BAGGERNUT, WATERSYSTEEMANALYSE VEENKOLONIËN

WATERSCHAP HUNZE EN AA'S

13 juli 2012
076432955:B - Definitief
C01012.100059.0120

ARCADIS

Inhoud

1 Inleiding ... 3
1.1 Baggernut ... 3
1.2 Watersysteemanalyse ... 4
1.3 Leeswijzer ... 5

2 Beschrijving watersysteem ... 7
2.1 Watersysteem ... 7
2.1.1 Beschrijving ... 7
2.1.2 Statische kenmerken ... 8
2.1.3 Dynamische kenmerken ... 12
2.2 Toestand (KRW) en KRW Doelstelling ... 17
2.3 Maatregelen ... 20
2.4 Functie gebruik beheer en onderhoud ... 21

3 Analyse ... 22
3.1 Waterbalans ... 22
3.1.1 Gegevens ... 22
3.1.2 Aan- en Afvoer Posten ... 23
3.1.3 Methode uitganspunten ... 24
3.1.4 Resultaten en discussie ... 26
3.1.5 Algehele conclusies ... 32
3.2 Stoffenbalans ... 33
3.2.1 Gegevens en aan en afvoer posten ... 33
3.2.2 Aan- en afvoer posten ... 34
3.2.3 Methode / uitgangspunten ... 36
3.2.4 Resultaten, discussie en conclusie ... 36
3.2.5 Gemeten waterbodemconcentraties ... 39
3.2.6 Interne en externe belasting ... 39

4 Slibdiagnose ... 41

5 Conclusie: effect waterbodem ... 47
5.1 Conclusies ... 47
5.2 Aanbevelingen ... 48

6 Literatuur ... 51

Bijlage 1 Doelen maatregelen watersysteem Veenkoloniën ... 53

Bijlage 2 Kentallen uitspoeling ... 55

Bijlage 3 Vergelijking kentallen uitspoeling overige bronnen ... 57

Bijlage 4 Meetlocaties waterbodem ... 59

Bijlage 5 Slibdiagnose..... 63

Colofon 73

1 Inleiding

1.1 BAGGERNUT

De belasting van het oppervlaktewater met nutriënten is 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 eutrofiering 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 natuurkwaliteit met meer dan tien jaar wordt vertraagd of zelfs geheel verhinderd.

We weten nog amper genoeg over de werking van interne eutrofiëring en het is moeilijk te meten. 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 BaggerNut. In het project BaggerNut wordt onderzocht wat de rol van de waterbodem is bij het niet halen van de KRW-doelen. Centraal hierbij staat de vraag van de waterbeheerder of het nut heeft om te baggeren om de nutriëntenbelasting te verlagen.

Doelstelling Baggernut

BaggerNut heeft een tweeledige doelstelling:

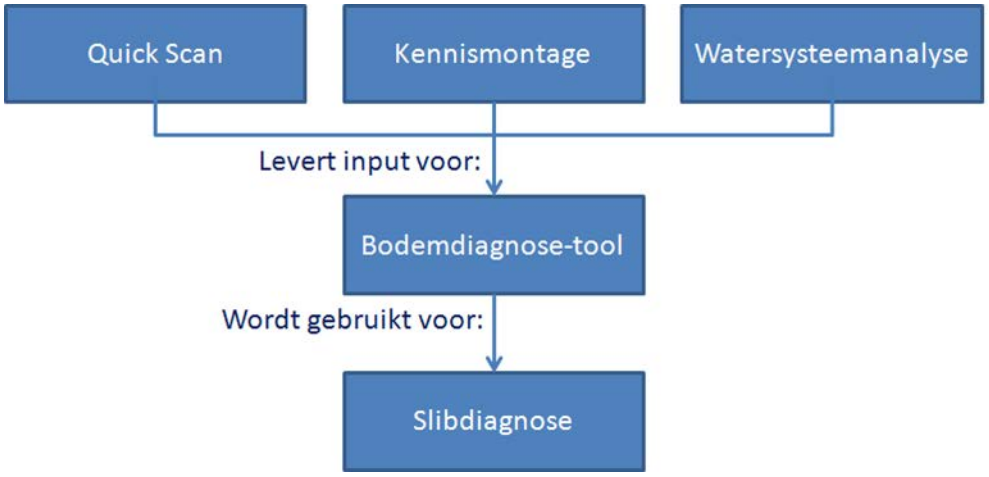
1. Processen die samenhangen met interne mobilisatie van nutriënten en baggerproductie inzichtelijk maken en op een eenvoudige wijze kwantificeren
2. Waterbeheerders handvaten aanreiken om een oordeel te geven over of en hoe effectief de waterbodem aan te pakken is (o.a. baggeren)

Onderdelen ven BaggetNut

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

1. Communicatie;
2. Quick Scan (inclusief kennismontage);
3. Bodemdiagnose;
4. Watersysteemanalyse & Slibdiagnose.

De Quickscan en de watersysteemanalyse leveren input voor het ontwikkelen van de bodemdiagnose-tool. Deze tool wordt vervolgens toegepast om de slibdiagnose uit te voeren. Figuur 1 geeft de verschillende onderdelen weer.



Figuur 1 Samenhang van de verschillende deelprojecten binnen BaggerNut

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 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. Deze locaties zijn zeer verschillend, zowel in ligging, vorm, bodemtype als beheer en onderhoud.

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

Figuur 2 Locaties uitgekozen door de waterschappen voor de watersysteemanalyses. In geel de locaties die in dit rapport wordt onderzocht.

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 Hunze en Aa's
Waterbalansen voor Veenkoloniën laten zien dat inlaat en uitlaat van water de belangrijkste posten zijn. Uit de stoffenbalans voor het Pekelderhoofddiep komt dit zelfde beeld naar voren. Nalevering vanuit de waterbodem is waarschijnlijk geen belangrijke post op de balans.

De situatie kan echter sterk verschillen tussen zomer- en winterhalfjaar (seizoenen). Om het nut van aanvullende maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit te beoordelen is meer inzicht in de rol van de waterbodem nodig.

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 het Pekelderhoofddiep. Op basis van de kennis en uitkomsten van de verschillende onderdelen doen we een uitspraak of baggeren een zinvolle maatregel is en of er andere maatregelen zinvol zijn in dit systeem.

1.3 LEESWIJZER

Dit rapport bevat de resultaten van de watersysteemanalyse van het kanalensysteem in de Veenkoloniën voor waterschap Hunze en Aa's. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de watersysteem. In hoofdstuk 3 volgt de analyse waarin de waterbalans en de stofbalans besproken worden en de rol van de waterbodem in het functioneren van het systeem. Met behulp van deze watersysteemanalyses en die van de andere waterschappen is een bodemdiagnose-tool ontwikkeld. In hoofdstuk 4 wordt deze tool toegepast op het Pekelderhoofddiep. Op basis van de kennis en uitkomsten van de verschillende onderdelen doen we een uitspraak of baggeren een zinvolle maatregel is. Dit beschrijven we in hoofdstuk 5.

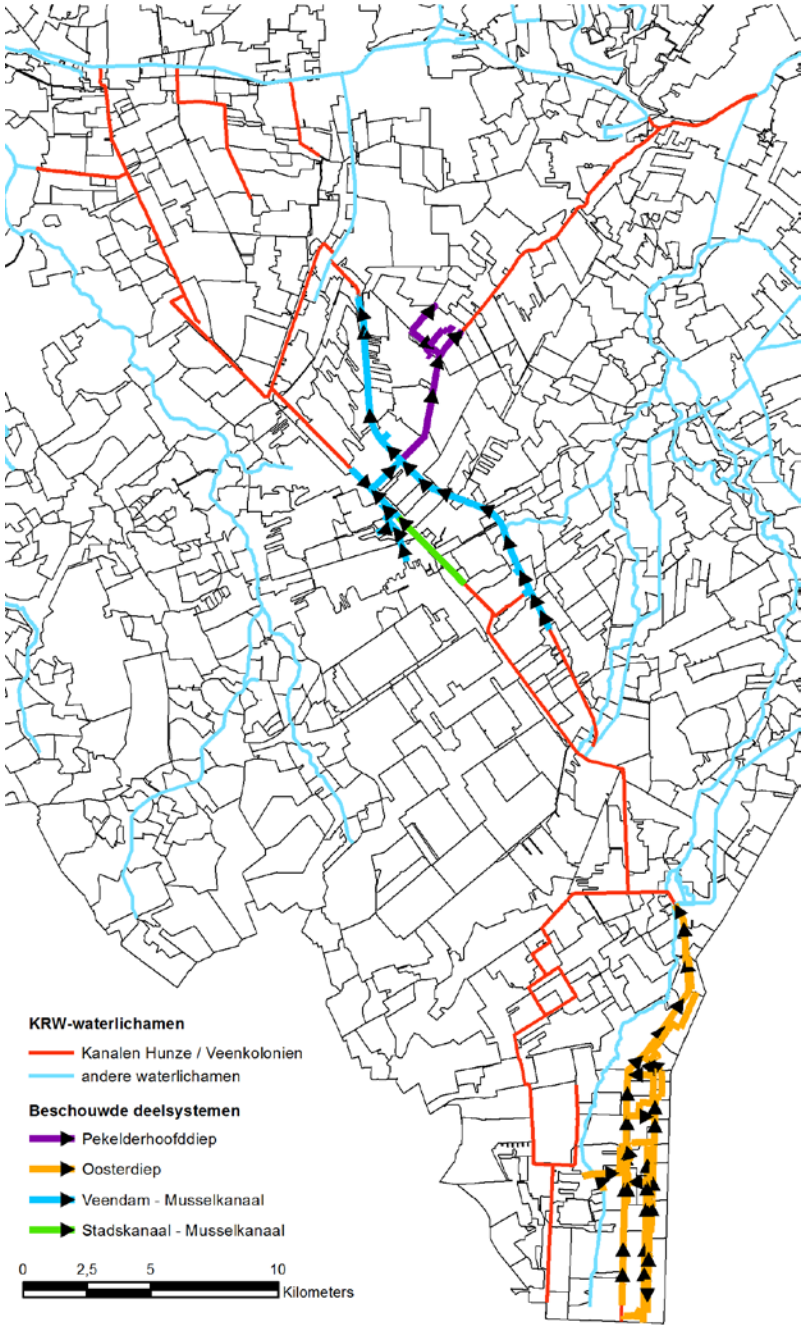
2 Beschrijving watersysteem

2.1 WATERSYSTEEM

2.1.1 BESCHRIJVING

Het watersysteem Veenkoloniën maakt deel uit van het stroomgebied Nedereems, waarbij de natuurlijke afstroming van het gebied van zuid naar noord plaatsvindt.
Figuur 3 geeft de belangrijkste kunstwerken en waterlopen weer binnen het watersysteem. De begrenzing van het watersysteem Veenkoloniën bestaat in het zuiden uit de inlaat Oosterdiep, inlaat Lange Runde en Inlaat Barriereweg. In het noorden wordt het gebied begrenst door stuw Veendam en Middenverlaat Pekelderhoofddiep. De hoofd trajecten die deel uit maken van het watersysteem zijn de Oosterdiep, Pekelderhoofddiep, Veendam – Musselkanaal en Stadskanaal/Musselkanaal.

Het watersysteem Veenkoloniën (45.000 ha.) is tussen de vijftiende en twintigste eeuw ontstaan door veenontginning. Het wordt gekenmerkt door grootschalige openheid, langgerekte kanalen en wijken en lintbebouwing langs de kanalen. De wateren werden in het verleden aangelegd voor de ontwatering van het veen en de ontsluiting van het veengebied. Veel kanalen en wijken zijn in de loop der jaren om verschillende redenen gedempt: door het verlies van de functies ontsluiting en afvoer van veen, door toenemende ruimtevraag in de dorpen of door extra grondvraag in de landbouw. De overgebleven kanalen en wijken hebben alleen nog een functie voor aan- en afvoer van water, en zijn voor die functie over gedimensioneerd (te breed en te diep). Het gebied is overwegend een inzijggebied, met uitzondering van een kwelgebied langs de oostzijde van de Hondsrug. De hooggelegen veenkoloniën zijn in de zomerperiode afhankelijk van de wateraanvoer uit het IJsselmeer via het A.G. Wildervanckkanaal, het Veendam-Musselkanaal en de Verlengde Hoogeveense Vaart. Het grondgebruik is overwegend agrarisch (akkerbouw) in een open landschap; er komt vrij weinig natuur in grotere aaneengesloten eenheden voor. In de Veenkoloniën treedt aanzienlijke bodemdaling op als gevolg van gaswinning, zoutwinning en veenoxidatie.



Figuur 3 Waterlichaam Kanalen Hunze en Veenkoloniën en de beschouwde deelsystemen.

2.1.2 STATISCHE KENMERKEN

Afwateringseenheden

In het Veenkoloniën gebied zijn de vier belangrijkste trajecten:

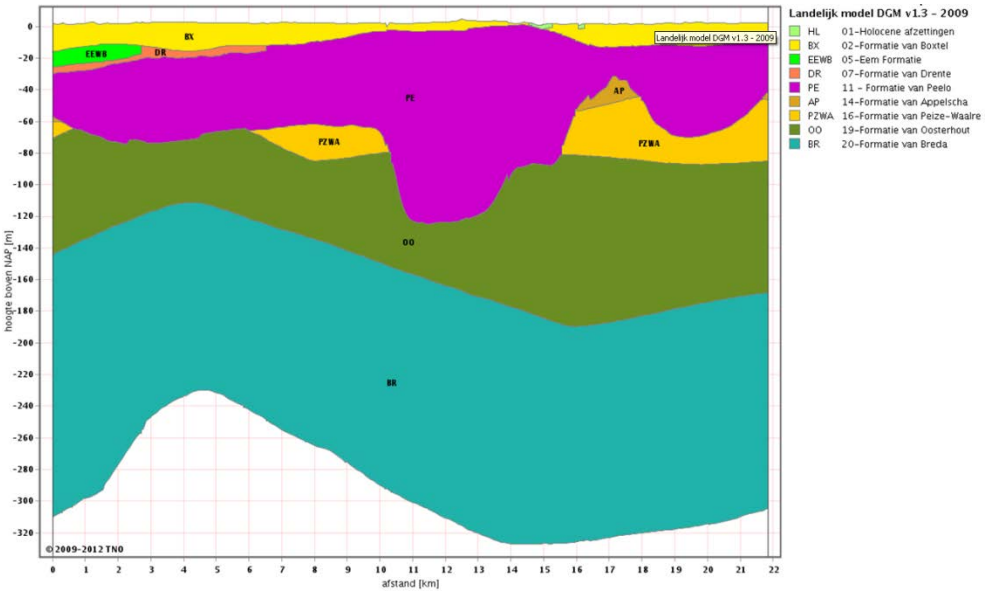
- Oosterdiep
- Pekelderhoofddiep
- Veendam – Musselkanaal
- Stadskanaal – Musselkanaal

Voor het Oosterdiep traject geldt een stroming die aansluit bij de algehele stromingsrichting van het gebied van zuid naar noord. In het Pekelderhoofddiep is de stroming vanuit het zuidwesten naar het noordoosten. In het Veendam – Musselkanaal is de stroming van zuidoost naar noordwest tijdens een afvoersituatie (winter). Bij een aanvoersituatie is deze stroming tegenovergesteld van noordwest naar zuidoost.
Het Stadskanaal – Musselkanaal kent een stroming van zuidoost naar noordwest.

Geohydrologie
De geohydrologische schematisering van kanalensysteem Veenkoloniën is gebaseerd op REGIS II classificering van Deltares. In Figuur 4 en Figuur 5 zijn dwarsdoorsneden van de ondergrond weergegeven waarbij elke afzonderlijk gedefinieerde geologische bodemformatie is aangeduid aan de hand van kleur en naam. In de bijgevoegde legenda zijn de afkortingen en volledige namen van de geologische formaties, in volgorde van voorkomen vanaf het maaiveld, weergegeven.

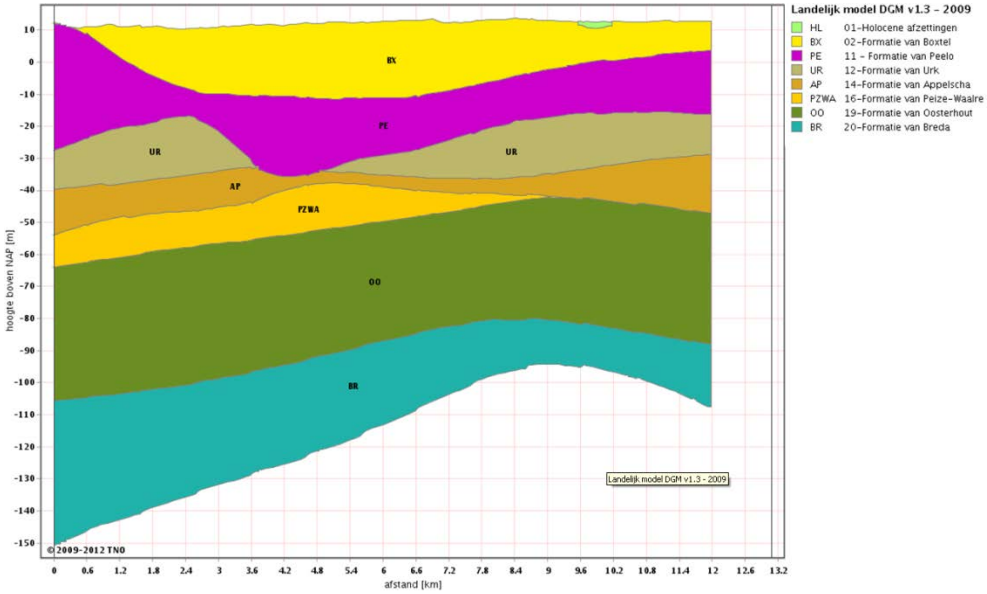
Op lokale schaal komt aan maaiveld holocene afzettingen voor die bestaan uit venen van de formatie van Nieuwkoop. In het grootste deel van het gebied wordt echter de formatie van Boxtel aangetroffen aan maaiveld. Deze formatie is deels ook afgezet in het holoceen en bestaat met name uit eolische zandafzettingen. Maar ook fluviatiele klei afzettingen, lucastriene afzettingen en organogene vormingen komen binnen deze formatie voor. Aanwezige veenafzettingen in beekdalen (uit het laagpakket van Singraven) maken ook onderdeel uit van de formatie van Boxtel. De grotere veenafzettingen langs de meren horen echter tot de formatie van Nieuwkoop.

Onder de formatie van Boxtel komt in het noordwesten van het gebied (net ten zuidwesten van Veendam) nog zanden van de formatie van Eem en Drenthe voor. Echter in de rest van het gebied is de formatie van Peelo aanwezig onder de formatie van Boxtel (tussen de 10 en 25 meter onder maaiveld). In het zuidwesten van het gebied (net ten noorden van Emmen) komt deze formatie ook tot aan het maaiveld, maar helt snel af onder de Boxtel formatie in oostelijke richting. De formatie van Peelo (elsterien) is een glaciale afzetting die gekenmerkt wordt door een sterke afwisseling in dikte over korte afstanden als gevolg van diep ingesneden geulen door smeltwater gevuld. De dalen zijn ontstaan na het terugtrekken van het ijsfront en zijn opgevuld met fluvioglaciale afzettingen. Deze bestaan met name uit fijne zanden en matig siltige kleien.
In delen van het gebied, waar de formatie met name uit klei bestaat, vormt deze een scheidende laag.

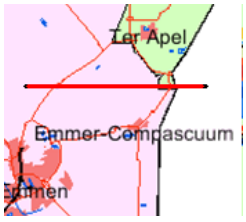


Figuur 4 Dwarsdoorsnede ondergrond Veenkoloniën Noord (bron: REGISII TNO).

Onder de formatie van Peelo bevindt zicht in het zuidelijk deel van het gebied nog de zanden van de formatie van Urk gevolgd door fluviatiele zanden van de formatie van Appelscha. In het noordelijk gebied komt de formatie van Urk niet voor en alleen lokaal de formatie van Appelscha. Onder deze formaties bevind zich in een groot deel van het gebied zanden van de fluviatiele formatie van Peize Waalre.
Onder de formatie van Peize Waalre ligt in het gehele gebied het Oosterhout complex. Dit complex is sterk gelaagd, doorlatend en circa 40-50 meter dik. Afsluitend ligt hieronder de formatie van Breda die de geohydrologische basis van het gebied vormt.

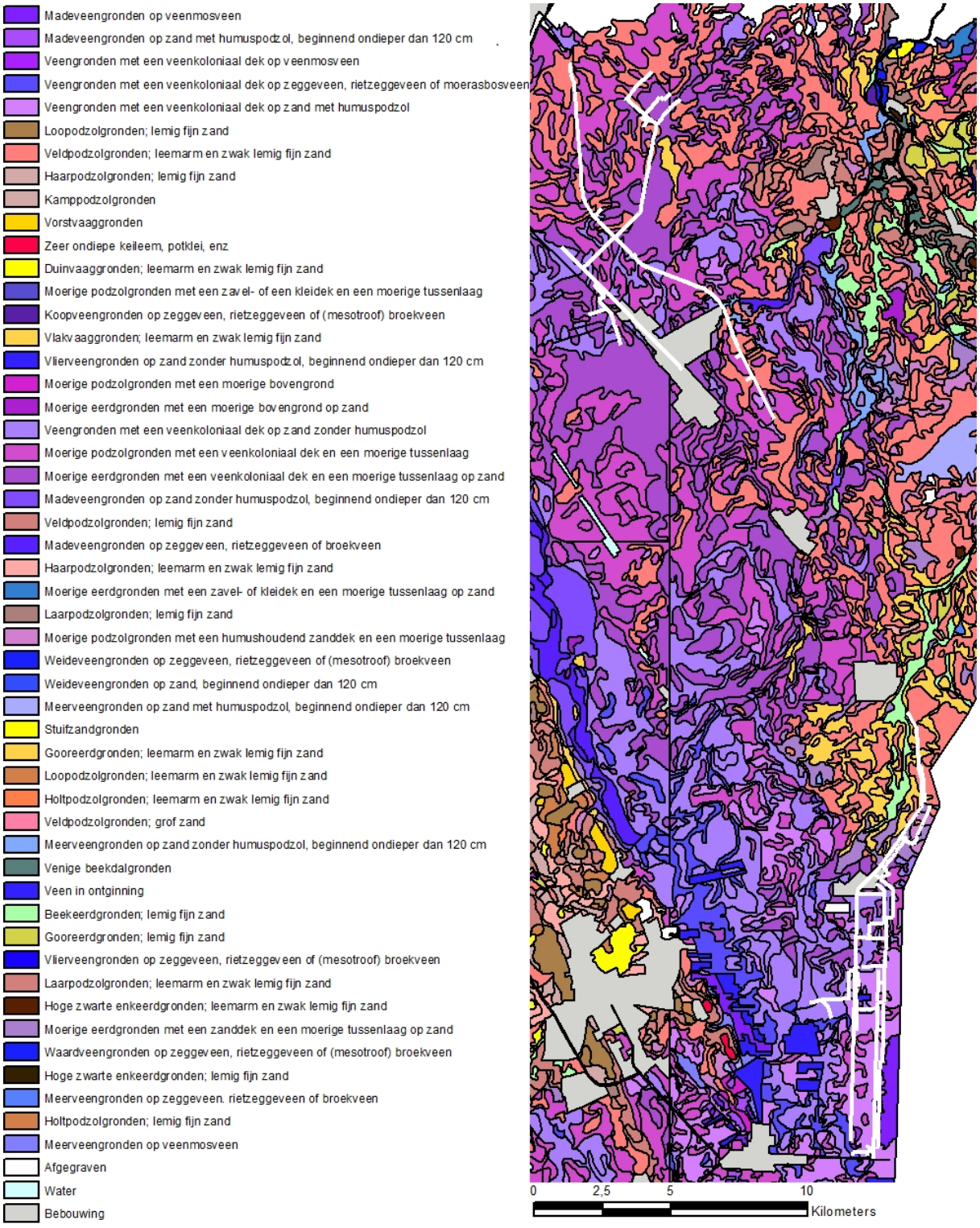


Figuur 5 Dwarsdoorsnede ondergrond Veenkoloniën Zuid (bron: REGISII TNO).



