | m | 2,00 |
| gemiddelde waterdiepte | m | 1,60 |
| KRW norm P (tbv nalevering) | mg/l | 0,15 |
| Norm doorzicht | m | 0,90 |
| kritische belasting | g P/m ² /j | 4,70 |

| 2. Bodem | | Gem. jaar situatie |
|--------------------------------------|-------------|--------------------|
| P-sed | g P /kg ds | 0,67 |
| Fe-sed | g Fe /kg ds | 16,3 |
| Of: P-sed / Fe-sed | | |
| P-sed onder de sliblaag | g P /kg ds | 0,22 |
| Bodemvocht | mg P / l | 0,5 |
| Methode nalevering | | Bodemvocht |
| Dikte sliblaag | m | 0,7 |
| organische externe belasting | | |
| Type | | bodem met slib |
| stevigheid waterbodem | | slap |
| stevigheid waterbodem onder sliblaag | | stevig |
| Matrix | | zand |
| Matrix waterbodem onder sliblaag | | zand |

| 3. Balansposten naamgeving | | | |
|----------------------------|-------|--------------------------------|------------|
| Inposten | | posten invullen | suggestie |
| inpost 1 | IN1: | Inlaat Houtweg | Inlaat |
| inpost 2 | IN2: | Inlaat Stroombreed | Inlaat |
| inpost 3 | IN3: | Kwel boven | Inlaat |
| inpost 4 | IN4: | kwel beneden | Inlaat |
| inpost 5 | IN5: | Neerslag opp water | Neerslag |
| inpost 6 | IN6: | <i>Resultante stroomgebied</i> | |
| uitposten | | posten invullen | suggestie |
| uitpost1 | UIT1: | Kerkdijk | Inlaat |
| uitpost2 | UIT2: | verdamping | Inlaat |
| uitpost3 | UIT3: | restpost | Inlaat |
| uitpost4 | UIT4: | <geen post ingevoerd> | Inlaat |
| uitpost5 | UIT5: | <geen post ingevoerd> | |
| uitpost6 | UIT6: | <geen post ingevoerd> | Verdamping |

| 4. Balansposten | K1 | K2 | K3 | K4 |
|--|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Posten waterbalans | debiet (m3/kwartaal) | | | |
| IN1: Inlaat Houtweg | 3.963.600 | 1.101.000 | 1.433.000 | 2.006.200 |
| IN2: Inlaat Stroombreed | 13.269.600 | 3.686.000 | 4.713.000 | 6.598.200 |
| IN3: Kwel boven | 0 | | | 0 |
| IN4: kwel beneden | 0 | | | 0 |
| IN5: Neerslag opp water | 14.580 | 4.050 | 6.541 | 9.157 |
| IN6: Resultante stroomgebied | 788.400 | 219.000 | 551.000 | 771.400 |
| UIT1: Kerkdijk | 18.013.072 | 5.003.631 | 6694734 | 9.372.628 |
| UIT2: verdamping | 22.770 | 6.325 | 8.050 | 11.270 |
| UIT3: restpost | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UIT4: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| UIT5: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| UIT6: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) (check) | 338 | 94 | 757 | 1.060 |

| 4. Balansposten | K1 | K2 | K3 | K4 |
|--|------------------------|-----|-----|-----|
| Posten waterbalans | P-vracht (kg/kwartaal) | | | |
| IN1: Inlaat Houtweg | 713 | 119 | 103 | 120 |
| IN2: Inlaat Stroombreed | 1.592 | 250 | 399 | 396 |
| IN3: Kwel boven | 0 | | | 0 |
| IN4: kwel beneden | 0 | | | 0 |
| IN5: Neerslag opp water | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IN6: Resultante stroomgebied | 937 | 83 | 167 | 421 |
| UIT1: Kerkdijk | 3.242 | 396 | 593 | 937 |
| UIT2: verdamping | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UIT3: restpost | 0 | 49 | 76 | 0 |
| UIT4: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| UIT5: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| UIT6: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) | 0 | 7 | 0 | 0 |

| 4. Balansposten | K1 | K2 | K3 | K4 |
|--|------------------------|-------|-------|-------|
| Posten waterbalans | N-vracht (kg/kwartaal) | | | |
| IN1: Inlaat Houtweg | 4.281 | 1.290 | 950 | 2.167 |
| IN2: Inlaat Stroombreed | 13.668 | 3.594 | 4.732 | 6.796 |
| IN3: Kwel boven | 0 | | | 0 |
| IN4: kwel beneden | 0 | | | 0 |
| IN5: Neerslag opp water | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IN6: Resultante stroomgebied | 605 | 2.321 | 4.796 | 691 |
| UIT1: Kerkdijk | 18.553 | 4.281 | 5.195 | 9.654 |
| UIT2: verdamping | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UIT3: restpost | 0 | 2.843 | 5.284 | 0 |
| UIT4: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| UIT5: <geen post ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| UIT6: <geen post Ingevoerd> | 0 | | | 0 |
| restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) | 0 | 81 | -1 | 0 |

| 4. Balansposten | K1 | K2 | K3 | K4 |
|--|----------------|--------|--------|--------|
| Posten waterbalans | ZS-conc (mg/l) | | | |
| IN1: Inlaat Houtweg | 27.745 | 7.707 | 10.031 | 14.043 |
| IN2: Inlaat Stroombreed | 92.887 | 25.802 | 32.991 | 46.187 |
| IN3: Kwel boven | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IN4: kwel beneden | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IN5: Neerslag opp water | 102 | 28 | 46 | 64 |
| IN6: Resultante stroomgebied | 5.519 | 1.533 | 3.857 | 5.400 |
| UIT1: Kerkdijk | 126.092 | 35.025 | 46.863 | 65.608 |
| UIT2: verdamping | 159 | 44 | 56 | 79 |
| UIT3: restpost | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UIT4: <geen post ingevoerd> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UIT5: <geen post ingevoerd> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UIT6: <geen post ingevoerd> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) | 2 | 1 | 5 | 7 |

| 5. Watersamenstelling (bij voorkeur kwartaalgegevens invullen) | | Gem. jaar situatie |
|--|------|--------------------|
| Doorzicht (indien bekend) | m | 0,809 |
| Chlorofyl | µg/l | 12,7 |
| Anorganische zwevende deeltjes | mg/l | |
| Detritus | mg/l | |
| Concentratie zwevende stof | mg/l | 7,00 |
| Concentratie P totaal | mg/l | 0,11 |
| Concentratie P zwevend stof | mg/l | 0,09 |
| Ortho P | mg/l | 0,02 |
| Concentratie N totaal | mg/l | 1,08 |
| Concentratie sulfaat in systeem | mg/l | 32,9 |

| 6. Kenmerken systeem | | | Gem. jaar situatie |
|---|----------------------------|--|--------------------|
| BZV | mg O ₂ /l | | 2 |
| Chloride | mg Cl/l | | 29,6 |
| Peildynamiek | | | 1 |
| Connectiviteit | | | |
| Meandering | | | 1 |
| Beschaduwing | | | |
| Verstuwing | | | |
| Oeverinrichting | | | 3 |
| Scheepvaart | | | 2 |
| Onderhoud | | | 1 |
| Aanwezigheid benthivore vis | kg/ha | | 188,6 |
| Aantal schepen beroepsvaart | schepen/d | | 0 |
| Percentage van water wat wordt beïnvloed door beroepsvaart | fractie | | 0 |
| Aantal schepen recreatievaart | schepen/d | | 0 |
| Percentage van water wat wordt beïnvloed door recreatievaart | fractie | | 0 |
| Netto plant opname P obv kritische belasting of default waarde) | g P/m ² /jaar | | 0 |
| Afvoer P (dmv maaien, schonen) | g P/m ² /jaar | | 0 |
| baggeraanwas (agv afkalving, erosie, bladval of veenafbraak) | g ds /m ² /jaar | | 1.000 |
| P gehalte baggeraanwas (obv bladval, veen afbraak, erosie oevers) | g/kg ds | | 0,67 |