Grondsoort
Het Veenkoloniën gebied bestaat met name uit zandige gronden waar lokaal kleine veengebieden voorkomen. In figuur 4 is de bodemkaart 1:50.000 voor de Veenkoloniën te vinden.

De zandige gebieden bestaan voornamelijk uit eerdgronden en podzolgronden (meest veldpodzolen) met leemarm en zwak lemig fijn zand. De veengronden bestaan voornamelijk uit venige beekafzettingen (langs de watergangen, laagpakket van singraven, holocene deklaag) en veengronden met een veenkoloniaal dek op (moerige) podzolgronden of eerdgronden (formatie van nieuwkoop).



Figuur 6 Bodemkaart Veenkoloniën (Bron: Alterra Bodemkaart 1:50.000)

Strijklengte

De breedte van de watergangen varieert van 15 tot 35 meter, de strijklengte bij een westen of oostenwind bedraagt dus maximaal 35 m. De strijklengte bij een noordelijke of zuidelijke wind is langer; een lengte tot enkele kilometers is mogelijk.

2.1.3 DYNAMISCHE KENMERKEN

Debiet en kwaliteit

Onderstaand wordt per traject voor de aanwezige meetpunten de gemiddelde af-/aanvoer gegeven voor de periode waarvoor gegevens beschikbaar zijn (waarbij de voorkeur ligt bij de periode 2006-2010).

Oosterdiep

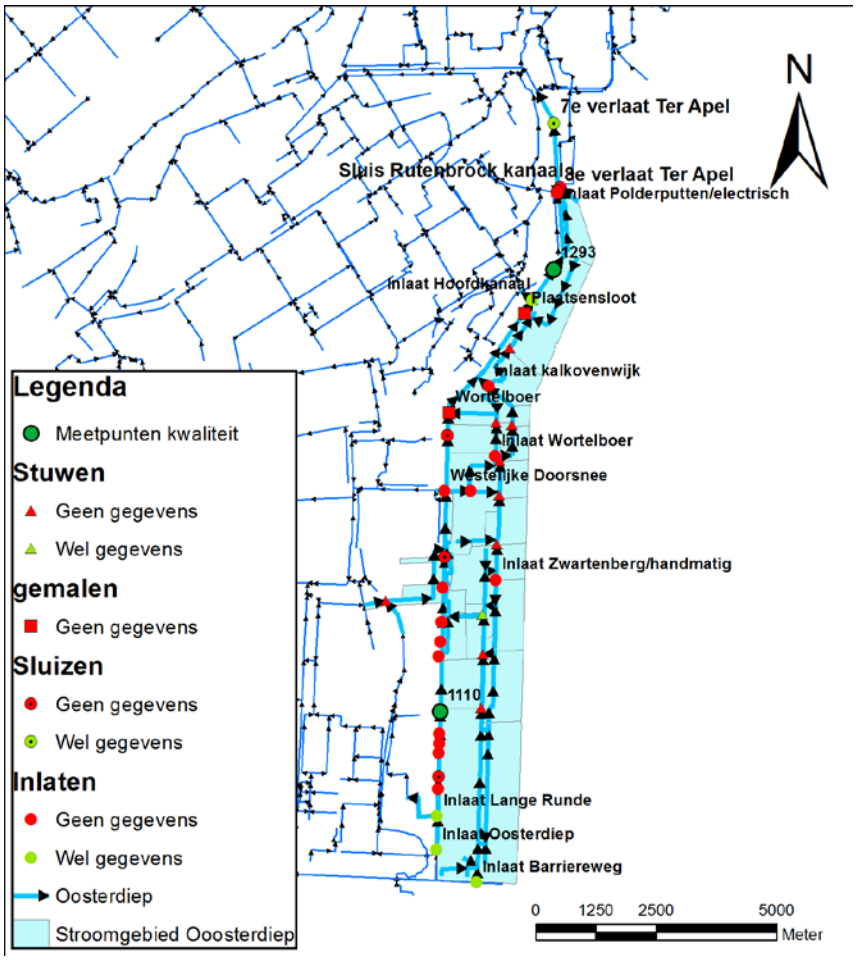
Onbekend zijn:

- Gemaal Wortelboer
- Gemaal Plaatsensloot
- Overige kleine inlaten
- Overig afwaterend oppervlak

Figuur 7 geeft de geografische ligging van de meetpunten en de onbekende aan en afvoer locaties.

Meetpunt	Wintersituatie (oktober- maart)	Zomersituatie (april-september)	Type
Inlaat Oosterdiep	0,058 m^3/s	0,412 m^3/s	Aanvoer inlaat
Inlaat Barriereweg	0,025 m^3/s	0,133 m^3/s	Aanvoer inlaat
Inlaat Lange Runde	0,003 m^3/s	0,045 m^3/s	Inlaat naar ander gebied
Inlaat Hoofdkanaal	0,012 m^3/s	0,099 m^3/s	Inlaat naar ander gebied
Steenhuiswijk	Schatting 0,05 m^3/s	Schatting 0,05 m^3/s	Aanvoer
Zevende verlaat	0,378 m^3/s	0,553 m^3/s	Afvoer

Tabel 1 Gemiddelde afvoeren voor de zomer /wintersituatie voor de beschikbare meetpunten op het traject Oosterdiep.



Figuur 7 Meetpunten (in groen) en onbekende aan- en afvoerlocaties op het traject Oosterdiep.

Voor Oosterdiep zijn twee waterkwaliteit meetlocaties beschikbaar. Meetpunt 1110 bevind zich benedenstrooms van inlaat Oosterdiep en Inlaat Lange Runde en geeft daarmee de kwaliteit weer van het water dat het systeem binnenkomt. Meetpunt 1293 bevind zich net benedenstrooms van Inlaat Hoofdkanaal en vormt een indicatie van de kwaliteit van de uitstroom van het gebied.
Tabel 2 geeft de kwartaal gemiddelde waarden voor de twee meetlocaties (over de periode 2006-2010).

Meetpunt	Stikstof				Fosfaat			
	K 1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
1110	4,65	4,43	2,8	3,14	0,31	0,40	0,64	0,74
1293	6,86	3,33	2,17	3,85	0,36	0,33	0,41	0,25

Tabel 2 Kwaliteit op de twee meetlocaties op het traject Oosterdiep

Pekelderhoofddiep

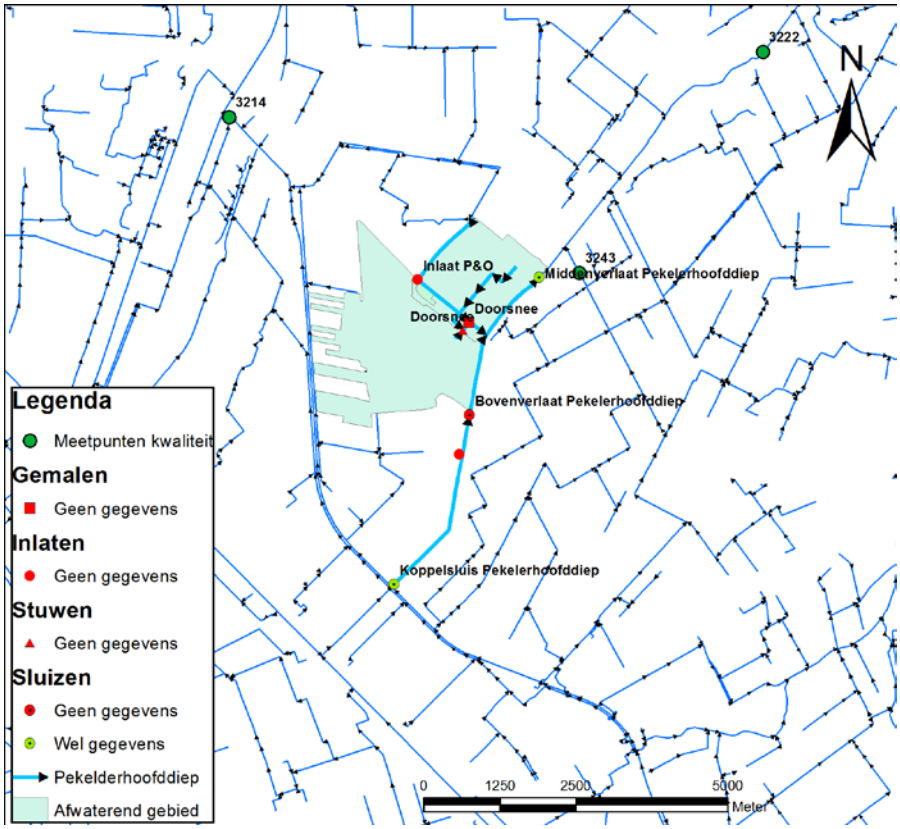
Onbekend zijn:

- Gemaal Doorsnee (wel het bijhorende afwaterend oppervlak bekend)
- kleine inlaat

Figuur 9 geeft de locaties van de beschikbare meetpunten, maar ook de onbekende aan en afvoer locaties.

Meetpunt	Wintersituatie (oktober- maart)	Zomersituatie (april-september)	Type
4de verlaat Koppelsluis	0,1822 m^3/s	0,217 m^3/s	Aanvoer
2de verlaat Middenverlaat	0,276 m^3/s	0,094 m^3/s	Afvoer

Tabel 3 Gemiddelde afvoeren voor de zomer /wintersituatie voor de beschikbare meetpunten op het traject Pekelderhoofddiep.



Figuur 8 Meetpunten (in groen) en onbekende aan- en afvoerlocaties op het traject Pekelderhoofddiep.

Voor Pekelderhoofddiep zijn op drie locaties waterkwaliteit metingen beschikbaar (zie Figuur 8). Meetpunt 3214 bevind zich ten noordwesten van het traject Pekelderhoofdiep en is niet direct te relateren aan de instroom of uitstroom van het traject. Meetpunt 3222 bevind zich benedenstrooms van Middenverlaat Pekelderhoofddiep vormt een indicatie van de kwaliteit van de uitstroom van het gebied. Wel geldt dat er nog water instroomt in het Pekelderhoofddiep benedenstrooms van het Middenverlaat waarvoor ook een meetpunt beschikbaar is 3243. Tabel 4 geeft de kwartaal gemiddelde waarden voor de twee meetlocaties (over de periode 2006-2010).

Meetpunt	Stikstof				Fosfaat			
	K 1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
3214	6,20	4,90	2,40	4,03	0,18	0,17	0,16	0,15
3222	7,83	4,63	2,29	4,99	0,29	0,15	0,11	0,20
3243	6,93	4,53	1,73	4,3	0,23	0,21	0,11	0,17

Tabel 4 Kwaliteit op de meetlocaties op het traject Pekelderhoofddiep

Veendam – Musselkanaal

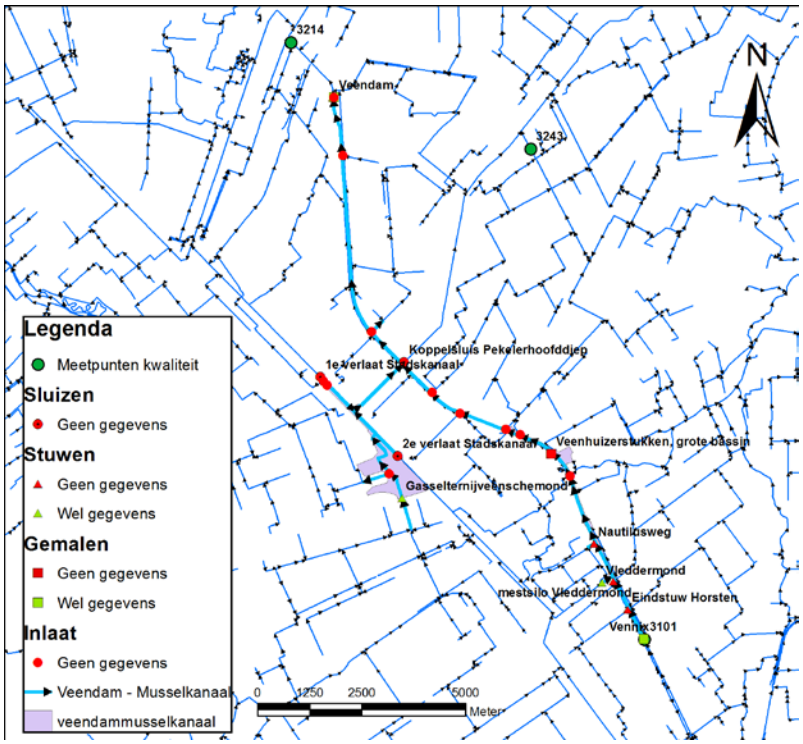
Meetpunt	Wintersituatie (oktober- maart)	Zomersituatie (april-september)	Type
Veendam	0,10 m^3/s	2,54 m^3/s	Aanvoer/afvoer
Gasselternijveenschemond	0,78 m^3/s	0,28 m^3/s	Aanvoer
Vleddermond	2,43 m^3/s	0,87 m^3/s	Aanvoer
Vennix	0,26 m^3/s	1,62 m^3/s	Aanvoer

Tabel 5 Gemiddelde afvoeren voor de zomer /wintersituatie voor de beschikbare meetpunten op het traject Veendam - Musselkanaal.

Onbekend zijn:

- Diverse inlaten
- Afwatering uit het gebied
- Berging/wegzijging

Figuur 9 geeft de locaties van de beschikbare meetpunten, maar ook de onbekende aan en afvoer locaties.



Figuur 9 Meetpunten (in groen) en onbekende aan- en afvoerlocaties op het traject Veendam - Musselkanaal

Voor het traject Veendam – Musselkanaal zijn op twee locaties waterkwaliteit metingen beschikbaar (zie Figuur 9). Meetpunt 3101 bevind zich in het zuidoosten bij het oppervlaktewater meetpunt Vennix. Bij een afvoersituatie is dit het punt waar water het traject binnenkomt. Bij een aanvoersituatie (zomer) is dit het uitstroompunt van het traject. Meetpunt 3214 bevind zich net benedenstrooms van oppervlaktewater meetpunt Veendam (bij een afvoersituatie). Bij een afvoersituatie is dit het punt 'uit' van het traject. Bij een aanvoersituatie is dit het punt waar water het traject binnenkomt.

Tabel 6 Kwaliteit op de meetlocaties op het traject Veendam – Musselkanaal. geeft de kwartaal gemiddelde waarden voor de twee meetlocaties (over de periode 2006-2010).

Meetpunt	Stikstof				Fosfaat			
	K 1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
3101	6,23	3,73	2,8	4,43	0,24	0,15	0,14	0,18
3214	6,20	4,90	2,40	4,03	0,18	0,17	0,16	0,15

Tabel 6 Kwaliteit op de meetlocaties op het traject Veendam – Musselkanaal.

Stadskanaal – Musselkanaal

Meetpunt	Wintersituatie (oktober- maart)	Zomersituatie (april-september)	Type
3de Verlaat	0,219 m^3/s	0,133 m^3/s	Afvoer

Tabel 7 Gemiddelde afvoeren voor de zomer /wintersituatie voor de beschikbare meetpunten op het traject Stadskanaal - Musselkanaal.

Onbekend is:

- 2de verlaat Stadskanaal
- Overige af- en aanvoersituaties

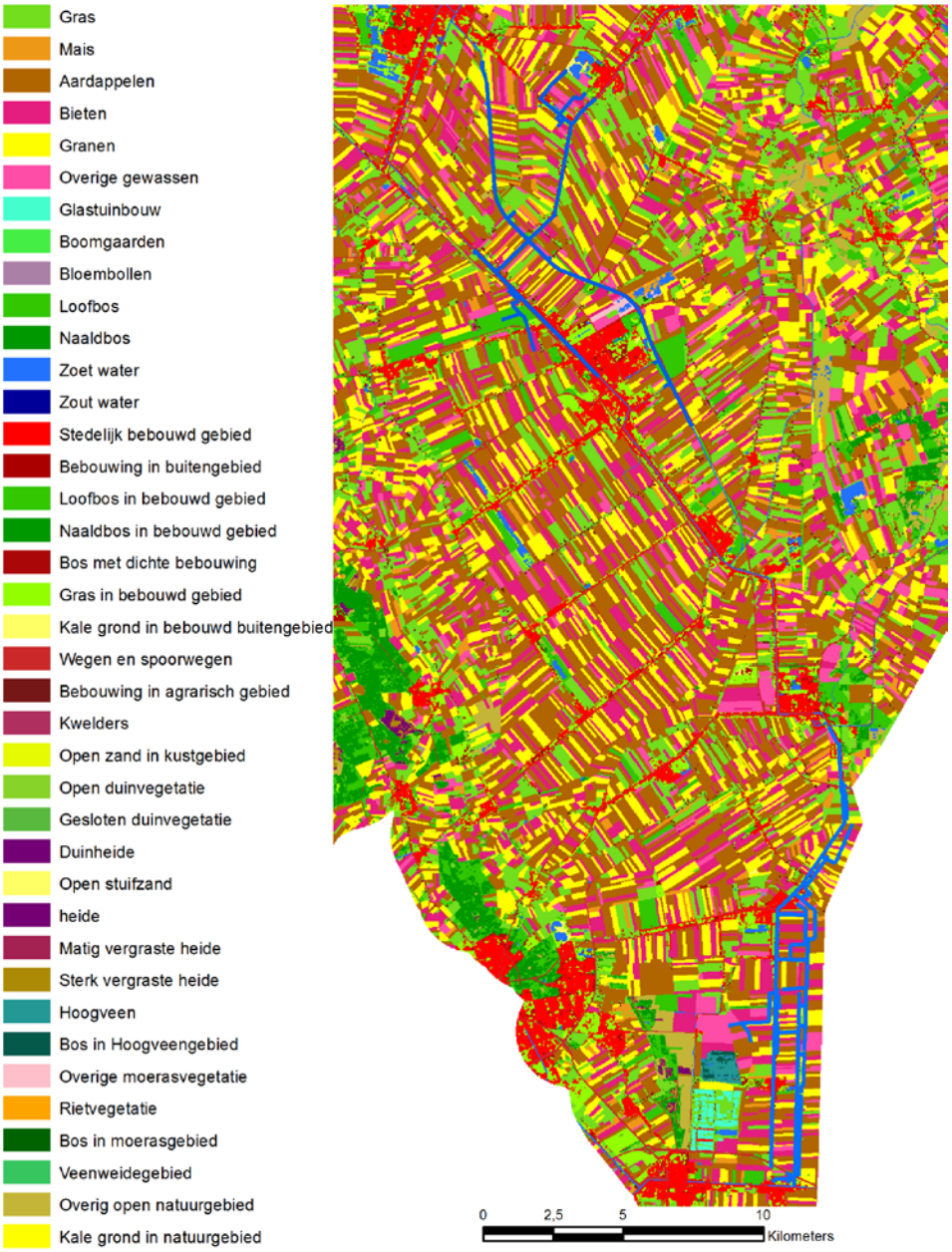
In de zomer fungeert het systeem als irrigatiesysteem, water wordt via de inlaten ingelaten waarna het zich verdeeld over de waterlopen en ten slotte gebruikt wordt om de landbouwpercelen te beregenen en de grondwaterstanden op niveau te houden ten behoeve van capillaire nalevering.

Stratificatie

Het Kanalensysteem Veenkoloniën heeft een beperkte diepte. Hierdoor treedt er geen stratificatie op in het water.

Landgebruik

Het landgebruik in de Veenkoloniën is voornamelijk agrarisch. Het gaat hier met name om akkerbouw waar mais, aardappelen en granen de meest voorkomende verbouwde gewassen zijn (Figuur 10). Lokaal is ook natuur aanwezig. Belangrijke bebouwde gebieden zijn Veendam, Stadskanaal en Ter Apel.



Figuur 10 Landgebruik Westerwolde (Bron: LGN4, Alterra)

2.2 TOESTAND (KRW) EN KRW DOELSTELLING

Het kanalensysteem Hunze / Veenkoloniën vormt een KRW waterlichaam. Het waterlichaam is van type M14-ondiepe gebufferde plassen. Het waterlichaam ligt in stroomgebied Eems en heeft de status "kunstmatig". Figuur 11 KRW factsheet kanalen Hunze / Veenkoloniëngeeft een factsheet weer waarin de beschrijving en onderbouwing van deze status is samengevat.

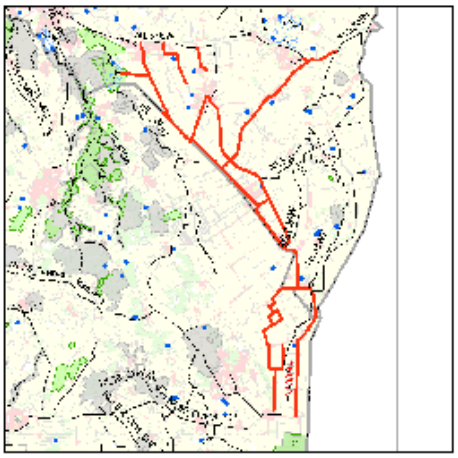
Hieruit blijkt dat gezien de biologische en chemische toestand van het waterlichaam macrofyten, vis en stikstof/fosfaat gehaltes een aandachtspunt van het waterlichaam vormen.