| 7. Huidige situatie | | KRW sheet | GEP |
|-----------------------------------|------|-----------|------|
| Macrofauna | EKR | 0,67 | 0,6 |
| Macrofyten | EKR | 0,37 | 0,6 |
| Vis | EKR | 0,87 | 0,6 |
| Fytoplankton | EKR | 0,84 | 0,6 |
| Totaal fosfaat (zomergemiddelde) | mg/l | 0,11 | 0,15 |
| Totaal stikstof (zomergemiddelde) | mg/l | 1,68 | 2,8 |
| Doorzicht (zomergemiddelde) | m | 0,89 | 0,9 |

BIJLAGE 5

Resultaten bodemdiagnose

Diverse Resultaten Bodemdiagnose Grote Wetering

| 1e oordeel | |
|----------------------|----------------------|
| Grote Wetering | Diagnose |
| Potentie nalevering? | verwaarloosbaar |
| doorzicht? | matig |
| Chlorofyl | laag |
| 1e oordeel | BD voor zwevend stof |

| Interne en externe P belasting | gem. | K1 | K2 | K3 | K4 |
|---|------|------|------|------|------|
| Interne belasting (% van totale belasting) | 0,2 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| Externe belasting (% van totale belasting) | 99,8 | 99,9 | 99,5 | 99,6 | 99,7 |
| Interne belasting (absoluut in g P/m ²) | 0,14 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Externe belasting (absoluut in g P/m ²) | 81,6 | 49,9 | 7,0 | 10,3 | 14,4 |
| Kritische belasting (absoluut in g P/m ²) | 4,70 | | | | |
| Verblijftijd (dagen) | 0,97 | 0,52 | 1,89 | 1,43 | 1,02 |

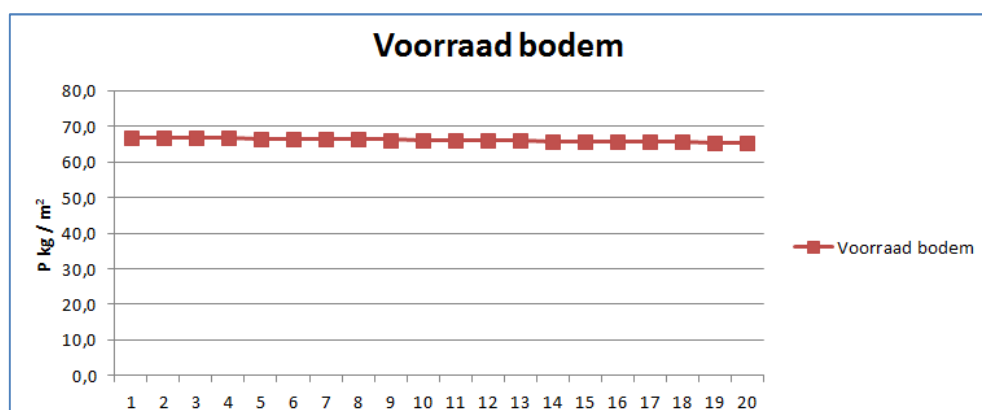
| Maatregelen | |
|---|---------|
| Maatregel | Zinvol? |
| Contact nutriënten waterbodem en oppervlaktewater afsnijden | nee |
| Externe belasting omlaag | ja |
| Vergroten P-bindingscapaciteit | nee |
| Bron weghalen (baggeren) | nee |
| Opwerveling beperkende maatregelen | ja |
| Beijzering | ? |
| Reductie sulfaat / bicarbonaat | nee |

Autonome ontwikkelingen en effecten van maatregelen

De bodemdiagnose tool geeft naast de fluxen voor de huidige situatie ook informatie over de ontwikkeling van de P-voorraad in de bodem en de P-concentratie in het water (zie figuren 13 en 14). Wanneer er ook een toekomstige situatie wordt ingevuld zal de tool ook het effect van de maatregel doorrekenen (zie figuren 13 en 14). De figuren in deze paragraaf zijn tot stand gekomen op basis van gegevens met een relatief grote onbetrouwbaarheid en zijn ter illustratie opgenomen.