Het maatregelenoverzicht en de fasering om te kunnen voldoen aan de KRW doelen is ook in Figuur 11 opgenomen. Voor de periode 2010-2015 zijn twee afkoppel opgaven benoemd waarvoor het initiatief ligt bij de betreffende gemeenten. Op initiatief van het waterschap wordt het oplossen van 5 migratieknelpunten en de aanleg van 7 km natuurvriendelijke oever benoemd. Tevens wordt een onderzoek naar de voedselrijkdom van slib benoemd.
Dit omdat tijdens het KRW proces bleek dat er veel vragen waren over de invloed van de aanwezige waterbodems op de waterkwaliteit. Op basis van meetgegevens was het niet mogelijk een gefundeerde uitspraak te doen over deze invloed. Er is daarom besloten dit systeem in te brengen in het project baggernut, mocht blijken dat de waterbodem wel een significant effect hebben kunnen aanvullende maatregelen opgenomen worden.

Daarnaast is als aanvullende maatregel na 2015 in het beheerplan opgenomen dat er 17 km natuurvriendelijke oevers aangelegd dienen te worden om te voldoen aan de KRW richtlijnen. In Bijlage 1 is een overzicht en kaart opgenomen van de doelen / maatregelen ten behoeve van de KRW en het WB21.

Basisgegevens

Naam	Kanalen Hunze / Veenkolonien
Code	NL33HV
Status	Kunstmatig
Type	M14 - Ondiepe gebufferde plassen
Stroomgebied	Eems
Waterbeheergebied	Waterschap Hunze en Aa's
Provincie	Drenthe, Groningen
Gemeente	Aa en Hunze, Bellingwedde, Emmen, Hoogezand-Sappemeer, Menterwolde, Pekela, Reiderland, Stadskanaal, Veendam, Vlagtwedde, Winschoten



Legenda

Karakterschets van het waterlichaam

Afwateringskanalen in zand- en laagveengebied. De kanalen worden gevoed door regen, grondwater en/of instromend oppervlaktewater. In tijden van watertekort wordt via de kanalen IJsselmeerwater aangevoerd. Het profiel van de kanalen is rechthoekig of trapeziumvormig met abrupte overgangen van land naar water.

Onderbouwing van de status "Kunstmatig"

Dit waterlichaam heeft de status kunstmatig omdat het door mensen gegraven is.

Biologische en algemeen fysisch chemische toestand

De maatlatten zijn gebaseerd op doeltype M14 (Ondiepe gebufferde plassen)

Maatlat	Huidige situatie	Verwachting 2015	GEP	Toelichting
Macrofauna (EKR)	0,55	0,6	0,6	G1
Overige waterflora (EKR)	0,40	0,43	0,53	G3
Fytoplankton (EKR)	0,57	0,6	0,6	G1
Vis (EKR)	0,48	0,6	0,6	G1
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) (mg P/l)	0,17	0,15	0,15	G3
Totaal stikstof (zomergemiddelde) (mg N/l)	3,76	3	3	G3
Chloride (zomergemiddelde) (mg Cl/l)	63,4	100	100	G3
Temperatuur (maximum waarde) (°C)	19,0	25	25	G1
Doorzicht (zomergemiddelde) (Meter)	0,35	0,40	0,4	G3
Zuurgraad (zomergemiddelde) (-)	7,60	5,5-8,5	5,5-8,5	G1
Zuurstofverzadiging (zomergemiddelde) (%)	84,3	60-120	60-120	G1

Legenda: *slecht* *ontoereikend* *matig* *goed* *zeer goed*

In de kolom toelichting zijn codes opgenomen voor de hanteerde methodiek. Voor de betekenis van deze codes wordt verwezen naar de toelichting op de factsheets.

Figuur 11 KRW factsheet kanalen Hunze / Veenkoloniën

2.3 MAATREGELEN

In het Waterbeheerplan 2010-2015 wordt de opgave en oplossingen voor de Hunze / Veenkoloniën beschreven. Onderstaand is dit op hoofdlijnen kort samengevat.

Opgaven
In het Veenkoloniën gebied komt verdroogde natuur voor en is in de zomer sprake van grote water tekorten. In de huidige situatie worden tekorten aangevuld vanuit het oppervlaktewater. In de toekomst is het gewenst 3,8 miljoen m^3 water hiervoor bovenstrooms van de Veenkoloniën vast te houden.

De kanalen van de Veenkoloniën voldoen niet aan de ecologische doelstelling van de KRW door onnatuurlijke inrichting van de oevers, de aanwezige barrières voor vismigratie en hoge nutriëntgehalten.

In de beroepsvaarwegen Winschoterdiep en A.G. Wildervanckkanaal wordt niet overal de nautische diepte voor beroepsvaart gehaald. Voor de Veenkoloniën ligt nog een opgave van circa 510.000 m^3 aan te baggeren waterbodems.

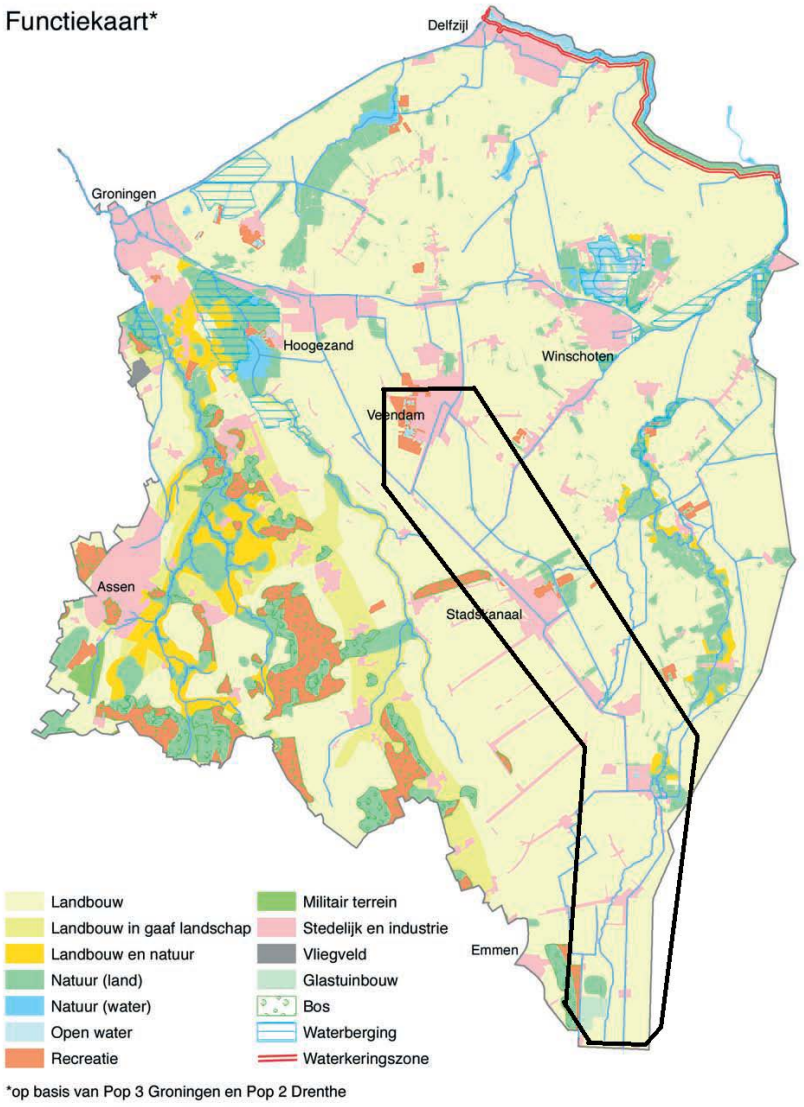
Oplossingen
Binnen GGOR en peilbesluiten wordt de ruimte binnen het bestaan watersysteem benut. Betere aansturing en aanpassing van stuwen kunnen wateroverlastknelpunten oplossen, water langer bovenstrooms vasthouden en de watervraag verminderen.

Ter verbetering van de ecologische toestand wordt 7 km natuurvriendelijke oever aangelegd (gevolgd door nog eens 17 km na 2015). 5 km zal worden aangelegd in de Veendam-Musselkanaal en 2 km bij de vaarverbinding Erica – Ter Apel. Een vijftal migratieknelpunten voor vissen wordt in de kanalen passeerbaar gemaakt.

Er wordt onderzoek gedaan naar de voedselrijkdom van slib in de kanalen en een strategie opgesteld voor het verminderen van inklinking van de bodem door veenoxidatie op de lange termijn.

2.4 FUNCTIE GEBRUIK BEHEER EN ONDERHOUD

De functiekaart (Figuur 12) bij het waterbeheerplan 2010-2015 (Waterschap Hunze en Aas, 2009) laat zien dat er voor het Veenkoloniën gebied meerdere functies worden onderscheiden. De basis vormt echter de landbouw. Daarnaast bevinden zich functies als stedelijk gebied, recreatie en natuur zich binnen het gebied.



Figuur 12 Functiekaart Westerwolde (Bron: Waterbeheerplan 2010-2015, Waterschap Hunze en Aas)

3 Analyse

3.1 WATERBALANS

Van de drie gebieden Oosterdiep, Pekelderhoofddiep en Veendam – Musselkanaal zijn een waterbalans en stoffenbalans opgezet. Voor elk van de gebieden geldt dat een aandeel van de in en uitstroompunten onbekend blijven. Deze onbekende in- en uitlaat situaties, samen met de buffer van het systeem zelf (berging van water in het systeem en in de bodem), zijn als één post opgenomen in de balans.
Voor het traject Stadskanaal – Musselkanaal zijn geen gegevens over de in/uitstroom bekend. Hier is dan ook geen balans opgezet.

3.1.1 GEGEVENS

De volgende in- en uitlaatposten zijn meegenomen in de waterbalansen van de trajecten, namelijk:
- Inlaten,
- Uitlaten,
- Kwel en wegzijging,
- Neerslag;
- Verdamping.

De herkomst en het detailniveau van de gegevens die voor de posten van de waterbalans zijn gebruikt verschillen. Onderstaand wordt per post aangegeven wat de bron en ook de tijdsschaal van de gebruikte gegevens is.

Posten	Bron	Tijdschaal
Inlaten	Aangeleverde gegevens waterschap	Dag gemiddelden en sommen (2006-2010)
Uitlaten	Aangeleverde gegevens waterschap	Dag gemiddelden en sommen (2006-2010)
Neerslag	KNMI station 144, Ter Apel	Dag totalen
Verdamping	KNMI station 322, Hoogeveen	Dag totalen
Kwel en wegzijging	Aangeleverde gegevens, MIPWA model waterschap	Jaargemiddelde

Tabel 8 Posten van de waterbalans en hun brongegevens.

Voor ontbrekende gegevens en het interpreteren van de beschikbare gegevens gebruik gemaakt van de expert judgement van Albert Siebring, hydroloog van waterschap Hunze & Aas. Van de inlaat/uitlaat locaties is de periode waarvoor gegevens beschikbaar zijn verschillend. Voor het opstellen van de balansen is gekozen voor de periode 2006-2010 omdat over deze periode voor alle locaties gegevens bekend zijn.

Voor het berekenen van de totalen in de water- en stoffenbalans van neerslag, kwel en uitspoeling is het afwaterend oppervlak horende bij de drie trajecten van belang. Voor de inschatting van de verblijftijd is ook het volume van de watergangen horende bij de trajecten van belang. Onderstaande Tabel 9 geeft per traject de afwaterend oppervlakte, de totaal lengte van de watergangen en het volume van de watergangen.

Traject	Afwaterend oppervlak	Lengte watergangen	Volume watergangen
Oosterdiep	2160 ha	53.049 m	586.332 m^3
Pekelderhoofddiep	721 ha	10.936 m	65.519 m^3
Veendam – Musselkanaal	248 ha	25.750 m	631.122 m^3

Tabel 9 Kenmerken van de specifieke trajecten.

De afwaterende oppervlakten zijn door de hydroloog van Waterschap Hunze en Aa's aangeleverd. Het gaat hier om de bodemoppervlakken die direct op het kanaal afwateren (en dus niet via andere watergangen). De lengte van de watergangen is bepaald uit het af- en aanvoer vakken bestand zoals deze is aangeleverd door het waterschap. In het watergangenbestand zijn ook de bodembreedte, talud en bodemhoogte beschikbaar. Deze informatie is gebruikt om het volume van de waterlichamen vast te stellen. Daar waar deze informatie onvolledig was, is deze gelijkgesteld aan de dichtstbijzijnde bekende gegevens.

3.1.2 AAN- EN AFVOER POSTEN

Inlaat en uitlaat locaties

In het traject Oosterdiep wordt water ingelaten via inlaat Oosterdiep en de inlaat Barriereweg. Het water verlaat het gebied weer via het 7e verlaat (Ter Apel). Over dit traject bevinden zich nog een aantal inlaten waar water wordt ingelaten naar het omliggende gebied. Voor de inlaat Lange Runde (net na inlaat Oosterdiep) en de inlaat Hoofdkanaal zijn gegevens bekend. De overige inlaten zijn in de balansen opgenomen als de verzamelnaam 'X'. Voor het gebied Oosterdiep wordt aangenomen dat er alleen onbekende inlaten zijn waar water uit het systeem verdwijnt en er geen water meer het systeem instroomt (mondelinge mededeling Albert Siebring).

In het traject Pekelderhoofddiep wordt water ingelaten via de Koppelsluis Pekelderhoofddiep (4de verlaat) en verlaat het water het traject via het middenverlaat Pekelderhoofddiep (2de verlaat). Daarnaast zijn nog 2 inlaat situaties aanwezig waar water het gebied binnenkomt of verlaat. Het afwaterend oppervlak horende bij het achterliggende gebied van gemaal doorsnee is bekend. De onbekende in/uitlaten zijn samen als 'X' gekenmerkt in de balansen.

In het traject Veendam- Musselkanaal komt water het traject binnen via het gemaal Vennix en verlaat het gebied via stuw Veendam tijdens afvoersituaties (natte periodes). Tijdens aanvoersituaties is dit omgedraaid en komt water het traject binnen via het gemaal Veendam en verlaat het traject via stuw Vennix. Op het traject komt er op twee locaties water bij waar ook gegevens voor bekend zijn (Gasselternijveenschemond en Vleddermond). Op 1 locatie wordt water ingelaten naar het Pekelderhoofddiep traject (Koppelsluis, 4de verlaat). Daarnaast wordt op meerdere locaties water uitgelaten naar het omliggende gebied verzamelt onder de noemer 'X' in de balansen. Aangenomen wordt dat dit allen uitvoerposten zijn voor het systeem. Via het 1e verlaat Stadskanaal komt mogelijk nog water het systeem binnen. Deze hoeveelheid is echter verwaarloosbaar (mondelinge mededeling Albert Siebring).

Neerslag/verdamping

De neerslag en verdamping gegevens zijn per kwartaal bepaald. Hierbij is er uitgegaan van gemiddelde waarden over de periode 2006-2010. De neerslag-/verdampingssom van het betreffende kwartaal voor de jaren in deze periode is gemiddeld. Voor elk kwartaal is dus een gemiddelde som voor de neerslag en verdamping beschikbaar. Onderstaande tabel geeft deze waarden weer.

	Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
Neerslag	220,72 mm	148,38 mm	272,46 mm	230,78 mm
Verdamping	52,3 mm	254,54 mm	231,84 mm	42,02 mm
Overschot/tekort	168,42 mm	-106,16 mm	40,62 mm	188,76 mm

Tabel 10 Neerslag- en verdampinggegevens. Kwartaalgemiddeldes over de periode 2006-2010

Kwel/wegzijging

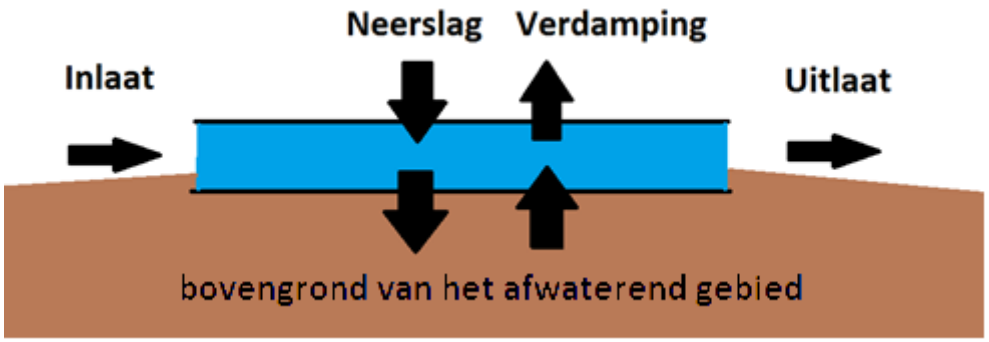
Het grondwatermodel MIPWA dat ook het projectgebied beslaat, beschikt over een doorgerekend resultaat van de grondwaterfluxen op een resolutie van 25x25 m. Als inschatting voor de kwel en wegzijging is gebruik gemaakt van de flux van laag 1 naar laag 2, waarbij een positieve flux de wegzijging weergeeft en de negatieve flux de kwel. De beschikbare fluxen uit het model bestaan uit jaargemiddelde fluxen. Voor elk afwaterend oppervlak dat hoort bij het betreffende traject, is bepaald welk oppervlak bestaat uit wegzijging en welk oppervlak uit kwel, wat is gekoppeld aan de gemiddelde wegzijging/kwel waarde over dit oppervlak. Onderstaande tabel geeft de berekende kwel/wegzijging fluxen.

Traject	Kwelflux	Wegzijgingsflux	Totaal oppervlak
Oosterdiep	1,75 mm/dag, 369 ha	1,13 mm/dag, 1788 ha	2157 ha
Pekelderhoofddiep	3,33 mm/dag, 179 ha	1,21 mm/dag, 542 ha	721 ha
Veendam – Musselkanaal	14,6 mm/dag, 55 ha	7,13 mm/dag, 193 ha	248 ha

Tabel 11 Kwel- en wegzijgingfluxen van het afwaterend oppervlak, jaargemiddeld uit het MIPWA model.

3.1.3 METHODE UITGANSPUNTEN

Er is gekozen om de waterbalans op stellen op basis van waterlopen (lijnvormig elementen), dit betekend dat alleen alle in- en uitlaat posten van en naar een waterloop in beschouwing genomen worden. In Figuur 13 is schematisch weergegeven hoe de waterbalans is opgesteld.



Figuur 13 Schematische weergaven in- en uitvoer posten van de waterbalans. De blauwe waterloop representeert alle waterlopen binnen een deelgebied. Hiervoor wordt de waterbalans opgesteld

De aanpak voor het watersysteem Veenkoloniën is afwijkend van de aanpak zoals deze is gekozen in de watersysteem analyse van het watersysteem kanalen Westerwolde. Voor Westerwolde is gebruik gemaakt van de infiltratie en drainage fluxen van en naar de watergang en in het gebied. Deze gegevens zijn afkomstig uit een gemaakte grondwatermodellering van het gebied. Voor de watersysteemanalyse van de Veenkoloniën is gekozen voor een andere aanpak. Hierbij is ook voor de bovengrond van het afwaterend gebied, waarvoor geen aan- en afvoergegevens bekend zijn een waterbalans opgesteld. De posten die hierop invloed hebben zijn kwel, wegzijging, neerslag en verdamping. Deze posten zijn afzonderlijk opgenomen op de waterbalans. Samen vormen deze posten de bijdrage vanuit de bodem aan de watergang. Er is voor de verschillende trajecten aangenomen dat de oppervlakte van de watergang verwaarloosbaar is ten opzichte van het oppervlak van het afwaterend gebied. Voor Veendam-Musselkanaal is deze aanname wellicht niet helemaal terecht. Kwel, wegzijging, neerslag en verdamping naar/vanuit het wateroppervlak zijn daarom niet afzonderlijk meegenomen.

Met name voor het traject Veendam – Musselkanaal geldt dat er een verschil in gedrag van het systeem geldt tussen aan- en afvoersituaties, waarbij de in- en uitstroomrichtingen tegenovergesteld zijn. Er is gekozen voor het opstellen van een balans per kwartaal waaruit deze verschillen goed naar voren komen. Voor het opstellen van de balansen is gebruik gemaakt van langjarige gemiddelde gegevens per kwartaal.

Er is een balans opgesteld per deeltraject. De volgende deeltrajecten worden onderscheiden:
- Oosterdiep;
- Pekelderhoofddiep;
- Veendam – Musselkanaal;

Kwaliteit methode

Voor het opstellen van de waterbalans is gebruik gemaakt van verschillende typen gegevens. Per bron is aangegeven wat de kwaliteit van de gebruikte gegevens is volgens de werkwijze van de publicatiereeks Emissieregistratie [Van de Most, 1998]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van 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.

Post	Naam/locatie	Gemeten/afgeleid	Betrouwbaarheid
Oosterdiep			
Inlaat	Inlaat Oosterdiep	Gemeten	C
Inlaat	Barriereweg	Gemeten	C
Uitstroom	Lange runde	Gemeten	C
Uitstroom	Hoofdkanaal	Gemeten	C
Uitstroom	7e verlaat Ter Apel	Gemeten	C
Neerslag	stroomgebied	Gemeten	B
Verdamping	Stroomgebied	Gemeten	B
Kwel	Stroomgebied	Berekend/afgeleid	E
wegzijging	stroomgebied	Berekend/afgeleid	E
Pekelderhoofddiep			
Inlaat	4de verlaat	Gemeten	C
Uitstroom	2de verlaat	Gemeten	C
Neerslag	stroomgebied	Gemeten	B
Verdamping	Stroomgebied	Gemeten	B
Kwel	Stroomgebied	Berekend/afgeleid	E
wegzijging	stroomgebied	Berekend/afgeleid	E
Veendam – Musselkanaal			
Inlaat/uitstroom	Vennix		C
Inlaat/uitstroom	Veendam		C
Inlaat	Gasselternijveenschemond		C
Inlaat	Vleddermond		C
Uitstroom	Koppelsluis 4de verlaat		C
Neerslag	stroomgebied	Gemeten	B
Verdamping	Stroomgebied	Gemeten	B
Kwel	Stroomgebied	Berekend/afgeleid	E
wegzijging	stroomgebied	Berekend/afgeleid	E

Tabel 12 kwaliteitskwalificatie van de gebruikte gegevens voor de waterbalans

3.1.4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Oosterdiep

Resultaten

In Tabel 13 is de waterbalans voor het traject Oosterdiep gegeven in m^3 per kwartaal. In deze balans zijn de inlaten Oosterdiep en Barrièreweg (Limietwijk) als inlaten voor het traject beschouwd (instroompunten). De uitlaten waarvoor gegevens bekend zijn, zijn Lange Runde, Hoofdkanaal en het 7de Verlaat. Daarnaast gelden de neerslag en kwel nog als inkomende posten en de verdamping en wegzijging als uitgaande posten.

De sluitpost bestaat uit de bijdrage van de aanwezige in-/uitlaten in het systeem waar geen gegevens van bekend zijn, eventuele fouten in de beschikbare gegevens en de berging van het systeem. De sluitpost is voor alle kwartalen positief, wat betekend dat er via de bekende posten op de balans meer water het traject verlaat dan dat

er binnenkomt. De totale sluitpost bedraagt tussen de 30% en 50% van de totale UIT post, afhankelijk van het kwartaal.
Kijkend naar de bekende posten op de balans is duidelijk dat, afgezien van de sluitpost die aan de IN kant zit, de aanvoer in de winter voornamelijk afkomstig is van de netto neerslag (Neerslag – Verdamping) en in de zomer vanuit het Oosterdiep. De uitvoer vanuit het watersysteem vindt grotendeels plaats via het 7e verlaat. In met name het tweede kwartaal verdwijnt er ook water via de omliggende bodem vanwege netto verdamping en wegzijging.

		Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
IN	Oosterdiep	230.596	2.657.413	3.890.423	668.600
IN	Barrièreweg	102.902	860.725	1.113.363	237.536
IN	Neerslag	4.767.552	3.205.008	5.885.136	4.984.848
IN	Kwel	583.662	583.662	583.662	583.662
Totaal		5.684.712	7.306.808	11.472.584	6.474.646
UIT	Lange Runde	-590	-197.958	-526.156	-42.432
UIT	Hoofdkanaal	-49.966	-682.136	-727.931	-126.056
UIT	7de verlaat	-6.047.215	-3.212.735	-8.773.953	-9.798.660
UIT	Verdamping	-1.129.680	-5.498.064	-5.007.744	-907.632
UIT	Wegzijging	-1.822.202	-1.822.202	-1.822.202	-1.822.202
Totaal		-9.049.653	-11.413.095	-16.857.986	-12.696.983
Verschil	Sluitpost, X overige inlaten	3.364.941	4.106.287	5.385.402	6.222.337
	% sluitpost van zijde balans	37%	36%	32%	49%

Tabel 13 Waterbalans Oosterdiep in m³ per kwartaal.

In Tabel 14 wordt de verblijftijd in dagen gegeven. Deze wordt bepaald vanuit de doorstroom per dag en het volume van het watersysteem. Bijvoorbeeld in kwartaal 1 geldt dat er per dag 100.552 m³ door het systeem wordt doorgevoerd. Het volume van het systeem bedraagt 586.332 m³. Met de formule ‘ volume/doorstroom = verblijftijd’ , wordt berekend hoeveel dagen het kost voor al het water in het systeem is vervangen. De verblijftijd varieert tussen de 5 en de 9 dagen voor het traject Oosterdiep.

	k1	k2	k3	k4
som instroom/uitstroom per dag m³	67753	84716	115435	110746
Volume (m³) watersysteem	586.332	586.332	586.332	586.332
verblijftijd in dagen	8,7	6,9	5,1	5,3

Tabel 14 Tabel met verblijftijden voor het traject Oosterdiep

Discussie
De kwaliteitsclassificatie voor de waterbalans is E. De kwaliteit wordt immers bepaald door de zwakste schakel op de balans. Daarnaast zijn voor een aantal in-/uitlaten geen gegevens bekend. Hiervoor mocht worden aangenomen (mondelinge mededeling Albert Siebring) dat er alleen water het systeem verlaat via deze onbekende locaties. De sluitpost van de waterbalans is echter positief. Dit duidt erop dat er via deze onbekende locaties toch meer water het traject instroomt dan uitstroomt. De bijdrage vanuit de sluitpost is aanzienlijk en

beslaat circa 1/3 tot 1/4 van het uitstromende water. Hierbij geldt tevens dat de sluitpost een netto resultaat is van de onbekenden. De in- en uitstroom van de onbekende locaties zijn wellicht groter dan de balans weergeeft, vanwege de informatie vanuit het waterschap dat het met name uitstroomlocaties zou betreffen en de balans positief is. Er zijn naar waarschijnlijkheid dus ook uitstroomlocaties onderdeel van de sluitpost die niet zichtbaar zijn in het netto resultaat.

Naast de onbekenden in de sluitpost van de waterbalans, zijn er ook nog mogelijke fouten of verkeerde aannames die bijdrage aan de grote van de sluitpost. Denk hierbij aan:

- In- en uitlaat : de fouten in de in- en uitlaat gegevens zijn onbekend. Aangenomen wordt dat de meetwaarden correct zijn en dat door het gebruik van uitgemiddelde waarden over de periode 2006-2010 per kwartaal, de invloed van kleinschalige fouten worden beperkt. Echter zal er altijd een verschil blijven bestaan tussen werkelijke debieten en gemeten debieten door de onzekerheden vanuit de meetmethode.
- De kwel- en wegzijgingsfluxen zijn afkomstig uit het MIPWA model. Het is bekend dat MIPWA gekalibreerd is op het correct regionaal voorspellen van de grondwaterstanden. De berekende fluxen zijn in mindere mate een doel van de modellering en zijn ook een resultaat met grotere onzekerheid voor het MIPWA model. Daarnaast is gebruik gemaakt van de jaargemiddelde flux, terwijl deze per kwartaal sterk kan verschillen.
- Gekozen begrenzing van het afwaterend oppervlak van het traject. De bijdrage van de neerslag en verdamping en van de kwel en wegzijging is afhankelijk van het bijhorende afwaterende oppervlak. Wanneer het gehanteerde oppervlak afwijkt van het oppervlak wat in werkelijkheid een bijdrage levert aan het traject ontstaat een afwijking in de balans die doorvoert op de eerder genoemde vier posten.

De onbekende in-/uitlaten op het traject, de mogelijke fouten van de invoergegevens en de werkelijke verandering in berging vormen samen de totale sluitpost. De onbekende in-/uitlaten hebben hierbij veruit de grootste bijdrage. Om de waterbalans te verbeteren en de sluitpost te verkleinen is dus meer duidelijkheid over deze onbekende locaties noodzakelijk.

Pekelderhoofddiep

Resultaten

In Tabel 15 is de waterbalans voor het traject Pekelderhoofddiep gegeven in m^3 per kwartaal. In deze balans is de inlaat Koppelsluis (4^{de} verlaat) als inlaat voor het traject beschouwd (instroompunt). De uitlaat waarvoor gegevens bekend zijn, is het 2^{de} Verlaat. Daarnaast gelden de neerslag en kwel nog als inkomende posten en de verdamping en wegzijging als uitgaande posten.

De sluitpost bestaat uit de bijdrage van de aanwezige in-/uitlaten in het systeem waar geen gegevens van bekend zijn, eventuele fouten in de beschikbare gegevens en de berging van het systeem. De sluitpost is voor alle kwartalen negatief, wat betekend dat er via de bekende posten op de balans meer water het traject binnenkomt dan verlaat. De totale sluitpost bedraagt tussen de 5% en 28% van de totale water aanvoer, afhankelijk van het kwartaal.

Aan de aanvoerzijde van de balans, zijn in de winter de instroom vanuit de Koppelsluis en de netto neerslag vergelijkbaar wat betreft grootte van bijdrage. In de zomer is de instroom van de koppelsluis dominant. De uitstroom vanuit het systeem vindt met name plaats via het 2^{de} verlaat. Alleen in het tweede kwartaal domineert de afvoer naar omliggende bodem vanwege netto verdamping .

		Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
IN	Koppelsluis 4de verlaat	1.199.502	1.504.852	2.009.240	1.753.596
IN	Neerslag	1.592.641	1.070.660	1.965.980	1.665.231
IN	Kwel	537.390	537.390	537.390	537.390
Totaal		3.329.533	3.112.902	4.512.610	3.956.217
UIT	Verdamping	-377.379	-1.836.675	-1.672.879	-303.202
UIT	wegzijging	-589.223	-589.223	-589.223	-589.223
UIT	2de verlaat	-1.953.755	-508.732	-1.014.991	-2.351.116
Totaal		-2.920.357	-2.934.630	-3.277.094	-3.243.542
Verschil	Sluitpost, X overige inlaten	-409.176	-178.272	-1.235.516	-712.676
	% sluitpost van zijde balans	12,3 %	5,7 %	27,4 %	18 %

Tabel 15 Waterbalans Pekelderhoofddiep in m^3 per kwartaal.

In Tabel 16 wordt de verblijftijd in dagen gegeven, bepaald vanuit de doorstroom per dag en het volume van het watersysteem. De verblijftijd varieert tussen 2 en 4 dagen voor het traject Pekelderhoofddiep.

	k1	k2	k3	k4
som instroom per dag	41.188	54.995	68.728	47.327
volume	64.519	64.519	64.519	64.519
verblijftijd	2,5	3,9	2,6	1,9

Tabel 16 Tabel met verblijftijden voor het traject Pekelderhoofddiep

Discussie

De kwaliteitsclassificatie voor de waterbalans is E. Daarnaast zijn voor een aantal in-/uitlaten geen gegevens bekend. De sluitpost van de waterbalans is negatief wat erop duidt dat er via deze onbekende locaties meer water het traject uitstroomt dan instroomt. De bijdrage vanuit de sluitpost ligt tussen de 5% en de 28% van het uitstromende water. Echter geldt hierbij dat de sluitpost een netto resultaat is van de onbekenden in-/uitstroomposten. De in- en uitstroom van de onbekende locaties kunnen zelfs groter zijn dan de balans laat zien. Er kan ook instroom vanuit de onbekende locaties plaatsvinden naast de uitstroom die de sluitpost laat zien. Dit maakt de totale in-/uitstroom over deze onbekende posten dus groter dan de sluitpost laat zien.

Naast de onbekenden in de sluitpost van de waterbalans, zijn er ook nog mogelijke fouten of verkeerde aannames die bijdrage aan de grote van de sluitpost. Denk hierbij aan:

- In- en uitlaat : de fouten in de in- en uitlaat gegevens zijn onbekend. Aangenomen wordt dat de meetwaarden correct zijn en dat door het gebruik van uitgemiddelde waarden over de periode 2006-2010 per kwartaal, de invloed van kleinschalige fouten worden beperkt. Echter zal er altijd een verschil blijven bestaan tussen werkelijke debieten en gemeten debieten door de onzekerheden vanuit de meetmethode.
- De kwel- en wegzijgingsfluxen zijn afkomstig uit het MIPWA model. Het is bekend dat MIPWA gekalibreerd is op het correct regionaal voorspellen van de grondwaterstanden. De berekende fluxen zijn in mindere mate

een doel van de modellering en zijn ook een resultaat met grotere onzekerheid voor het MIPWA model. Daarnaast is gebruik gemaakt van de jaargemiddelde flux, terwijl deze per kwartaal sterk kan verschillen.
- Gekozen begrenzing van het afwaterend oppervlak van het traject. De bijdrage van de neerslag en verdamping en van de kwel en wegzijging is afhankelijk van het bijhorende afwaterende oppervlak. Wanneer het gehanteerde oppervlak afwijkt van het oppervlak wat in werkelijkheid een bijdrage levert aan het traject ontstaat een afwijking in de balans die doorvoert op de eerder genoemde vier posten.

De onbekende in-/uitlaten op het traject, de mogelijke fouten van de invoergegevens en de werkelijke verandering in berging vormen samen de totale sluitpost. De onbekende in-/uitlaten hebben hierbij veruit de grootste bijdrage. Om de waterbalans te verbeteren en de sluitpost te verkleinen is dus meer duidelijkheid over deze onbekende locaties noodzakelijk.

Veendam – Musselkanaal

Resultaten

In Tabel 17 is de waterbalans voor het traject Veendam - Musselkanaal gegeven in m^3 per kwartaal. In deze balans zijn de inlaten Vennix, Gasselternijveenschemon, Vleddermon en Veendam als inlaten voor het traject beschouwd (instroompunten). De uitlaten waarvoor gegevens bekend zijn, zijn Vennix, Koppelsluis en Veendam. Daarnaast gelden de neerslag en kwel nog als inkomende posten en de verdamping en wegzijging als uitgaande posten. Afhankelijk of er sprake is van een aanvoer of juist een afvoersituatie voor het traject kennen de locaties Vennix en Veendam verschillende functies. Bij een aanvoersituatie komt er water bij Veendam binnen en vindt er uitstroom plaats bij Vennix. Bij een afvoersituatie is dit omgekeerd. Beide situaties komen in elk kwartaal voor en de aan-/afvoer van beide locaties is dan ook beide op de balans aanwezig.

De sluitpost bestaat uit de bijdrage van de aanwezige in-/uitlaten in het systeem waar geen gegevens van bekend zijn, eventuele fouten in de beschikbare gegevens en de berging van het systeem. De sluitpost is voor alle kwartalen negatief, wat betekend dat er via de bekende posten op de balans meer water het traject binnenkomt dan verlaat. De totale sluitpost bedraagt tussen de 21% en 87% van de totale water aanvoer, afhankelijk van het kwartaal.

Aan de aanvoerzijde van de balans, is in de winterperiode (kwartaal 1 en 4) de instroom vanuit Vleddermond veruit de grootste bijdrage. In de zomerperiode hebben Veendam en Vennix de grootste bijdrage. Aan de uitstroomzijde is in de winterperiode de uitstroom via Veendam het grootst. In de zomerperiode is dit gelijkmatig verdeeld over de posten.

		Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
IN	Vennix afvoer*	8.376.400	735.552	1.125.551	5.606.720
IN	Gasselternijveenschemond	4.923.478	2.086.945	2.027.516	5.564.095
IN	Vleddermond	20.960.688	5.178.279	7.812.910	17.459.531
IN	Neerslag	548.185	368.520	676.688	573.171
IN	Kwel	724.417	724.417	724.417	724.417
IN	Veendam aanvoer	209.261	22.331.462	19.181.491	1.386.893
Totaal		35.742.429	31.425.176	31.548.573	31.314.827
UIT	Vennix aanvoer*	-878.170	-10.883.117	-13.690.426	-3.369.082
UIT	Koppelsluis 4de verlaat	-1.199.502	-1.504.852	-2.009.240	-1.753.596
UIT	Verdamping	-129.894	-632.182	-575.803	-104.362
UIT	Wegzijging	-1.238.519	-1.238.519	-1.238.519	-1.238.519
UIT	Veendam afvoer	-11.331.393	-1.376.120	-2.348.088	-10.519.772
Totaal		-14.777.477	-15.634.789	-19.862.076	-10.519.772
Verschil	Sluitpost, X overige inlaten	-20.964.952	-15.790.387	-11.686.497	-14.329.496
	% sluitpost van zijde balans	58,7 %	50,3 %	37,0 %	45,8 %
* Bij Vennix afvoer komt er water het traject binnen als afvoer van het bovenstrooms gebied en betreft het dus een 'IN' post voor het traject. Bij Vennix aanvoer is dit precies andersom.					

Tabel 17 Waterbalans Veendam - Musselkanaal in m^3 per kwartaal.

In tabel 18 wordt de verblijftijd in dagen gegeven, bepaald vanuit de doorstroom per dag en het volume van het watersysteem. De verblijftijd varieert tussen 1 en 2 dagen voor het traject Veendam - Musselkanaal.

	k1	k2	k3	k4
som instroom per dag	382998	337025	334972	333525
volume	631123	631123	631123	631123
verblijftijd dagen	1,6	1,9	1,9	1,9

Tabel 18 Tabel met verblijftijden voor het traject Veendam - Musselkanaal

Discussie

De kwaliteitsclassificatie voor de waterbalans is E. Daarnaast zijn voor een aantal in-/uitlaten geen gegevens bekend. De sluitpost van de waterbalans is negatief wat erop duidt dat er via deze onbekende locaties meer water het traject uitstroomt dan instroomt. De bijdrage vanuit de sluitpost ligt tussen de 37% en de 597% van het uitstromende water. Opgemerkt moet worden dat de sluitpost een netto resultaat is van de onbekenden in-/uitstroomposten. De in- en uitstroom van de onbekende locaties kunnen groter zijn dan de balans laat zien. Er kan ook instroom vanuit de onbekende locaties plaatsvinden naast de uitstroom die de sluitpost laat zien. Dit maakt de totale in-/uitstroom over deze onbekende posten dus groter dan de sluitpost laat zien.
Duidelijk zichtbaar is dat de sluitpost in de zomerperiode (kwartalen 2 en 3) erg groot is en bijna in zijn geheel verantwoordelijk voor de uitstroom vanuit het gebied. Er bevinden zich ook veel in-/uitstroompunten in het systeem waarvoor geen gegevens bekend zijn.

Naast de onbekenden in de sluitpost van de waterbalans, zijn er ook nog mogelijke fouten of verkeerde aannames die bijdrage aan de grote van de sluitpost. Denk hierbij aan:

- In- en uitlaat : de fouten in de in- en uitlaat gegevens zijn onbekend. Aangenomen wordt dat de meetwaarden correct zijn en dat door het gebruik van uitgemiddelde waarden over de periode 2006-2010 per kwartaal, de invloed van kleinschalige fouten worden beperkt. Echter zal er altijd een verschil blijven bestaan tussen werkelijke debieten en gemeten debieten door de onzekerheden vanuit de meetmethode.
- De kwel- en wegzijgingsfluxen zijn afkomstig uit het MIPWA model. Het is bekend dat MIPWA gekalibreerd is op het correct regionaal voorspellen van de grondwaterstanden. De berekende fluxen zijn in mindere mate een doel van de modellering en zijn ook een resultaat met grotere onzekerheid voor het MIPWA model. Daarnaast is gebruik gemaakt van de jaargemiddelde flux, terwijl deze per kwartaal sterk kan verschillen.
- Gekozen begrenzing van het afwaterend oppervlak van het traject. De bijdrage van de neerslag en verdamping en van de kwel en wegzijging is afhankelijk van het bijhorende afwaterende oppervlak. Wanneer het gehanteerde oppervlak afwijkt van het oppervlak wat in werkelijkheid een bijdrage levert aan het traject ontstaat een afwijking in de balans die doorvoert op de eerder genoemde vier posten.

De onbekende in-/uitlaten op het traject, de mogelijke fouten van de invoergegevens en de werkelijke verandering in berging vormen samen de totale sluitpost. De onbekende in-/uitlaten hebben hierbij veruit de grootste bijdrage. Om de waterbalans te verbeteren en de sluitpost te verkleinen is dus meer duidelijkheid over deze onbekende locaties noodzakelijk.

3.1.5 ALGEHELE CONCLUSIES

Onderstaande Tabel 19 geeft een drietal kenmerken komend uit de waterbalansen voor de drie trajecten onderverdeeld in zomer en winter.

Traject		verblijftijd	neerslag	X, Overige inlaten
Oosterdiep	Winter	7,0 d	46,0 %	43,1 %
	Zomer	6,0 d	31,5 %	34,0 %
Pekelderhoofddiep	Winter	2,2 d	45,0 %	15,2 %
	Zomer	3,2 d	39,0 %	16,6 %
Veendam - Musselkanaal	Winter	1,8 d	1,68 %	52,2 %
	Zomer	1,9 d	1,66 %	43,6 %

Tabel 19 Kenmerken vanuit de waterbalans voor de drie trajecten.

- De verblijftijden zijn voor Pekelderhoofddiep en Veendam – Musselkanaal van gelijke orde. Voor Oosterdiep zijn deze aanzienlijk hoger. Het Oosterdiep traject ligt ook meer bovenstrooms in het stroomgebied. Hier wordt dus relatief minder water van en naar bovenstrooms gelegen gebied vervoert, wat de doorstroom van het gebied relatief kleiner maakt en dus ook resulteert in grotere verblijftijden.
- In de gebieden Oosterdiep en Pekelderhoofddiep is veel van het binnenkomend water afkomstig uit neerslag dat op het directe afwaterend gebied valt. Voor het traject Veendam – Musselkanaal is dit aandeel zeer klein. Het binnenkomend water van het Veendam – Musselkanaal traject bestaat dus met name uit water van buitenaf.
- De sluitpost X is voor het Pekelderhoofddiep het kleinst. Voor het Veendam – Musselkanaal en Oosterdiep is de sluitpost in de orde van 35-50 %. Er zijn dus nog veel onbekende waterstromen.
- In tegenstelling tot de verwachting is de sluitpost voor het traject Oosterdiep positief. Uit de onbekende in- en uitstroompunten komt netto water binnen om de balans compleet te maken.

- De sluitposten zijn netto sluitposten. Dit betekend dat het de totaalsom is van de onbekende in- en uitstroompunten. Mogelijk wordt de stroming door de trajecten dus onderschat. Wanneer zowel inlaten als uitlaten onderdeel uitmaken van de onbekende post komen deze samen netto op een lagere totaal bijdrage uit, terwijl ze apart genomen meer bijdragen aan de in en uitstroom. Met name de verblijftijd kan dus worden onderschat.

3.2 STOFFENBALANS

Vanwege de grote onzekerheden in de waterbalansen is de stoffenbalans alleen opgesteld voor het watersysteem met de kleinste sluitpost op de waterbalans, het Pekelderhoofddiep.

3.2.1 GEGEVENS EN AAN EN AFVOER POSTEN

De inlaatposten van de waterbalans zijn overgenomen voor de stoffenbalans. Voor elke inlaatpost wordt de kwaliteit ingeschat op basis van een nabijgelegen kwaliteitsmeetpunt. Voor neerslag is uitgegaan van de kwaliteit van de bruto neerslag. Daarnaast is ook de uitspoeling vanuit de landbouw meegenomen.

De herkomst en het detailniveau van de gegevens die voor de posten van de stoffenbalans zijn gebruikt verschillen. In Tabel 20 wordt per post aangegeven wat de bron en ook de tijdsschaal van de gebruikte gegevens is.

Posten	Bron	Tijdschaal
Inlaten	Aangeleverde gegevens waterschap	Dag gemiddelden en sommen (2006-2010)
Uitlaten	Aangeleverde gegevens waterschap	Dag gemiddelden en sommen (2006-2010)
Neerslag	Aanname, Stolk (2001)	Jaargemiddelde
Kwel	Aanname, Gies et al. (2002)	Jaargemiddelde
Wegzijging	Berekend op basis van overige waarden	Per kwartaal
Uitspoeling	Kentallen Bijlage 2	Jaargemiddelde

Tabel 20 Posten stoffenbalans en bronnen.

Voor ontbrekende gegevens en het interpreteren van de beschikbare gegevens zijn aannames gemaakt en is gebruik gemaakt van de expert judgement van Albert Siebring, hydroloog van waterschap Hunze & Aas. Van de inlaat/uitlaat locaties is de periode waarvoor gegevens beschikbaar zijn verschillend. Voor het opstellen van de balansen is gekozen voor de periode 2006-2010 omdat over deze periode voor alle locaties gegevens bekend zijn.