Figuur 13

Autonome ontwikkeling van de P-voorraad

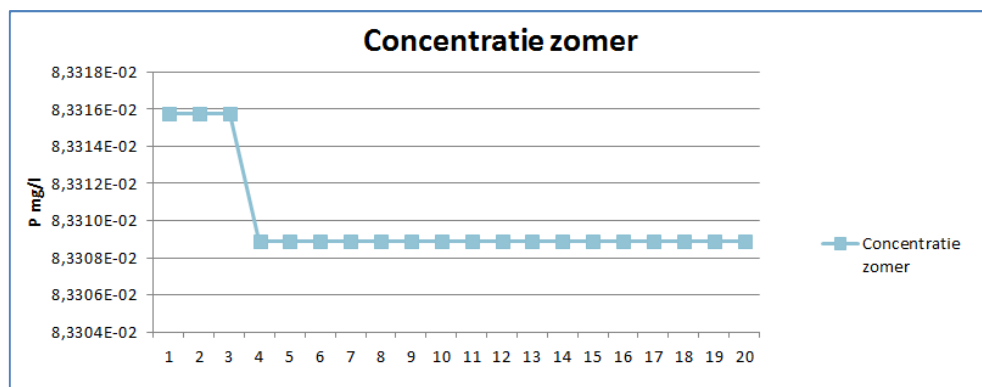


Uit figuur 13 blijkt dat de P-voorraad in de bodem zeer licht daalt. Dit heeft te maken met het feit dat er meer opwerveling dan sedimentatie is van zwevend stof. Dit zwevend stof bevat relatief veel P, vergeleken met de P in de huidige toplaag van de bodem. Hiernaast is nalevering beperkt omdat gemeten P-waarden in het bodemvocht klein zijn (0,5 mg/l; grenswaarde 3,1 mg/l, Poelen 2012)

In figuur 14 is de autonome ontwikkeling van de gemiddelde zomerconcentratie weergegeven. Hieruit blijkt dat deze stabiel is. De zeer beperkte range van de Y-as geeft een vertekend beeld. De kleine afname tussen jaar 3 en 4 heeft te maken met vertraging in berekeningen. Vanaf jaar 4 wordt er gerekend met berekende concentraties, hiervoor worden er nog gemeten waarden of resultanten hiervan gebruikt.