3.2.2 AAN- EN AFVOER POSTEN

Inlaat en uitlaat locaties

In het traject Pekelderhoofddiep wordt water ingelaten via de Koppelsluis Pekelderhoofddiep (4de verlaat, instroompunt). De metingen van het waterkwaliteitsmeetpunt 3214 (uit het traject Veendam - Musselkanaal) wordt aangenomen een weergave te zijn van de kwaliteit van het binnenkomende water bij de Koppelsluis. Het water verlaat het traject via het middenverlaat Pekelderhoofddiep (2de verlaat, uitstroompunt). Een eind benedenstrooms ligt het waterkwaliteitsmeetpunt 3222. Op dit benedenstrooms traject mengt zich echter water vanuit een zijtak waarvan meetpunt 3243 de kwaliteit beschrijft. De waterkwaliteit gemeten in punt 3222 is dus een menging van de kwaliteit komende uit het 2de verlaat en meetpunt 3243. Omdat de mate van menging onbekend is, en de concentraties gemeten in 3222 hoger zijn dan 3243, wordt aangenomen dat de kwaliteitswaarden (stikstof en fosfaat) komend uit het 2de verlaat groter zijn dan gemeten wordt in 3222 (los van de aanrijking over dit benedenstroomse traject). Voor het opstellen van de stoffenbalans is uitgegaan van de waarde van meetpunt 3222 voor het 2de verlaat waarbij dus een mogelijke onderschatting wordt gemaakt.
Over het traject Pekelderhoofddiep zijn nog 2 situaties waar water het gebied verlaat of binnenkomt (in-/uitstroompunten) waarvan de kwaliteit onbekend is. De netto hoeveelheid van deze posten bestaat uit de sluitpost van de waterbalans. Hiervoor wordt aangenomen dat de kwaliteit overeenkomt met de waarde van meetpunt 3214, van het binnenkomende water. De sluitpost van de stoffenbalans bestaat uit verschillende processen (denitrificatie, nalevering, netto sedimentatie/opwerveling, ad/desorptie),ontbrekende posten en fouten over dit traject.

Neerslag

Voor de neerslag is uitgegaan van een aangenomen waarde afkomstig uit Stolk (2001). Er is uitgegaan voor een concentratie van 0,0024 mg/l stikstof en 0,000057 mg/l fosfaat. Door dit te vermenigvuldigen met het volume aan neerslag is de totaalvracht per kwartaal berekend.

Uitspoeling

Voor uitspoeling is uitgegaan van kentallen die gebaseerd zijn op het landgebruiktype en het bodemtype. Voor het landgebruik is uitgegaan van de LGN4 zoals deze is aangeleverd door het Waterschap Hunze en Aas. Voor het bodemtype is uitgegaan van de bodemkaart van Nederland met een schaal van 1:50.000. In Bijlage 2 zijn de gehanteerde kentallen weergegeven. Omdat transport van meststoffen naar het oppervlaktewater vooral door het neerslagoverschot gestuurd worden is de uitspoeling op jaarbasis is over de kwartalen verdeeld op basis van het neerslagoverschot (neerslag – verdamping).

Kwel

Voor kwel in het afwaterend gebied wordt uitgegaan van een aangenomen concentratie afkomstig van Gies et al. (2002). Er is uitgegaan van een waarde voor stikstof van 5 mg/l en voor fosfaat van 0,205 mg/l. Door deze concentratie omgerekend te vermenigvuldigen met het bijhorende volume van de waterbalans is de totale vracht vanuit kwel berekend per kwartaal. De vracht vanuit kwel zal alleen in het oppervlaktewater terecht komen wanneer er drainage plaatsvindt vanuit het afwaterend gebied.

Wegzijging

De vracht stikstof en fosfaat die het bodemsysteem verlaat via wegzijging en dus niet in het oppervlaktewater terecht komt is onbekend. Voor deze vracht is aangenomen dat de concentratie gelijk is aan de concentratie van het kwelwater.

Drainage/infiltratie flux naar/vanuit de watergang

Om de drainage en infiltratie fluxen te bepalen welke de uitwisseling tussen het afwaterend gebied en de watergang beschrijven wordt een water en stoffenbalans opgesteld voor de in-/uitposten van de bodem (bestaande uit het oppervlakte afwaterend gebied). In- en uitposten hiervoor zijn in Tabel 21 weergegeven.

In/uit	Post	Op waterbalans	Op stoffenbalans
IN	Neerslag	Ja, bekend	Ja, bekend
UIT	Verdamping	Ja, bekend	Nee
IN	Kwel	Ja, bekend	Ja, bekend
UIT	Wegzijging	Ja, bekend	Ja, aangenomen
IN/UIT	Flux naar/vanuit watergang	Ja, resultante bovenste 4	Ja, berekend
IN	Landbouwuitspoeling	Nee	Ja, bekend

Tabel 21 In- en uitposten en aanwezigheid gegevens voor water- en stoffenbalans.

De flux naar de watergang bestaat uit de som van de overige posten op de waterbalans voor de bodem. De formule om deze te berekenen ziet er als volgt uit:
Flux naar watergang = Neerslag - Verdamping + Kwel – Wegzijging

Voor de stoffenbalans zijn de vrachten van de flux naar/vanuit de watergang onbekend. Deze worden berekend Hierbij komen twee situaties voor.

1. Situatie waarbij er water vanuit de bodem naar de watergang stroomt. De vracht is gelijk aan de som van de uitspoelings-,kwel en neerslag vracht – de wegzijgingsvracht.
2. Wanneer de flux watergang positief is en er water vanuit de watergang naar de bodem stroomt. In deze situatie wordt de vracht bepaald door de hoeveelheid en concentratie van het water wat vanuit de watergang verdwijnt. Hierbij wordt aangenomen dat de concentratie van deze flux gelijk is aan de concentratie van het meetpunt bij de instroom van het traject.

3.2.3 METHODE / UITGANGSPUNTEN

Methode en kwaliteitskwalificatie per post

Onderstaand is per post van de stoffenbalans (dus bekende punten waar water en dus stoffen in- en uitkomen) aangegeven welke kwaliteitswaarde hiervoor is gekozen. Daarnaast wordt de betrouwbaarheid van deze waarde benoemd.

Post	Naam/locatie	Waterkwaliteitwaarde	Betrouwbaarheid
Pekelderhoofddiep			
Inlaat	4de verlaat Koppelsluis	Aangenomen gelijk aan Meetpunt 3214	D
Uitstroom	2de verlaat	Aangenomen gelijk aan Meetpunt 3222	D
Neerslag	stroomgebied	Aangenomen waarde	E
Verdamping	Stroomgebied	Aangenomen waarde	E
Kwel	Stroomgebied	Aangenomen waarde	E
wegzijging	stroomgebied	Aangenomen waarde	E
X sluitpost waterbalans	onbekend	Aangenomen gelijk aan Meetpunt 3214	D

Tabel 22 Betrouwbaarheid posten stoffenbalans.

3.2.4 RESULTATEN, DISCUSSIE EN CONCLUSIE

Pekelderhoofddiep

Resultaten

In Tabel 23 is de stikstofbalans van het traject Pekelderhoofddiep weergegeven in kg per kwartaal. In Tabel 24 is ditzelfde gegeven voor fosfaat.

In de balans is het instroompunt 4de verlaat beschouwd als inlaat die een positieve bijdrage aan de balans levert. Het uitstroompunt 2de verlaat heeft een negatieve bijdrage aan de stoffenbalans. De sluitpost van de waterbalans (zie paragraaf 2.1.4) bestaat uit inlaten die een negatieve bijdrage hebben op de waterbalans. Deze post is onder de noemer 'X overige inlaten' opgenomen op de stoffenbalans met een negatieve bijdrage. De sluitpost van de waterbalans wordt daarmee geen onderdeel van de sluitpost van de stoffenbalans maar is een aparte post. Tabel 22 beschrijft de waterkwaliteitsmeetpunten die representatief worden geacht voor de verschillende inlaten. Naast de inlaten is drainage naar/vanuit de waterlopen van belang. Wanneer drainage naar de waterloop plaatsvindt wordt de vracht gevormd door de som van de posten kwel, wegzijging, neerslag en landbouwuitspoeling. Deze posten zijn ter illustratie van hun bijdrage afzonderlijk op de balans vermeld. Infiltratie (drainage vanuit de waterloop) is voor de relevante kwartalen opgenomen als extra post.

Voor stikstof wordt als gevolg van denitrificatie verwacht dat de sluitpost negatief is in watersystemen. Dit wordt inderdaad gevonden in kwartaal 1, 3 en 4. In kwartaal 2 is de sluitpost positief. De sluitpost maakt voor stikstof tussen de11% en 42% uit van de balans.

Uit Tabel 23 blijkt dat voor stikstof de uitspoeling vanuit de landbouw een belangrijkere bijdrage aan de balans levert dan de inlaat. Uitlaat via het 2de verlaat is de belangrijkste uitstroompost. In de zomerkwartalen is de bijdrage van uitspoeling een stuk kleiner. In kwartaal 2 is het neerslagoverschot negatief en vindt er infiltratie vanuit de waterloop naar het omliggende land plaats. In kwartaal is dit de belangrijkste uitstroompost van stikstof.

		Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
IN	4de verlaat	7437	7374	4822	7067
IN	Kwel	2687		2687	2687
IN	Neerslag	4		5	4,0
IN	Landbouwuitspoeling zand	18308		4416	20520
UIT	2de verlaat	-15298	-2355	-2324	-11732
UIT	X, Overige inlaten	-2537	-874	-2965	-2874
UIT	wegzijging	-2946		-2946	-2946
UIT	Infiltratie vanuit waterloop		-5071		
Verschil	Sluitpost	-7655	926	-3695	-12726
	% sluitpost van zijde balans	27 %	11 %	31 %	42%

Tabel 23 Stoffenbalans stikstof Pekelderhoofddiep in kg per kwartaal

De sluitpost voor fosfaat in watersystemen kan zowel positief als negatief zijn. Een negatieve sluitpost betekent dat er fosfaat verdwijnt in het systeem als gevolg van processen. Het meest waarschijnlijke proces voor fosfaat is dan bezinking. Een positieve sluitpost betekent dat het systeem fosfaat levert. Dit kan als gevolg van erosie of nalevering. Eventuele fouten in de balans komen ook in de sluitpost terecht. Voor fosfaat is de sluitpost positief in het eerste kwartaal en negatief in de overige kwartalen. De sluitpost vormt voor fosfaat tussen de 4% en 17% van de balans.
Uit Tabel 24 blijkt dat de bijdrage uit de inlaten de belangrijkste positieve bijdrage heeft aan de balans gevolgd door de uitspoeling vanuit omliggend land. De uitstroom via het 2de verlaat vormt de belangrijkste UIT post.

In de zomerkwartalen is de uitspoeling vanaf land sterk vermindert en vermindert de uitstroom van fosfaat via het 2de verlaat. Daarnaast is in het tweede kwartaal het neerslagoverschot negatief en vindt er infiltratie vanuit de waterloop naar het omliggende land plaats.

		Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
IN	4de verlaat	216	255	321	263
IN	Kwel	110		110	110
IN	Neerslag	0,1		0,1	0,1
IN	Landbouwuitspoeling zand	356		86	399
UIT	2de verlaat	-567	-76	-112	-470
UIT	X, Overige inlaten	-74	-30	-198	-107
UIT	wegzijging	-121		-121	-121
UIT	Infiltratie vanuit waterloop		-139		
Verschil	Sluitpost	79	-10	-87	-74
	% sluitpost van zijde balans	10 %	4 %	17 %	10 %

Tabel 24 Stoffenbalans fosfaat Pekelderhoofddiep in kg per kwartaal

Discussie

De kwaliteitsclassificatie voor de stoffenbalans is E (zie §3.1.3). Uit Tabel 23 en Tabel 24 blijkt dat voor zowel stikstof (met uitzondering van kwartaal 2) en fosfaat (met uitzondering van kwartaal 1) vrijwel altijd meer vracht het traject Pekelderhoofddiep binnenkomt dan dat het traject verlaat. De sluitpost kan uit de volgende posten bestaan:

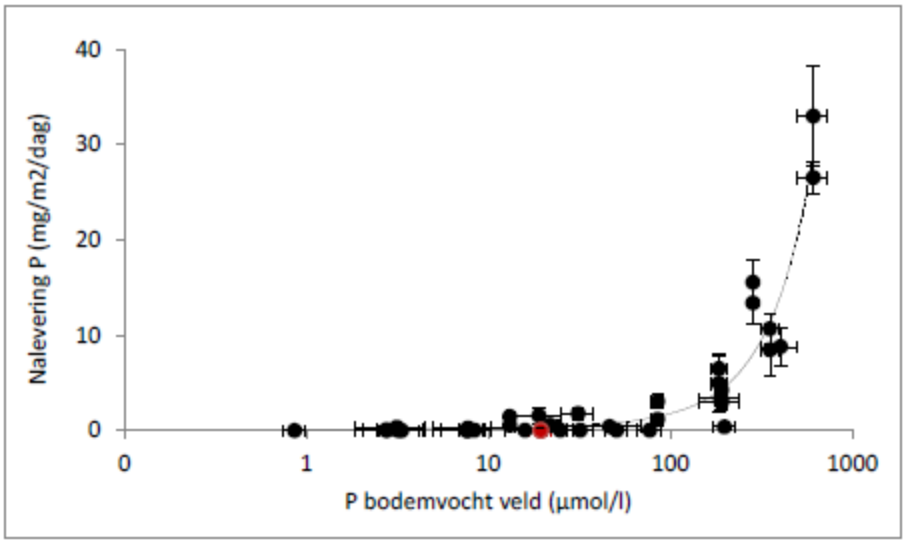
- Processen die optreden in het oppervlaktewater (bijvoorbeeld denitrificatie) worden niet meegenomen in de balans maar kunnen wel een grote rol spelen;
- Fouten in de stoffenbalans voortkomend uit de gemaakte aannames of onjuistheden van de waterbalans.

Voor stikstof is het ondanks de onzekerheden in de balans aannemelijk dat er denitrificatie plaatsvindt in het traject. Voor fosfor is het moeilijk aan te geven waar de sluitpost door gevormd wordt. In de slibdiagnose (hoofdstuk 4) zal verder ingegaan worden op de processen voor fosfaat en hun potentiele bijdrage aan de balans.

Landbouw levert in het traject Pekelderhoofddiep voor stikstof een groot deel aan de totale vrachten. Voor fosfaat komt de meeste vracht het traject binnen via instroom. De concentraties bij de uitstroom van het traject zijn in de winter hoger dan bij de instroom. In de zomer is dit andersom. Voor zowel stikstof als fosfaat geldt dat de afwenteling vanuit het gebied (vracht uitlaat – vracht inlaat vanuit het stroomgebied) voor een groot deel in de winter plaats vindt. In de zomer verdwijnt meer vracht via wegzijging in het traject.

3.2.5 GEMETEN WATERBODEMCONCENTRATIES

In het gebied zijn metingen van de waterbodemkwaliteit gedaan. De meetlocaties voor de Veenkoloniën zijn weergegeven in Bijlage 4. Meetresultaten en een toelichting op de metingen 1 t/m 5 zijn te vinden in Poelen (2011). In het Pekelderhoofddiep zelf zijn in eerste instantie geen waterbodemmonsters genomen. Aangenomen wordt dat de waterbodem van het aangrenzende traject Veendam-Musselkanaal (locatie 1 zie Bijlage 4) representatief is voor de waterbodem in het Pekelderhoofddiep. Dit traject bevat matige hoeveelheden fosfaat (3,63 g/kg ds) maar vanwege het hoge ijzergehalte (109,6 g/kg ds, P/Fe ratio 0,033 < 0,055) wordt er risico voor nalevering verwacht. Dit blijkt ook uit de naleveringsexperimenten. Het rode punt in Figuur 14 is in de Veenkoloniën en laat een lage naleveringsflux zien van onder de 0,02 mg/m²/dag.
Later is een extra ronde metingen gedaan (6 t/m 15 zie Bijlage 4) waarbij wel een locatie in het Pekelderhoofddiep is meegenomen (zie Bijlage 4). Deze meting is niet gebruikt in de analyse, maar omdat de waarden lager zijn dan gebruikt, zal de bijdrage van de bodem nog minder groot zijn dan hier berekend.
Op de andere locaties in de Veenkoloniën worden lagere fosfaatgehalten in de bodem (0,04 tot 1,15 g/kg ds met een gemiddelde van 0,25 g/kg ds) en het bodemvocht gevonden. Het ijzergehalte ligt hier ook lager (0,98 tot 27,18 g/kg ds, gemiddeld 8,75 g/kg ds; P/Fe ratio 0,028 < 0,055). Ook voor deze locaties wordt de naleveringspotentie laag ingeschat.



Figuur 14 Resultaten naleveringsproeven Poelen (2012).

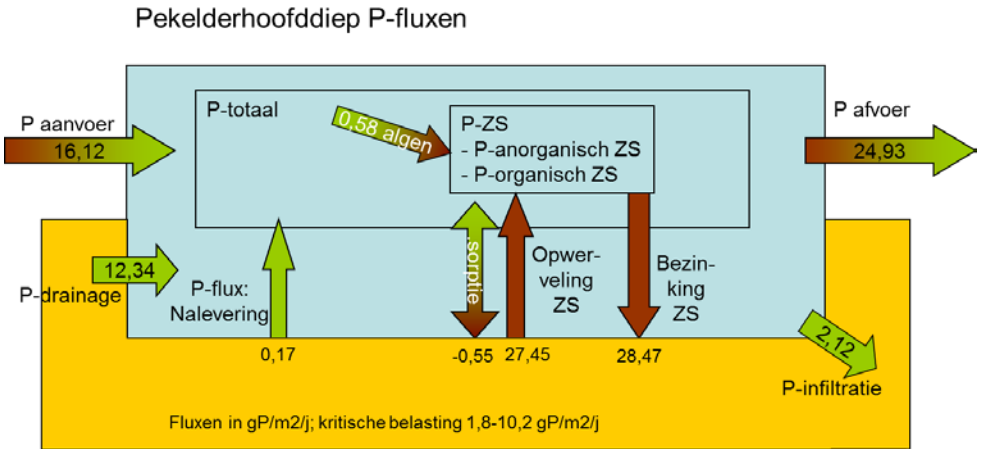
3.2.6 INTERNE EN EXTERNE BELASTING

De naleveringsflux 0,02 mg/m²/dag (0,007 g/m²/jaar) kan omgerekend worden naar een invoerpost op de balans in kg/kwartaal (0,12 kg/kwartaal). Op basis hiervan is de verwachting dat de interne belasting als gevolg van nalevering kleiner zal zijn dan de externe belasting in het systeem. De slibdiagnose (hoofdstuk 4) geeft hierin nog meer inzicht.

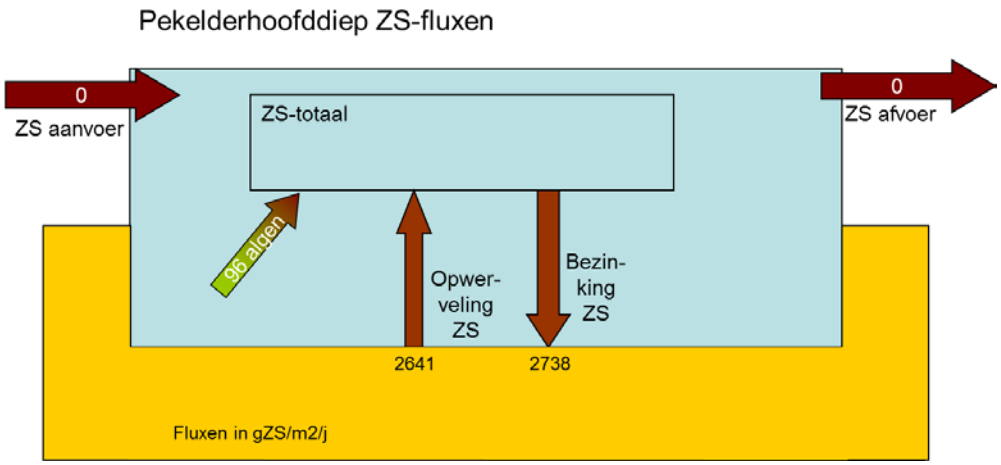
4 Slibdiagnose

Om de slibdiagnose te kunnen uitvoeren voor het systeem van het Pekelderhoofddiep zijn voor de waterbalans en N en P balans in plaats van de individuele posten de resultante posten opgenomen. Samen vormen deze termen de fluxen naar en vanuit de watergang. De sluitpost van de waterbalans in net als bij de stoffenbalans opgenomen. De sluitpost van de stoffenbalans niet. Achtergrond van de slibdiagnose is juist om met behulp van kennisregels inzicht te krijgen in de processen waaruit deze sluitpost mogelijk kan bestaan.

Uitvoering van de bodemdiagnose levert het P-flux plaatje dat te zien is in Figuur 15. Opvallend is dat aan- en afvoer en drainage en infiltratie de belangrijkste bronnen voor fosfor in het systeem zijn. De nalevering is erg laag en is voor dit systeem dan ook geen relevante fosforbron. De sorptie term is een restterm welke ook uitwisseling van bodem en water representeerd als gevolg van opwerveling. Deze uitwisseling wordt vaak gestuurd door sorptie/desorptieprocessen. Vanwege de onzekerheid in de gegevens kan deze term in het Pekelderhoofddiep als restterm beschouwd worden.



Figuur 15 P-fluxen



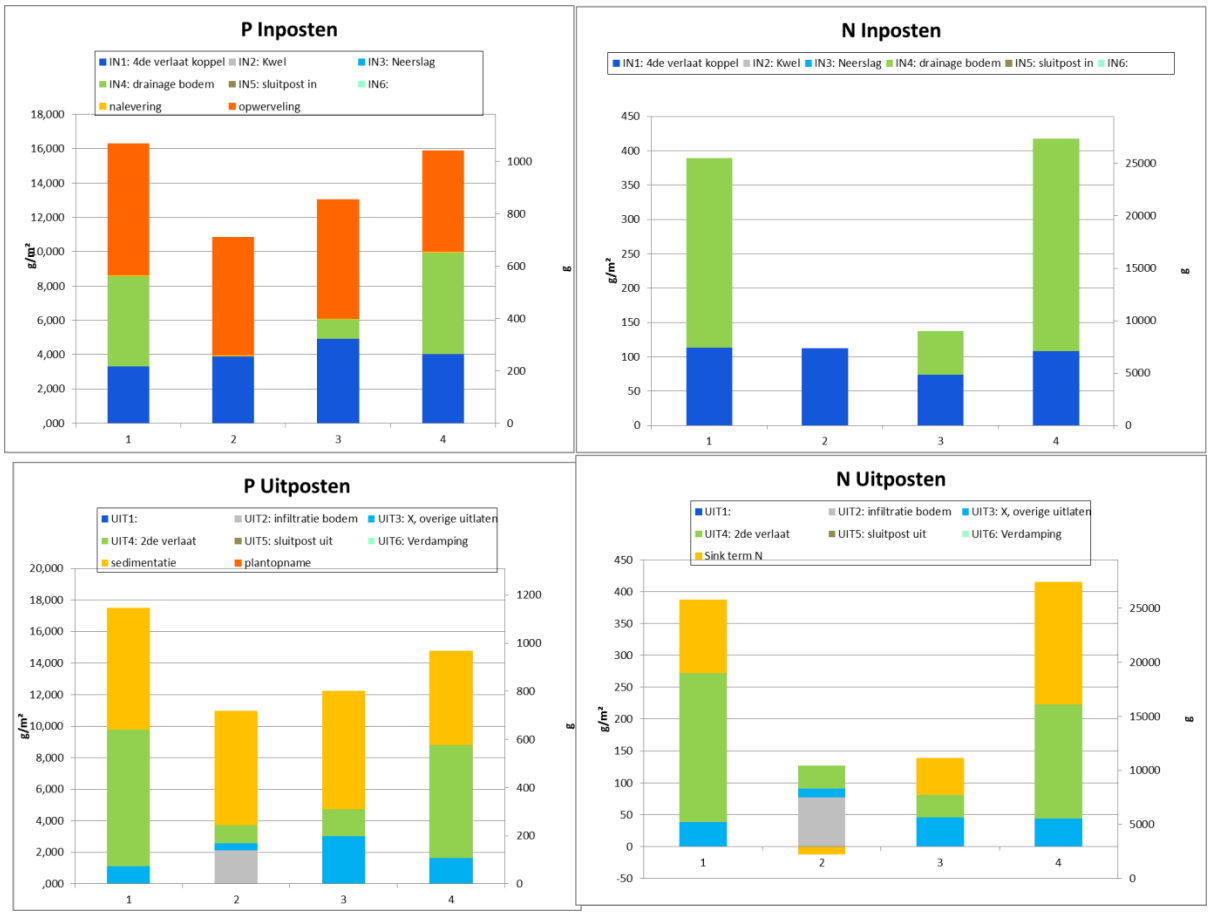
Figuur 16 ZS fluxen

Figuur 16 laat de zwevendstof fluxen zien. Omdat voor het gebied geen zwevendstofbalans opgesteld is, is gewerkt met de netto aanvoer of afvoer. Er is dan per definitie geen afvoer of aanvoer. Om de netto aan- of afvoer te bepalen is gekeken naar de vrachten zwevendstof welke het systeem binnenkomen en aan het eind het systeem weer verlaten. Omdat het onduidelijk is in hoeverre de meetpunten waarvan de zwevendstofconcentraties beschikbaar zijn (meetpunten 3214 en 3101) representatief zijn voor het Pekelderhoofddiep is er voor gekozen om geen netto aan of afvoer te veronderstellen . Op basis van de meetpunten is een gemiddelde zwevend stofconcentratie in het systeem vastgesteld van 15 mg/l.

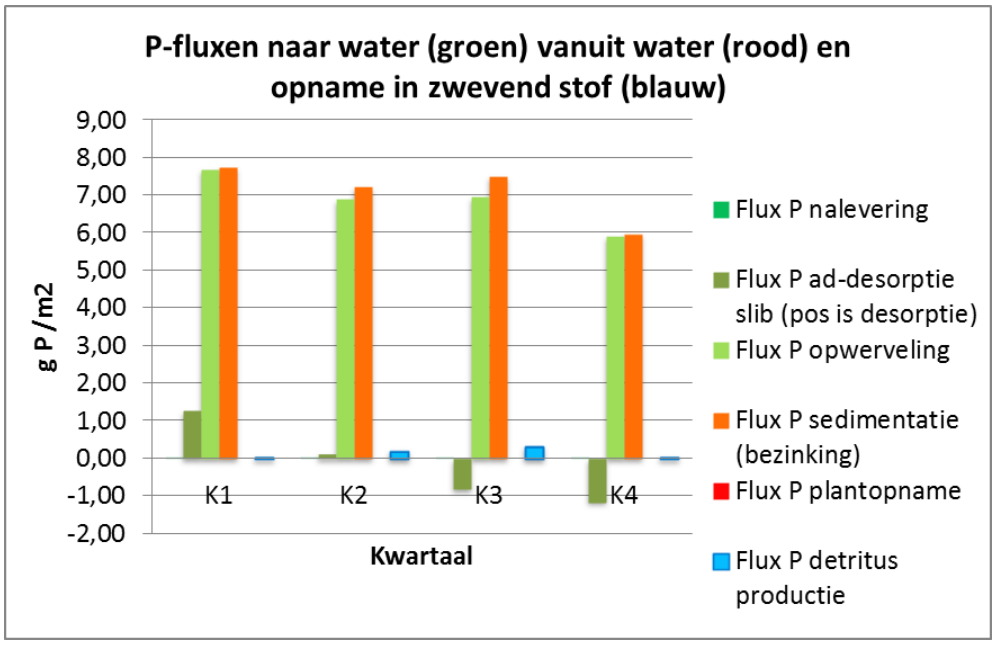
Figuur 17 laat de P en N balansen in figuurvorm zien. In deze figuren zijn de in hoofdstuk 2 beschreven verschillen tussen de kwartalen duidelijk zichtbaar. In de P balans zijn ter illustratie ook opwerveling en bezinking als posten meegenomen. Dit illustreert dat de zwevend stof dynamiek in het systeem van belang is. De grote van deze posten hangt sterk af van de gekozen valversnelling. De gekozen waarde hiervoor (0,5 m/d ligt in de range van waarden gevonden voor Nederlandse watersystemen. Opwerveling en bezinking zijn praktisch in evenwicht. Dit betekent dat ze als netto post niet van grote invloed zijn.

In Figuur 18 en Figuur 19 zijn de fluxen in een grafiek per kwartaal weergegeven. De fluxen vertonen weinig variatie over de kwartalen ondanks de grote verschillen in water- en stoffenbalans. Omdat het zwevend stofgehalte het meest bepalend is, is dit niet verwonderlijk. De zwevend stofgehaltes en valversnellingen zijn gemiddeld gekozen (gemiddelde ZS). Figuur 20 laat zien welke componenten de lichtuitdoving bepalen. Algen dragen in de zomer bij aan de lichtuitdoving. Het overige zwevend stof is het meest bepalend voor het doorzicht. Berekende waarden voor het doorzicht (56-71 cm) liggen hoger dan gemeten waarden (18-43 cm). Dit kan te maken hebben met aanwezige humuszuren of met een te lage inschatting van het zwevend stofgehalte.

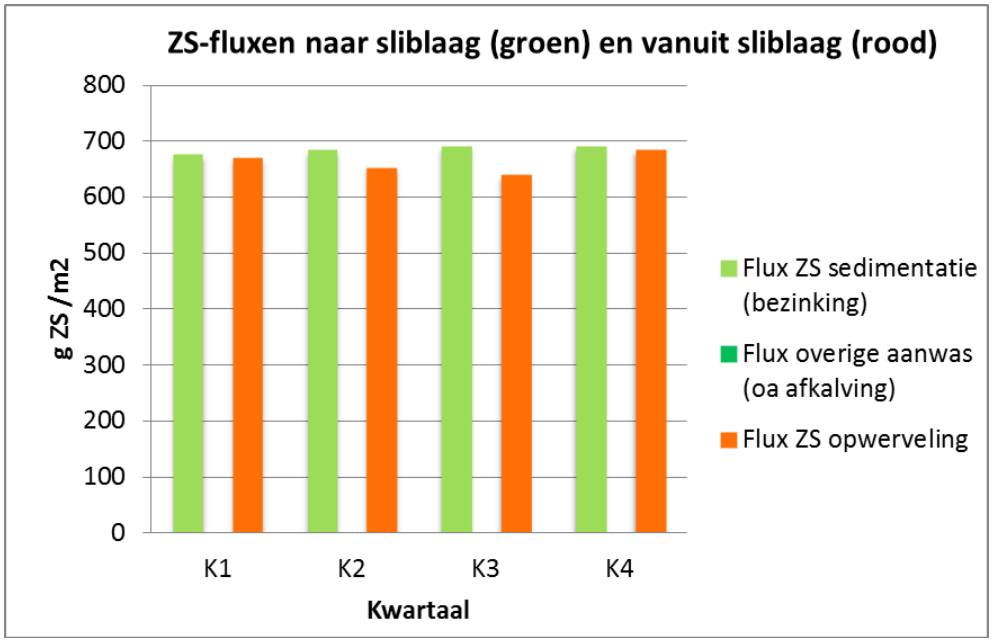
Zoals verwacht berekend de bodemdiagnose de nalevering als verwaarloosbaar. De enige maatregel die vanuit de bodemdiagnose naar voren komt als effectief in dit systeem is het beperken van de externe belasting.



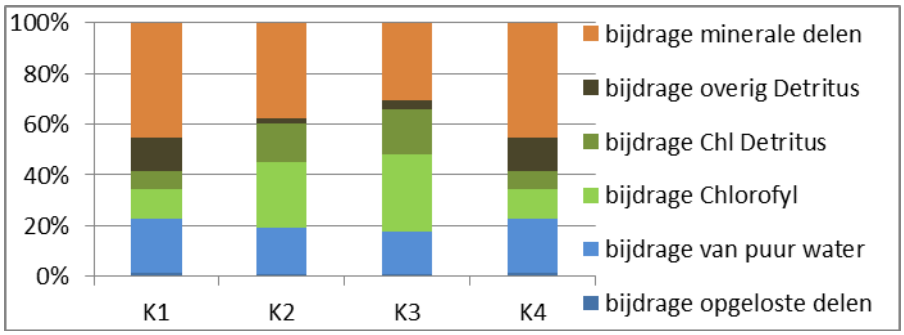
Figuur 17 Balansfiguren voor fosfor en stikstof.



Figuur 18 P-fluxen van en naar de bodem



Figuur 19 ZS fluxen van en naar de sliblaag



Figuur 20 Bijdrage van verschillende componenten aan de zwevendstof concentratie

Maatlat	Huidige situatie KRW sheet gemeten	Bodemdiagnose berekend	GEP
Macrofauna	0,55	0,50	0,6
Macrofyten	0,4	0,41	0,53
Vis	0,48	0,42	0,6
Fytoplankton	0,57	0,35	0,6
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) mg/l	0,17	0,15	0,15
Totaal stikstof (zomergemiddelde) mg/l	3,76	3,87	3
Doorzicht (zomergemiddeld) m	0,35	0,58	0,4

Tabel 25 EKR's op basis van factsheet en berekening.

In Tabel 25 staan de EKR's uit de factsheet voor waterlichaam Kanalen Hunze/Veenkolonieen samen met de door de Bodemdiagnose berekende waarden. Eventuele verschillen worden veroorzaakt doordat de berekenden waarden gelden voor een deel van het systeem in plaats van voor het hele kanalensysteem en doordat de EKR's uit de factsheet bepaald zijn op basis van ecologische waarnemingen. Berekende EKR's zijn bepaald met ecologische kennisregels uit de KRW verkenner. Dit verschil zie je vooral in de fytoplankton. Dit heeft mogelijk te maken met het toegekende KRW type M14 (ondiepe gebufferde plassen). Hierbij wordt uitgegaan van een minder stromend systeem, waarin hogere concentratie fytoplankton bereikt kunnen worden onder deze condities.

5 Conclusie: effect waterbodem

5.1 CONCLUSIES

Het doel van de watersysteemanalyse is tweeledig:

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

De hier getrokken conclusies zijn gebaseerd op gegevens uit de periode 2000-2011 en bij de huidige verblijftijd in het systeem van gemiddeld 2,7 dagen.

Uit de watersysteembalans blijkt dat de belangrijkste bronnen van water in de Veenkoloniën aanvoer van bovenstrooms en aanvoer vanuit het afwaterend gebied zijn. Neerslag, verdamping, kwel en wegzijging op de waterlopen zelf is verwaarloosbaar. Er is groot verschil tussen de winter en zomersituatie. In de wintersituatie vindt er aanvoer plaats vanuit het afwaterend gebied van de waterlopen. In het Oosterdiep is dit de grootste post, in het Pekerderhoofddiep is deze post kleiner en in Veendam-Musselkanaal nog kleiner. In de zomer vindt er juist aanvoer plaats naar het “afwaterend gebied”. De verblijftijden van water in de watersystemen zijn klein. Ze variëren per kwartaal van circa 1,8 dagen in Veendam-Musselkanaal tot circa 7,0 dagen in het Oosterdiep.
Alleen voor het Pekelderhoofddiep zijn stoffenbalansen opgesteld (Vanwege de grote sluitfout in de waterbalans bij de andere systemen). Voor de stoffenbalansen is gebruik gemaakt van landbouwuitspoelingsgetallen waarin grote onzekerheid zit. Onderstaande cijfers zijn hier op gebaseerd.

In het Pekelderhoofddiep wordt de stikstofaanvoer op jaarbasis vooral bepaald door de uitspoeling vanuit het afwaterend gebied voor fosfaat is de aanvoer van bovenstrooms de belangrijkste bron. Voor het Oosterdiep verwachten we ditzelfde beeld. Het traject Veendam-Musselkanaal is een sterk doorvoersysteem, hiervoor verwachten we voor zowel fosfor als stikstof dat de aanvoer van bovenstrooms de belangrijkste post is.
Voor stikstof is de sluitpost negatief, er verdwijnt dus stikstof in het systeem. De berekende gemiddelde retentie op jaarbasis is 26% berekend. Het is waarschijnlijk dat dit het gevolg is van denitrificatie. Voor fosfor wordt de sluitpost ook negatief berekend, 6% van het fosfor verdwijnt in het systeem.
De externe belasting van fosfor in Pekelderhoofddiep is 28,5 g P/ m^2. Dit is aan de hoge kant. Voor kanaalsystemen zijn geen kritische belastingen afgeleid. Voor slootsystemen ligt de kritische belastingen, waaronder een ecologisch goed functionerend systeem kan bestaan tussen de 1,8 en 10,2. Bij sloten gaat dit wel gepaard met veel langere verblijftijden.
De waterbodem van het Pekerderhoofddiep, en ook van de andere bemonsterde systemen in de Veenkoloniën laat geen hoog risico zien voor nalevering. De naleveringsfluxen liggen in de orde van grootte van 0,01 g/ m^2/jaar. Vergeleken met de externe belasting is dit verwaarloosbaar.

In de Slibdiagnose is verder ingezoomd op de werking van het systeem. In het Pekelderhoofddiep liggen de zomergemiddelde concentraties van P en N op respectievelijk 0,19 mg P/l en 3,9 mg N/l. Fosfor is voornamelijk gebonden aan het zwevend stof aanwezig. De chlorofylgehalten zijn gemiddeld (zomergemiddeld 45 µg chlorofyl-a/l) en het doorzicht ligt rond de 40 cm. Uit de slibdiagnose blijkt dat de P concentratie bepaald wordt door de externe belasting (aanvoer bovenstrooms en uitspoeling) en door de dynamiek van het zwevende stof.
De externe belasting wordt bepaald door aanvoer van bovenstrooms en uitspoeling uit landbouwgebieden. Voor fosfaat is in de winter de bijdrage van landbouwgebieden iets hoger en in de zomer overheerst de inlaat. Voor stikstof is in de winter de bijdrage van landbouw zo groot dat de inlaat bijna verwaarloosbaar is en in de zomeris de bijdrage van inlaat iets hoger.
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 uitspoeling vanuit de landbouwgebieden een zeer effectieve maatregel zijn. Kwaliteitsbaggeren zal in dit systeem weinig tot geen 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 tegelijk wordt uitgevoerd. Het effect is afhankelijk van de kwaliteit van de onderliggende bodem. De belangrijkste sturing voor de waterkwaliteit is de kwaliteit van het inlaatwater en in de winter het water dat vanuit het landbouwgebied uitspoelt.

5.2 AANBEVELINGEN

De waterbalans, stoffenbalans en de externe belasting via uitspoeling bevatten nog de nodige onzekerheden. Oorzaken hiervoor zijn onder andere dat het waterkwantiteitsmeetnet gericht is op peilbeheer en niet op het opstellen van balansen. Ook het kwaliteitsmeetnet is niet optimaal voor het maken van balansen in het gebied. Hieronder een aantal aanbevelingen om de kwaliteit van balansen te verbeteren:

- Het meetnet voor waterkwantiteit is op het moment voornamelijk ingericht op peilbeheer. Het zou goed zijn om het meetnet ook geschikt te maken voor het opstellen van goede balansen. Bijvoorbeeld door de metingen jaarlijks te controleren. Een centimeter peilverschil maakt weinig uit voor het peilbeheer, maar kan een grote fout veroorzaken op de waterbalans.
- De sluitpost in de waterbalans bestaat met name uit in-/uitlaat locaties waarvoor geen gegevens bekend zijn. Om tot een betrouwbare waterbalans te komen zijn er meer gegevens noodzakelijk over de in- en uitlaat op de locaties die nu onbekend zijn.
- In deze analyse is een zeer simpele bodembalans (infiltratie/drainage) gebruikt. Er zou ook voor gekozen kunnen worden om de berekeningen te koppelen met de niet stationaire module van MIPWA. Op deze manier is het mogelijk om inzicht te krijgen in “hydrologische” omslagpunten in het systeem.
- De aanvoer in het systeem is variabel. In de zomer is de aanvoer continu met een vrij constante kwaliteit terwijl in de winter de aanvoer varieert wat betreft hoeveelheid en kwaliteit. Om de variatie in de winter goed in te schatten en een goede balans op te stellen is het maandelijks meten van waterkwaliteit niet voldoende. Hoe hoger de meetfrequentie hoe beter de balans.
- Voor het opstellen van een goede stofbalans en om meer inzicht te krijgen in het systeem zou op meer locaties en in ieder geval bij de in- en uitlaten P, N en zwevend stof fracties gemeten moeten worden.
- Het is belangrijk een betere inschatting van de uitspoeling vanuit de landbouw te krijgen. Binnen de mogelijke bandbreedte van de uitspoeling slaat het systeem om van bergend naar leverend. Als meer inzicht wordt verkregen in de werkelijke uitspoelingsgetallen kan de opbouw van de sluitpost beter bepaald worden en wordt meer inzicht verkregen in het systeem.
- Het goed vaststellen van afwaterende oppervlakken (winter) en oppervlakken waar infiltratie naar toe plaatsvind (zomer) is van belang voor een goede water- en stoffenbalans.
- P ophopingsgetallen koppelen met inschattingen of metingen van baggeraanwas

Naast verbetering van de balansen kan meer inzicht in de zwevend stof huishouding, baggeraanwas en de zuurstofhuishouding nog bijdragen aan een beter begrip van het systeem. Vooral de relatie tussen nalevering en ad- en desorptie is interessant en de meer inzicht in de sedimentatie en opwerveling.

In dit onderzoek is gefocust op het effect van maatregelen op de P belasting. Dit is een belangrijke sturende parameter in de ecologie. Baggeren kan echter ook via andere wegen effect hebben op de ecologische kwaliteit. In een onderzoek voor Veluwe (De Vlieger, van de Weerd & Reeze, 2011) naar het effect van Baggeren op het voorkomen van waterplanten in de weteringen komt de N belasting eruit als mogelijke probleemfactor. Daarnaast is variatie in de ondergrond van belang en heeft Baggeren effect op onder andere diepte, doorzicht, zuurstofhuishouding. Deze uitkomsten kunnen voor dit systeem ook interessant zijn omdat de EKR voor waterplanten in het systeem nog niet voldoet aan de GEP (zie Tabel 25).

6 Literatuur

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). Miliueanalyse 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

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., 2011. WaterBODEMbeheer in Nederland: Maatregelen Baggeren en Nutrienten (BAGGERNUT) – Metingen Interne Nutrientenmobilisatie en Decompositie (MIND-BAGGERNUT) Tussenrapportage 2012.

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

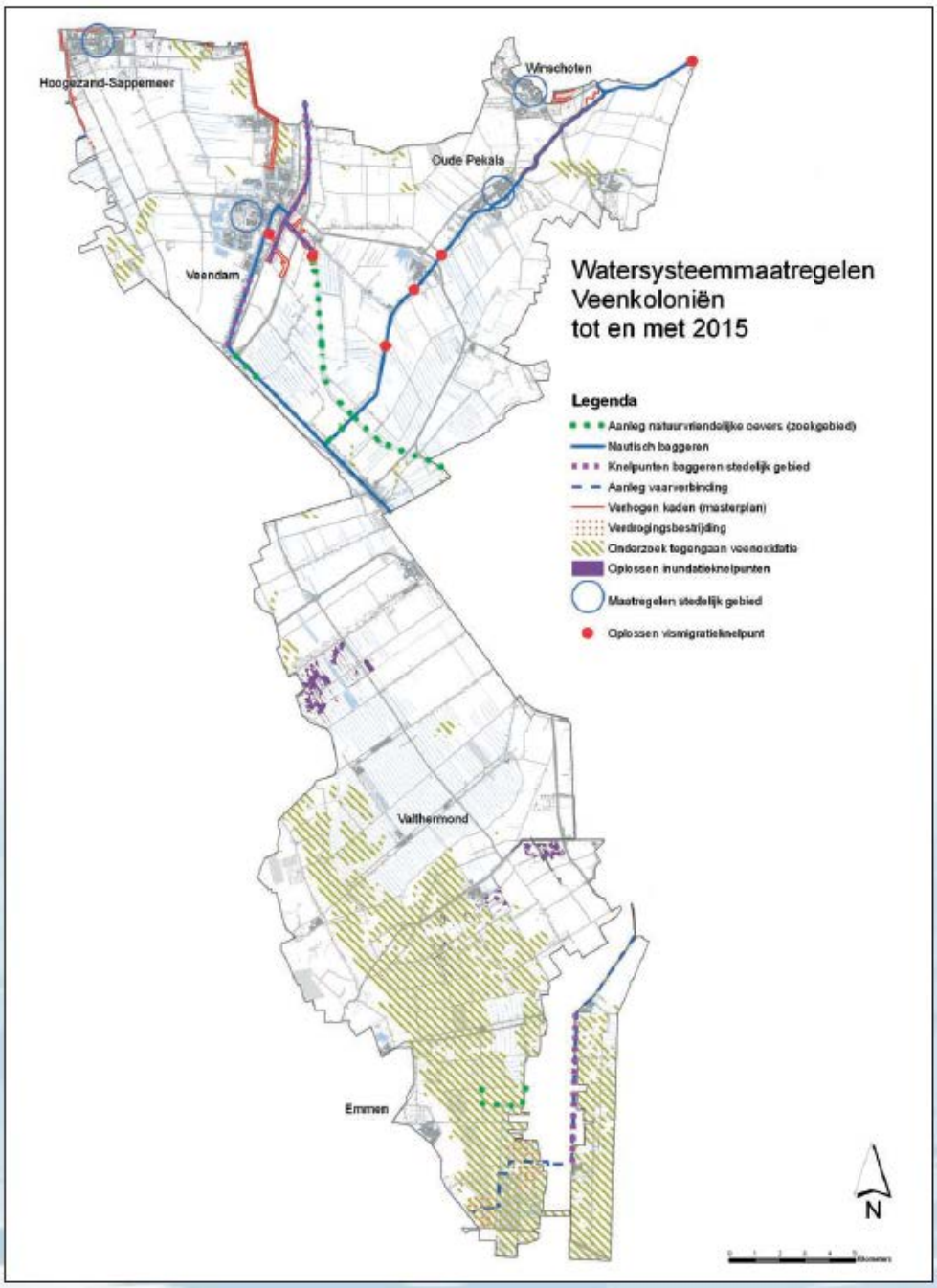
De Vlieger, B., H. van de Weerd & B. Reeze, 2011. Verbetering van de ecologische waterkwaliteit van de Weteringen – onderzoek naar de bijdrage van kwaliteitsbaggeren. ARCADIS projectnr. C01012.100061.