Figuur 14

Autonome ontwikkeling van de gemiddelde P-concentratie

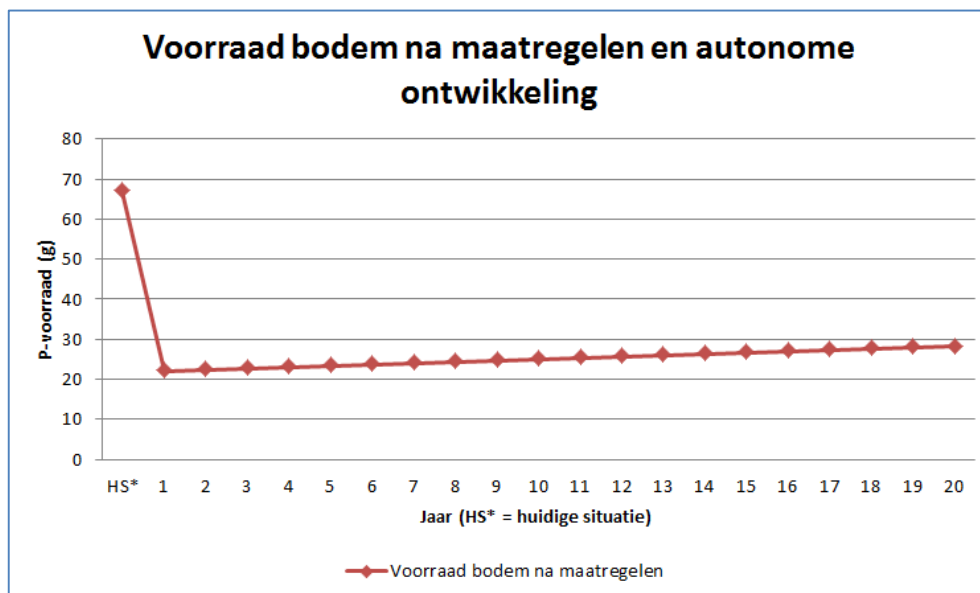


Baggeren heeft een positieve uitwerking op de voorraad in de waterbodem (zie figuur 15). De nieuwe bodemlaag heeft lagere P-gehalten. Aanwas van P door de eerder beschreven sedimentatieprocessen is volgens de berekeningen dusdanig laag dat P-gehalten na 19 jaar

nog niet half zo hoog zijn dan de situatie voor baggeren. Figuur 16 laat een lichte P-concentratie afname zien (let op Y-as) als gevolg van de baggerwerkzaamheden. Hierna stabiliseren concentraties zich.

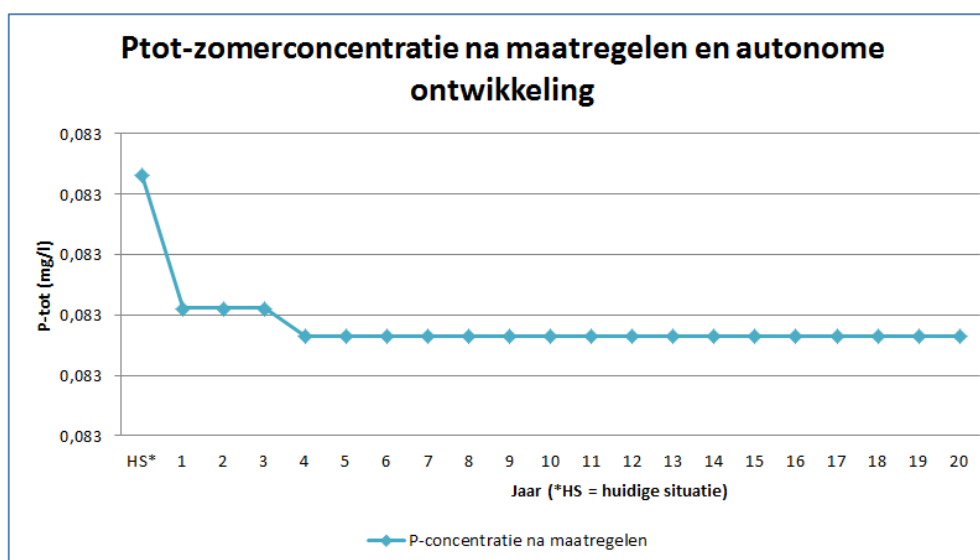
Figuur 15

Effect van baggeren op en autonome ontwikkeling van P-voorraad in de bodem.



Figuur 16

Effect van baggeren op en autonome ontwikkeling van gemiddelde P-concentratie in het water



Colofon

Baggernut, Watersysteemanalyse

OPDRACHTGEVER:

Waterschap Veluwe

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

B. de Vlieger

GECONTROLEERD DOOR:

H. van de Weerd

VRIJGEGEVEN DOOR:

S. Boland

5 juli 2012
076435277:B

ARCADIS NEDERLAND BV
Het Rietveld 59a
Postbus 673
7300 AR Apeldoorn
Tel 055 5815 999
Fax 055 5815 599
www.arcadis.nl
Handelsregister 9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.