Bijlage 1 Doelen maatregelen watersysteem Veenkoloniën

Overzicht doelen/maatregelen/kosten Watersysteem Veenkoloniën

maatregel(pakket) WB21 of KRW t/m 2015	maatregel(pakket) WB21 of KRW na 2015	opgave	waterlichaam	doel KRW 2027	doel WB21 2050	doel overig	uitgevoerd in	totale kosten t/m 2015	kosten ws t/m 2015	indicatieve kosten na 2015
oplossen wateroverlast landelijk gebied (290 ha)	oplossen wateroverlast landelijk gebied (70 ha)	WB21 landelijk	alle	-	opheffen wateroverlast	-	2050	725.000	725.000	-
onderzoek maatregelen wateroverlast door maaiveldaling door veenoxidatie	mogelijkheden instellen hogere grond-waterstanden door aangepast peilbeheer	WB21 landelijk	alle	-	voorkomen wateroverlast	-	2015	25.000	25.000	-
betrokkenheid en handhaving bij activiteiten gas en zoutwinning (bodemdaling)	betrokkenheid en handhaving bij activiteiten gas en zoutwinning (bodemdaling)	WB21 landelijk	alle	-	voorkomen wateroverlast	instandhouden waterhuishouding reguliere situaties	2050	10.000	10.000	-
verhogen en inspectie kaden	onderhoud en inspectie kaden	WB21 landelijk	kanalen Veenkolonien (Tripcompagnie-sterdiep)	-	veiligheid	-	2015	1.000.000	1.000.000	-
optimalisatie peilbeheer extreme situaties (slimme stuwen) 1 mln m3	optimalisatie peilbeheer extreme situaties (slimme stuwen) 2,8 mln m3	WB21 landelijk	alle	-	vasthouden 3,8 milj. m3	optimalisatie regulier peilbeheer (verdrogingsbestrijding)	2050	2.000.000	1.500.000	afhankelijk van invulling restant wateropgave
toetsen 'dempingenbeleid' voor Veenkoloniën ivm vasthouden van water	dempingen niet toestaan bij afname Ruimte voor Water	WB21 landelijk	alle	-	behoud berging	beleving veenkoloniaal gebied	2012	10.000	10.000	-
pilots vermindering waterkort landbouw + beschikbaarheid water IJsselmeer	met kennis om watertekort te verminderen maatregelen inzetten	WB21 landelijk	alle	meekoppeling bij aanzienlijke benutting gebiedseigen water	vermindering droogte/wateraanvoer	-	2015	150.000	150.000	-
bestrijding verdroogd gebied, meeliften met gebiedsontwikkelingen	bestrijding verdroogd gebied, meeliften met gebiedsontwikkelingen	WB21 landelijk	alle	-	opheffen verdroging natuur ca. 1640 ha	-	2050	p.m.	-	onze kosten afhankelijk van rol in verdrogings-bestrijding
-	beekherstel	WB21 landelijk	Valtherdiep	koppelkans stromende beek	vasthouden en bergen	herinrichting en EVZ Valtherdiep	2050	-	-	nog onduidelijk of en wanneer inrichting een rol speelt
knelpunten baggeren stedelijk gebied	onderhoud aanwas baggerspecie	WB21 stedelijk	stedelijk water	goede chemische toestand	peilhandhaving + beleving	beleving	2027	5.500.000	3.000.000	11.500.000
onderzoek naar opheffen grondwateroverlast binnen 4 gemeenten	preventieve maatregelen om wateroverlast te voorkomen	WB21 stedelijk	stedelijk water	-	opheffen grondwateroverlast	-	2010	100.000	20.000	afhankelijk van onderzoek
realiseren beperkt oppervlak berging voor stedelijk gebied	realiseren beperkt oppervlak berging voor stedelijk gebied	WB21 stedelijk	stedelijk water	-	voorkomen wateroverlast stedelijk gebied	-	2050	100.000	-	-
nautische baggeren	-	WB21	kanalen Veenkolonien	goede chemische toestand	-	scheepvaart, zie baggerbeleidsplan	2015		-	-
aanleg natuurvriendelijke oevers: 2 km Vaarverbinding Erica-Ter Apel, 5 km Veendam-Musselkanaal	aanleg 17 km natuurvriendelijke oevers	KRW	kanalen Veenkolonien	24 km natuurvriendelijke oever	meekoppelkans berging	vaarverbinding Erica-Ter Apel	2027	375.000	187.500	1.275.000
oplossen 5 tal migratieknelpunten	-	KRW	kanalen Veenkolonien	oplossen 5 tal migratieknelpunten	-	-	2015	300.000	150.000	-
onderzoek voedselrijkdom slib	afhankelijk van onderzoek	KRW	kanalen Veenkolonien	goede chemische toestand	-	baggerplan	2012	50.000	25.000	afhankelijk van onderzoek
								€ 10.345.000	€ 6.802.500	

afkortingen:
KRW = Kaderrichtlijn Water
WB21 = Waterbeheer 21e eeuw
land = landelijk gebied
stedelijk = stedelijk gebied


Hoogezand-Sappemeer
Winschoten
Oude Pekela
Veendam
Valthermond
Emmen
Watersysteemmaatregelen
Veenkoloniën
tot en met 2015
Legenda
Aanleg natuurvriendelijke oevers (zoekgebied)
Nautisch baggeren
Knelpunten baggeren stedelijk gebied
Aanleg vaarverbinding
Verhogen kaden (masterplan)
Verdrogingsbestrijding
Onderzoek tegengaan veenoxidatie
Oplossen inundatieknelpunten
Maatregelen stedelijk gebied
Oplossen vismigratieknelpunt
N

Bijlage 2 Kentallen uitspoeling

Bron: waterschap rivierenland

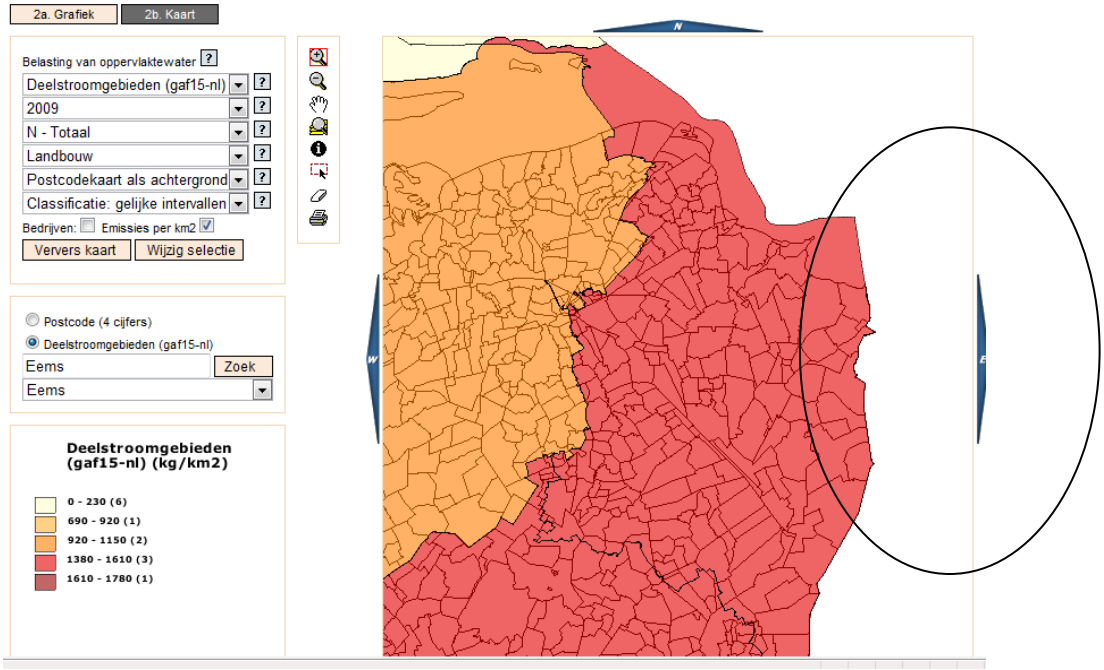
Landgebruik	Bodem	N (kg/ ha/jaar)	P (kg/ ha/jaar)
grasland	klei	25	1
maïs	klei	50	1
aardappelen	klei	50	1
tarwe/graan	klei	30	0,5
akkerbouw overig	klei	40	0,9
fruitteelt	klei	25	0,5
kale grond	klei	5	0,1
bos	klei	5	0,1
natuur	klei	5	0,1
grasland	zand	40	1,2
mais	zand	100	1,7
aardappelen	zand	80	1,5
tarwe/graan	zand	50	0,8
akkerbouw overig	zand	60	1
fruitteelt	zand	50	0,5
kale grond	zand	4	0,1
bos	zand	3	0,1
natuur	zand	3	0,1
grasland	veen	34	2,5
maïs	veen	44	2,7
aardappelen	veen	44	2,7
tarwe/graan	veen	44	2,7
akkerbouw overig	veen	44	2,7
fruitteelt	veen	44	2,7
kale grond	veen	15	1,5
bos	veen	15	1,5
natuur	veen	15	1,5

Bijlage 3 Vergelijking kentallen uitspoeling overige bronnen

Emissieregistratie

De emissieregistratie is een initiatief van het RIVM (Bron: www.emissieregistratie.nl) en wordt jaarlijks bijgehouden voor 350 vervuilende stoffen. In de emissieregistratie is specifiek gezocht naar de belasting van het oppervlaktewater door uit- en afspoeling vanuit het landelijke gebied in deelstroomgebied Eems (zie onderstaande figuur). Hieruit blijkt een belasting van gemiddeld (1990-2009) 13 kg N-totaal per ha en 0,6 kg P-totaal per ha (zie onderstaande tabel).

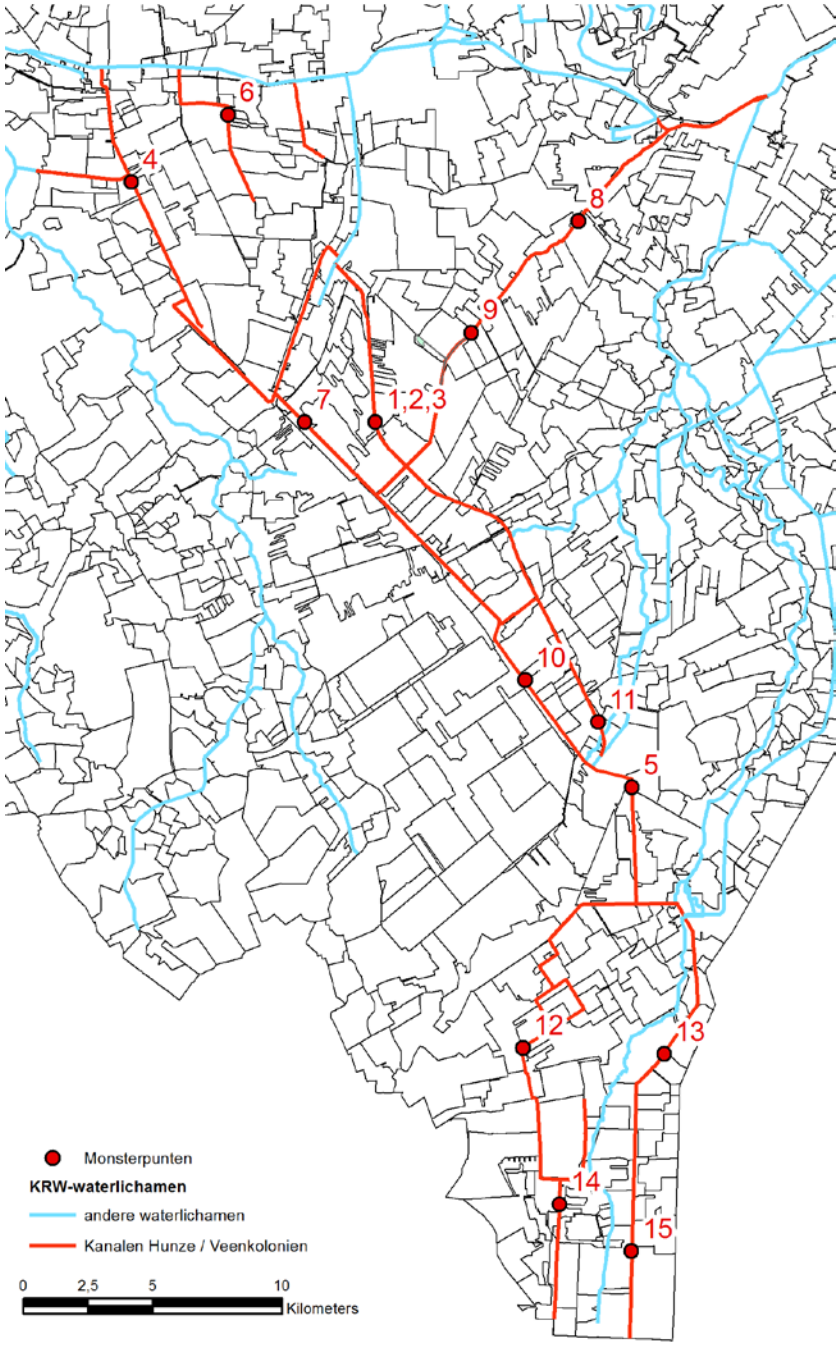
Stroomgebied Eems



Belasting van het oppervlaktewater door uit- en afspoeling van landbouw in deelstroomgebied Eems (Bron: emissieregistratie)

Jaar	N-totaal (kg/k m^2)	P-totaal (kg/km^2)	N-totaal (kg/ha)	P-totaal (kg/ha)
2009	1472	63	14,72	0,63
2005	825	49	8,25	0,49
2000	1574	67	15,74	0,67
1995	1615	73	16,15	0,73
1990	1075	55	10,75	0,55
gemiddeld	1312	61	13	0,6

Bijlage 4 Meetlocaties waterbodem



Figuur 21 Ligging van de bemonsterde locaties voor onderwaterbodem in de Veenkoloniën.

Locatie	Vocht-gehalte (%)	Bulk density	Fractie org. materiaal	Totaal-Al	Totaal-Ca	Totaal-Fe	Totaal-K	Totaal-Mg	Totaal-Mn	Totaal-Na	Totaal-P	Totaal-S	Totaal-Si	Totaal-Zn
6	52,87	0,64	0,06	68,87	40,08	98,84	5,88	13,98	1,16	0,00	8,62	66,33	5,87	0,72
7	32,87	1,12	0,03	70,61	34,71	178,56	6,36	14,07	1,27	0,00	4,11	82,24	9,28	0,75
8	80,12	0,19	0,15	24,66	17,15	93,17	1,80	4,60	0,73	0,00	7,10	33,09	2,07	0,38
9	34,67	1,09	0,02	45,33	17,53	122,25	5,48	8,56	0,55	0,00	3,39	105,48	8,82	0,88
10	29,00	1,18	0,02	42,69	19,99	84,50	2,57	12,74	0,46	0,00	2,27	59,14	9,29	0,61
11	40,90	0,86	0,06	50,37	49,55	176,06	3,40	7,30	1,53	0,00	6,93	61,14	7,95	0,39
12	18,68	1,61	0,01	53,86	11,00	28,08	5,65	8,30	0,25	0,00	2,09	4,86	14,30	0,29
13	20,86	1,52	0,01	54,23	13,12	62,96	6,85	11,08	0,35	0,00	2,58	19,37	15,17	0,41
14	32,57	1,10	0,03	49,49	26,09	91,92	5,79	9,91	0,40	0,00	5,68	76,72	11,13	0,68
15	47,74	0,71	0,07	37,02	31,94	82,74	2,29	7,79	0,47	0,00	5,64	110,02	6,81	0,61

Tabel 27 Resultaten extra metingen in mmol/liter verse bodem (methode: destructie).

Locatie	Al-ox	Fe-ox	Mn-ox	P-ox
6	29,80	69,37	0,69	6,09
7	16,38	130,33	0,85	2,52
8	12,30	83,51	0,54	6,62
9	12,66	94,89	0,46	2,54
10	11,02	68,12	0,35	1,13
11	14,83	114,41	0,87	4,31
12	11,14	24,36	0,20	1,99
13	8,23	45,70	0,24	2,47
14	13,30	51,50	0,19	4,06
15	11,44	26,62	0,22	3,13

Tabel 28 Resultaten extra metingen in mmol/liter verse bodem (methode: oxalaat).

Locatie	Al-zout	Ca-zout	Fe-zout	K-zout	Mg-zout	Mn-zout	P-zout	S-zout	Si-zout	Zn-zout	NO3-	NH4+
6	1,17	11312,3	28,27	1095,56	2697,0	174,01	5,42	2558,7	113,31	2,69	11,04	244,24
7	1,78	13062,5	12,30	769,48	2108,5	109,25	5,37	1642,8	284,41	0,96	5,97	470,83
8	0,00	10026,0	9,15	681,65	1559,6	169,19	3,87	2293,4	211,64	1,31	15,04	535,19
9	0,00	9209,2	24,99	719,64	1821,8	86,55	5,19	2119,2	83,83	17,00	10,58	640,68
10	0,78	8327,8	0,07	716,62	1067,6	17,13	2,89	2347,8	54,32	0,80	6,90	198,38
11	0,72	14523,7	93,27	945,92	2270,6	217,69	4,87	2469,0	188,15	2,64	8,36	210,67
12	3,79	5825,7	10,91	718,70	1003,5	68,26	1,07	1174,6	244,20	2,16	11,74	126,42
13	2,94	7318,4	46,71	1234,42	1247,8	98,46	1,77	1296,7	158,38	2,97	12,50	320,53
14	0,00	11698,6	0,95	1122,01	1944,5	30,37	3,48	1450,4	78,47	1,24	4,69	443,18
15	0,00	13067,7	1,13	943,38	2179,8	92,43	2,27	1367,5	64,28	1,57	3,43	286,50

Tabel 29 Resultaten extra metingen in µmol/liter verse bodem (methode: zoutextractie).

Locatie	Totaal P g/kg	Totaal Fe g/kg	P bodemvocht mg/l
1	3,79	115,96	0,63
2	3,56	104,88	0,74
3	3,54	107,87	0,44
4	0,24	9,11	0,13
5	0,19	15,05	0,08
6	0,42	8,66	-
7	0,11	8,90	-
8	1,15	27,18	-
9	0,10	6,26	-
10	0,06	4,00	-
11	0,25	11,44	-
12	0,04	0,98	-
13	0,05	2,32	-
14	0,16	4,68	-
15	0,25	6,48	-

Tabel 30 Gebruikte gegevens afgeleid uit de ruwe gegevens van Poelen, 2011 en Tabel 27, Tabel 28 en Tabel 29.

Bijlage 5 Slibdiagnose

1.Algemeen		Huidige situatie				
Naam systeem		Pekelderhoofddiep				
Fosfaatbalans		ja				
Nitraatbalans		ja				
KRW type		M14	tbv berekenen EKR			
Water systeem type		kanaal	tbv type watersysteem analyse			
Specificatie		plassen	tbv bepalen risico zuurstofloosheid			
Kwartaal		K1	K2	K3	K4	
Oppervlakte watersysteem (opp. water)	m2	65519	65519	65519	65519	
Dominante leggerdiepte	m	0,88				
gemiddelde waterdiepte	m	0,98				
KRW norm P (tbv nalevering)	mg/l	0,15	Indien je hier niks invoert wordt uitgegaan vaan een default norm (0.15 mg/l MTR)			
Norm doorzicht	m	0,40				
kritische belasting	g P/m2/j	1,8 - 10,2				
2.Bodem						
P-sed	g P /kg ds	3,63	0,096189098			
Fe-sed	g Fe /kg ds	109,57	6,261456826			
Of: P-sed / Fe-sed						
P-sed onder de	g P /kg ds					

sliblaag					
Kwartaal		K1	K2	K3	K4
Bodemvocht	mg P / l	0,6	0,6	0,6	0,6
Methode nalevering		Bodemvocht			
Dikte sliblaag	m	0,1			
organische externe belasting					
			tbv bepalen risico		
Type		bodem met slib	zuurstofloosheid		
stevigheid waterbodem		stevig	tbv balans en maatregelen		
stevigheid waterbodem onder sliblaag		stevig	tbv balans en maatregelen		
Matrix		zand	tbv balans en maatregelen		
Matrix waterbodem onder sliblaag		zand	tbv balans en maatregelen		
3. Balansposten naamgeving					
Inposten		posten invullen	suggestie		
inpost 1	IN1:	4de verlaat koppel	Inlaat		
inpost 2	IN2:	Kwel	Inlaat		
inpost 3	IN3:	Neerslag	Inlaat		
inpost 4	IN4:	drainage bodem	Inlaat		
inpost 5	IN5:	sluitpost in	Neerslag		
inpost 6	IN6:				
uitposten		posten invullen	suggestie		
uitpost1	UIT1:		Inlaat		
uitpost2	UIT2:	infiltratie bodem	Inlaat		
uitpost3	UIT3:	X, overige uitlaten	Inlaat		
uitpost4	UIT4:	2de verlaat	Inlaat		

uitpost5	UIT5:	sluitpost uit												
uitpost6	UIT6:	Verdamping	Verdamping											
4. Balansposten		K1	K2	K3	K4									
In- en uitvoer concentratie of vracht	mg/l of kg/ kwartaal	vracht												
Posten waterbalans		debiet (m3/kwartaal)				P-vracht (kg/kwartaal)				N-vracht (kg/kwartaal)				
		K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	
IN1: 4de verlaat koppel		1.199.502	1.504.852	2.009.240	1.753.596	216	256	321	263	7.437	7.374	4.822	7.067	
IN2: Kwel														
IN3: Neerslag														
IN4: drainage bodem		1.163.429	0	241.268	1.310.196	345	0	75	388	18.053	0	4.161	20.265	
IN5: sluitpost in														
IN6:														
UIT1:										0	0	0	0	
UIT2: infiltratie bodem		0	817.848	0	0	0	139	0	0	0	5.071	0	0	
UIT3: X, overige uitlaten		409.176	178.272	1.235.516	712.676	74	30	198	107	2.537	874	2.965	2.872	
UIT4: 2de verlaat		1.953.755	508.732	1.014.991	2.351.116	567	76	112	470	15.298	2.355	2.324	11.732	
UIT5: sluitpost uit														
UIT6: Verdamping														
restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit)														
(check)	controle	0	1	1	0	-79	10	87	74	7.655	-926	3.694	12.727	

5.Watersamenstelling (bij voorkeur kwartaalgegevens invullen)	JAAR GEM	K1	K2	K3	K4
Doorzicht (indien bekend)	m		0,19	0,43	0,38	0,27
Chlorofyl	µg/l		15,00	39,89	49,22	15,00
Anorganische zwevende deeltjes	mg/l					

Detritus	mg/l					
Concentratie zwevende stof	mg/l	15,00				
Concentratie P totaal	mg/l		0,21	0,19	0,19	0,16
Concentratie P zwevend stof	mg/l		0,17	0,16	0,16	0,13
Ortho P	mg/l		0,04	0,03	0,03	0,03
Concentratie N totaal	mg/l		6,47	4,80	2,99	4,67
Concentratie sulfaat in systeem	mg/l					

6. Kenmerken systeem			Welke parameters invullen? Nb het is mogelijk beruken in te voeren (bijv onderhoud = 1.2)	
BZV	mg O_2 /l	2,7	nee	zomergemiddelde
Chloride	mg Cl/l	61,3	nee	zomergemiddelde
Peildynamiek		1	ja	1=tegennatuurlijk 2=stabiel 3=natuurlijk
Connectiviteit		3	nee	1=geisoleerd 2=periodiek geisoleerd 3=open verbinding
Meandering		1	nee	1=recht+normprofiel 2=gestrekt+natuurlijker dwarsprofiel 3=zwak slingerend 4 =slingerend 5=vrij meanderend
Beschaduwing		2	nee	
Verstuwing		1	nee	1=sterk gestuwd zonder vistrappen 2=gestuwd met vistrappen 3=ongestuwd
Oeverinrichting		1,5	ja	1=beschoeid 2=steil 3=flauw/moerassig (NVO)
Scheepvaart		2	nee	1=intensief bevaren 2 = niet of nauwelijks bevaren
Onderhoud		1,5	nee	1=intensief 2=extensief
Aanwezigheid benthivore vis	kg/ha		--> zie ook maatregeleninvoer -->	
Aantal schepen beroepsvaart	schepen/d			
Percentage van water wat wordt beinvloed door beroepsvaart	fractie			
Aantal schepen recreatievaart	schepen/d			

Percentage van water wat wordt beinvloed door recreatievaart	fractie	
Netto plant opname P obv kritische belasting of defaultwaarde)	g P/m2 /jaar	
Afvoer P (dmv maaien, schonen)	g P/m2/jaar	
baggeraanwas (agv afkalving, erosie, bladval of veenafbraak)	g ds /m2/jaar	
P gehalte baggeraanwas(obv bladval, veen afbraak, erosie oevers)	g/kg ds	

7. Huidige situatie		KRW sheet	Meetdata	GEP
Macrofauna	EKR	0,55		0,6
Macrofyten	EKR	0,4		0,53
Vis	EKR	0,48		0,6
Fytoplankton	EKR	0,57		0,6
Totaal fosfaat (zomergemiddelde)	mg/l	0,17		0,15
Totaal stikstof (zomergemiddelde)	mg/l	3,76		3
Doorzicht (zomergemiddelde)	m	0,35		0,4

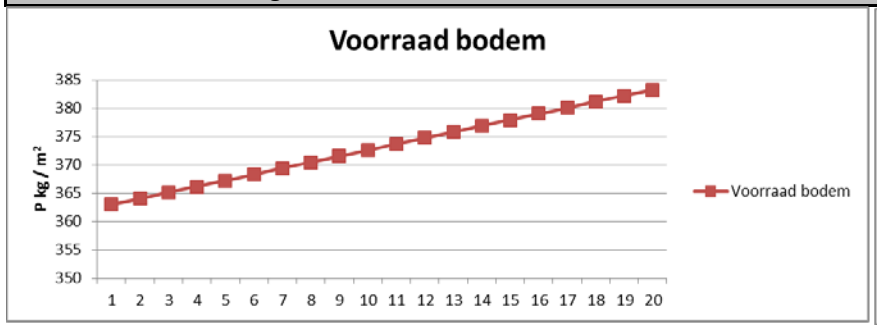
1e oordeel	
Pekelderhoofddiep	Diagnose
Potentie nalevering?	verwaarloosbaar
doorzicht?	matig
Chlorofyl	middel
1e oordeel	Geen BD: reduceer de externe belasting

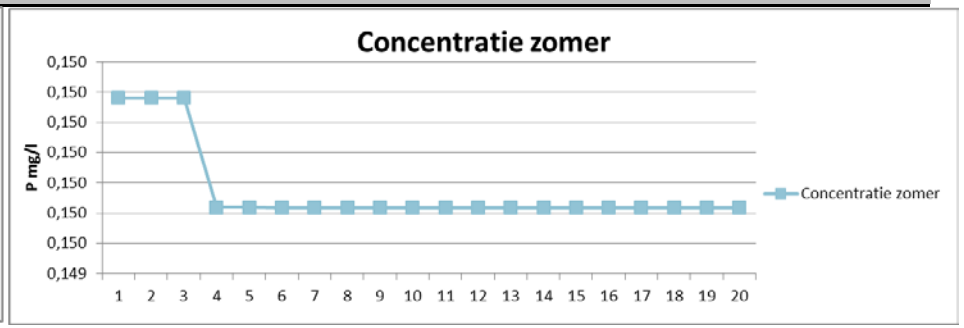
Interne en externe P belasting	jaargemiddeld/totaal	K1	K2	K3	K4
Interne belasting (% van totale belasting)	0,6	0,5	1,0	0,7	0,4
Externe belasting (% van totale belasting)	99,4	99,5	99,0	99,3	99,6
Interne belasting (absoluut in g P/m2)	0,17	0,04	0,04	0,04	0,04
Externe belasting (absoluut in g P/m2)	28,5	8,6	3,9	6,1	9,9
Kritische belasting (absoluut in g P/m2)	1,8 - 10,2				
Verblijftijd (dagen)	2,55	2,45	3,88	2,62	1,93

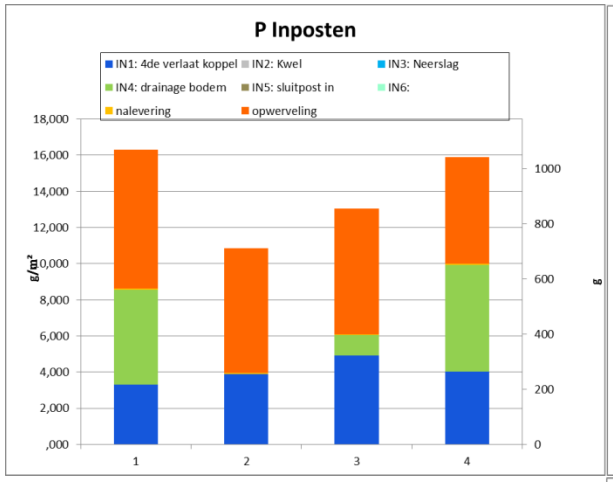
Maatregelen	
Maatregel	Zinvol?
Contact nutrienten waterbodem en oppervlaktewater afsnijden	nee
Externe belasting omlaag	ja
Vergroten P-bindingscapaciteit	nee
Bron weghalen (baggeren)	nee
Opwerveling beperkende maatregelen	nee
Beijzering	PM
Reductie sulfaat / bicarbonaat	nee

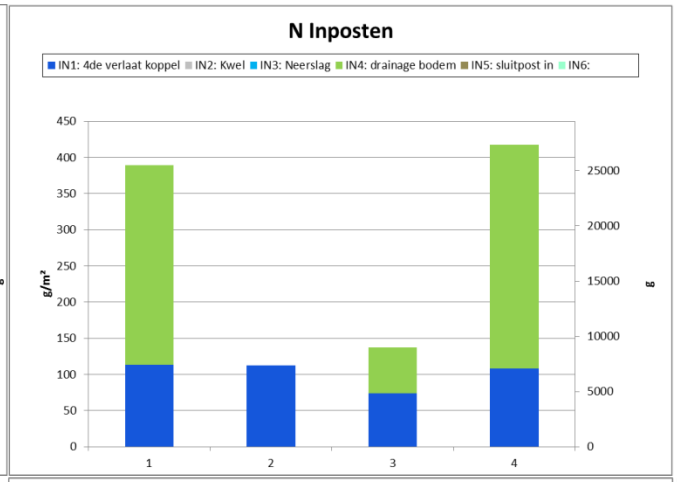
Check concentraties		K1	K2	K3	K4
Berekend	P (mg/l)	0,27	0,16	0,14	0,19
Gemeten	P (mg/l)	0,21	0,19	0,19	0,16
Berekend	N (mg/l)	7,60	5,44	2,30	4,80
Gemeten	N (mg/l)	6,466666667	4,8	2,988888889	4,666666667

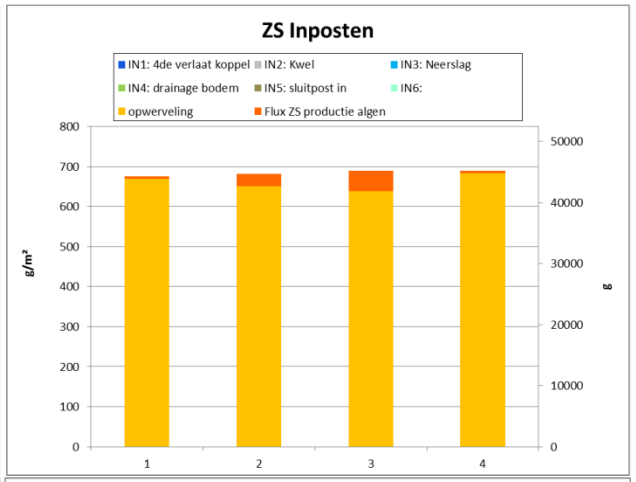
Berekend	Zwevend stof (mg/l)	15,00	15,00	15,00	15,00	
Gemeten	Zwevend stof (mg/l)	15	15	15	15	
Resultaten						
Maatlat	Huidige situatie KRW-sheet gemeten	Data gemeten	Bodemdiagnose berekend	Autonome ontwikkeling na 2 jaar	na 10 jaar	GEP
Macrofauna	0,55		0,50	0,50	0,50	0,6
Macrofyten	0,4		0,41	0,41		0,53
Vis	0,48		0,42	0,42		0,6
Fytoplankton	0,57		0,35	0,35	0,35	0,6
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) mg/l	0,17		0,15	0,15	0,15	0,15
Totaal stikstof (zomergemiddelde) mg/l	3,76		3,87	3,87	3,87	3
Doorzicht (zomergemiddeld) m	0,35		0,58	0,61	0,58	0,4
Risicozuurstofloosheid door slib	-	-	hoog risico			
Autonome ontwikkelingen						

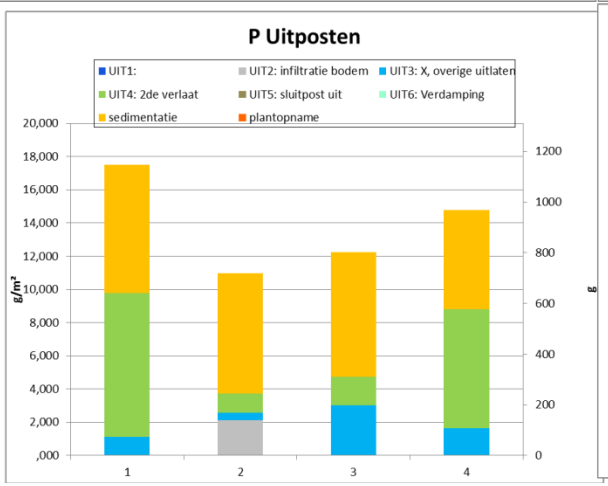


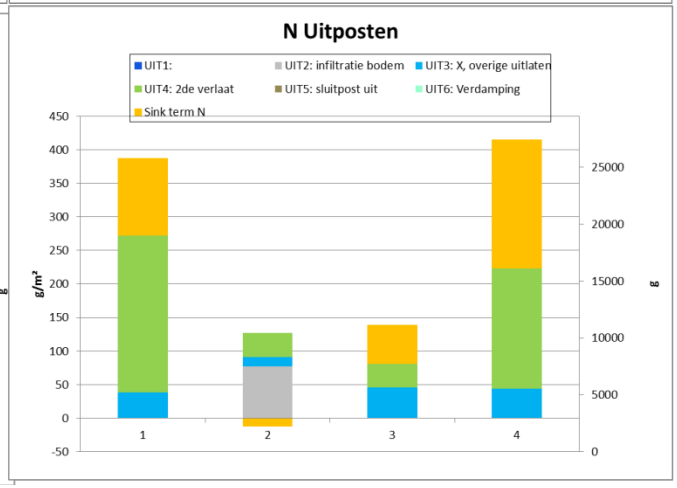


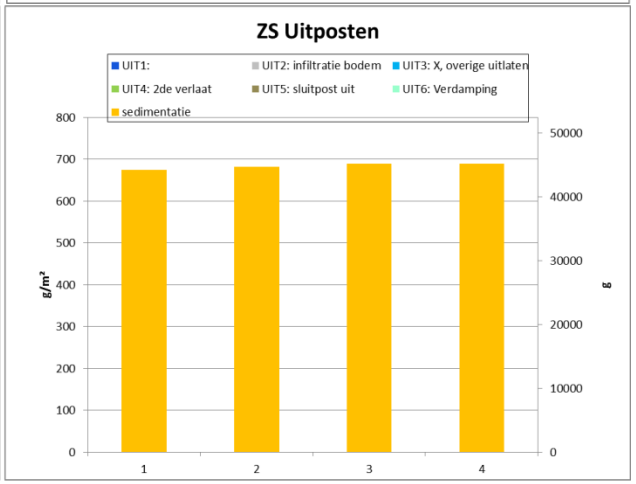

P Inposten
IN1: 4de verlaat koppel
IN2: Kwel
IN3: Neerslag
IN4: drainage bodem
IN5: sluitpost in
IN6:
nalevering
opwerveling
g/m²
g

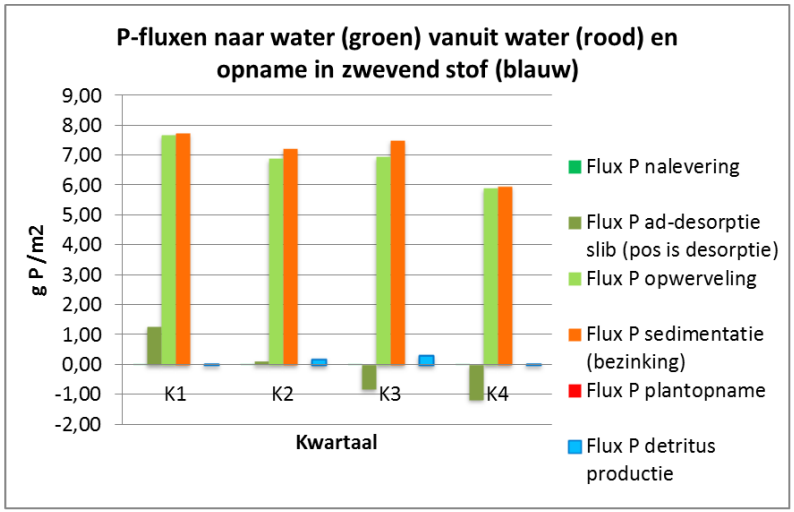

N Inposten
IN1: 4de verlaat koppel
IN2: Kwel
IN3: Neerslag
IN4: drainage bodem
IN5: sluitpost in
IN6:
g/m²
g

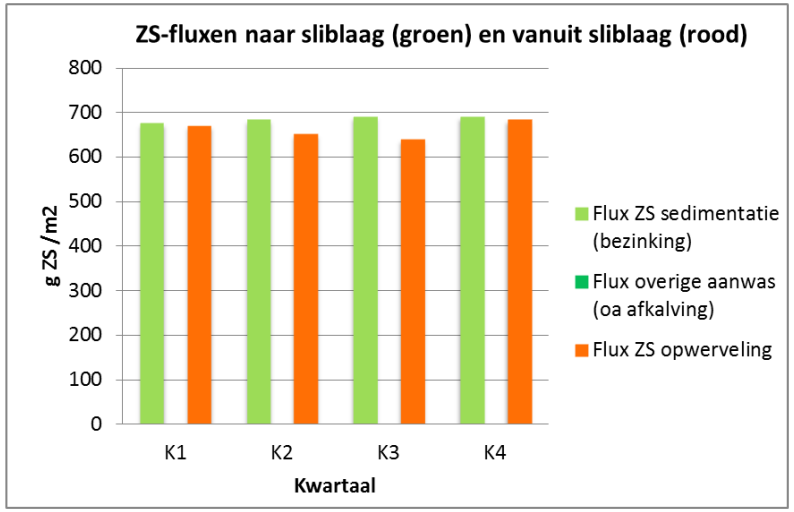

ZS Inposten
IN1: 4de verlaat koppel
IN2: Kwel
IN3: Neerslag
IN4: drainage bodem
IN5: sluitpost in
IN6:
opwerveling
Flux ZS productie algen
g/m²
g

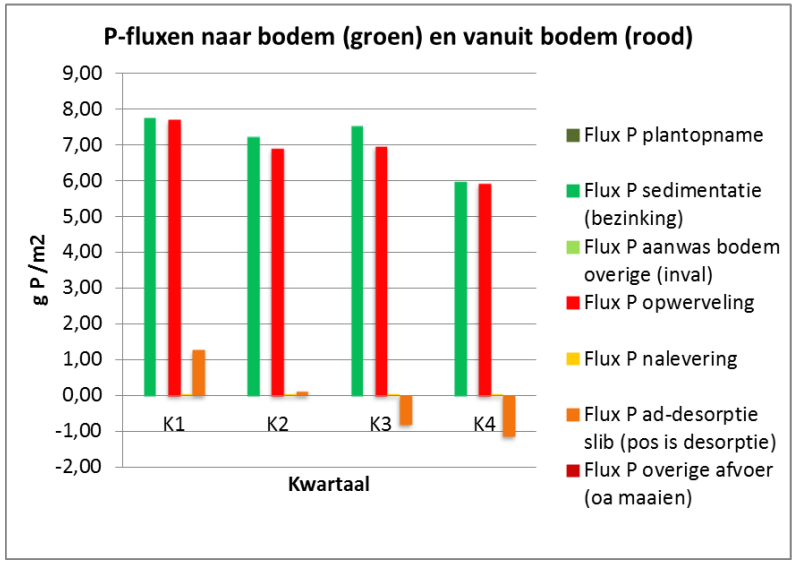

P Uitposten
UIT1:
UIT2: infiltratie bodem
UIT3: X, overige uitlaten
UIT4: 2de verlaat
UIT5: sluitpost uit
UIT6: Verdamping
sedimentatie
plantopname
g/m²
g

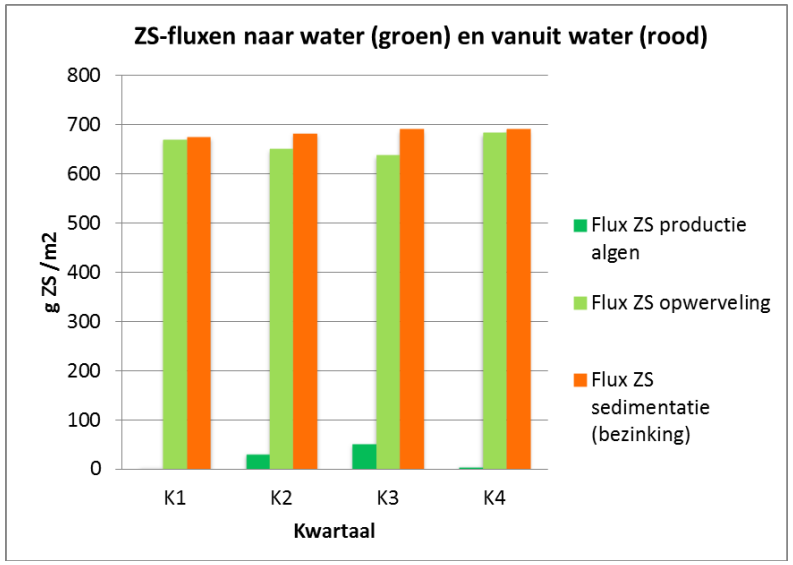

N Uitposten
UIT1:
UIT2: infiltratie bodem
UIT3: X, overige uitlaten
UIT4: 2de verlaat
UIT5: sluitpost uit
UIT6: Verdamping
Sink term N
g/m²
g


ZS Uitposten
UIT1:
UIT2: infiltratie bodem
UIT3: X, overige uitlaten
UIT4: 2de verlaat
UIT5: sluitpost uit
UIT6: Verdamping
sedimentatie
g/m²
g


P-fluxen naar water (groen) vanuit water (rood) en opname in zwevend stof (blauw)
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
-2,00
g P /m2
K1
K2
K3
K4
Kwartaal
Flux P nalevering
Flux P ad-desorptie slib (pos is desorptie)
Flux P opwerveling
Flux P sedimentatie (bezinking)
Flux P plantopname
Flux P detritus productie


ZS-fluxen naar sliblaag (groen) en vanuit sliblaag (rood)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
g ZS /m2
K1
K2
K3
K4
Kwartaal
Flux ZS sedimentatie (bezinking)
Flux overige aanwas (oa afkalving)
Flux ZS opwerveling


P-fluxen naar bodem (groen) en vanuit bodem (rood)
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
-2,00
g P /m2
K1
K2
K3
K4
Kwartaal
Flux P plantopname
Flux P sedimentatie (bezinking)
Flux P aanwas bodem overige (inval)
Flux P opwerveling
Flux P nalevering
Flux P ad-desorptie slib (pos is desorptie)
Flux P overige afvoer (oa maaien)


ZS-fluxen naar water (groen) en vanuit water (rood)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
g ZS /m2
K1
K2
K3
K4
Kwartaal
Flux ZS productie algen
Flux ZS opwerveling
Flux ZS sedimentatie (bezinking)

Colofon

BAGGERNUT
Watersysteemanalyse Veenkoloni±n

OPDRACHTGEVER:

Waterschap Hunze en Aa's

STATUS:

Vrijgegeven

AUTEUR:

W. Bakx
E. Tietema
H. van de Weerd

GECONTROLEERD DOOR:

H. van de Weerd

VRIJGEGEVEN DOOR:

S. Boland

13 juli 2012
0076432955:B

ARCADIS NEDERLAND BV
Beaulieustraat 22
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Tel 026 3778 911
Fax 026 3515 235
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.