

**BAGGERNUT, WATERSYSTEEMANALYSE  
WESTERWOLDE**

WATERSCHAP HUNZE EN AA'S

13 juli 2012  
076299509:B Definitief  
C01012.100059.0120





# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1	Baggernut.....	3
1.2	Watersysteemanalyse.....	4
1.3	Leeswijzer .....	5
<b>2</b>	<b>Beschrijving watersysteem</b> .....	<b>7</b>
2.1	Watersysteem .....	7
2.1.1	Beschrijving .....	7
2.1.2	Statische kenmerken.....	8
2.1.3	Dynamische kenmerken .....	11
2.2	Toestand (KRW) en KRW doelstelling.....	13
2.3	Maatregelen.....	15
2.4	Functie gebruik beheer en onderhoud.....	15
<b>3</b>	<b>Analyse</b> .....	<b>17</b>
3.1	Waterbalans.....	17
3.1.1	Gegevens en aan- en afvoer posten .....	17
3.1.2	Methode uitgangspunten.....	17
3.1.3	Resultaten en discussie.....	22
3.1.4	Conclusie.....	27
3.2	Stoffenbalans .....	27
3.2.1	Gegevens en aan en afvoer posten .....	27
3.2.2	Methode / uitgangspunten .....	28
3.2.3	Resultaten en discussie en conclusie .....	29
3.3	Gemeten waterbodemconcentraties.....	38
3.4	Interne en externe belasting .....	38
3.5	Aanbevelingen .....	38
<b>4</b>	<b>Slibdiagnose</b> .....	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>Conclusie: effect waterbodem</b> .....	<b>45</b>
5.1	Conclusies.....	45
5.2	Aanbevelingen: .....	46
<b>6</b>	<b>Literatuur</b> .....	<b>49</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Doelen maatregel Watersysteem Westerwolde</b> .....	<b>51</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Tabellen kwartaalbalansen deelstroomgebieden (water- en stoffen balansen)</b> .....	<b>53</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Afwenteling P en N</b> .....	<b>59</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Kentallen uitspoeling nutriënten</b> .....	<b>63</b>

<b>Bijlage 5</b>	<b>Locaties meetpunten.....</b>	<b>65</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Vergelijking kentallen uitspoeling overige bronnen.....</b>	<b>69</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Slibdiagnose.....</b>	<b>73</b>
<b>Colofon</b>		<b>83</b>

# 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 eutrofiëring wordt als oorzaak gezien; vanuit bodem en bagger (slib) kunnen grote hoeveelheden nutriënten vrijkomen. Deze interne eutrofiëring kan zo sterk zijn dat herstel van de 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:

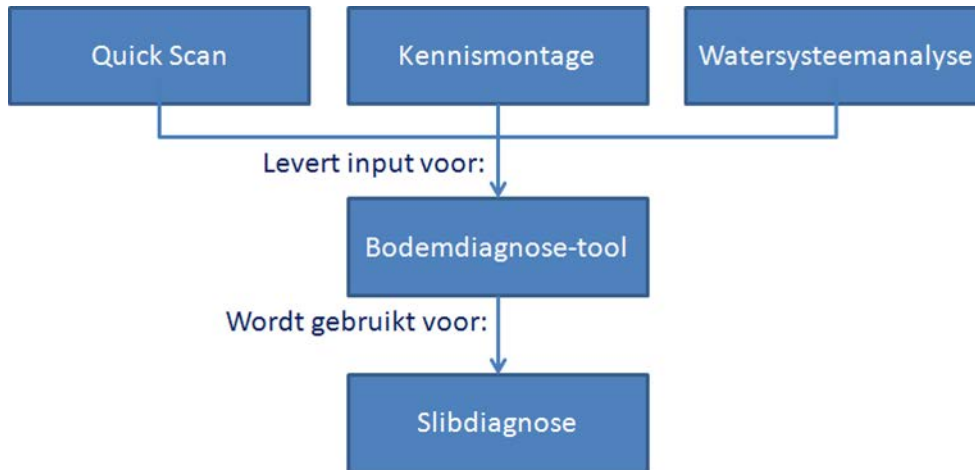
1. Processen die samenhangen met interne mobilisatie van nutriënten en baggerproductie inzichtelijk maken en op een eenvoudige wijze kwantificeren
2. Waterbeheerders handvaten aanreiken om een oordeel te geven over of en hoe effectief de waterbodem aan te pakken is (o.a. baggeren)

### *Onderdelen van BaggerNut*

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

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

De Quicksan 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, Akerdijkse plassen	Delfland
De Leijen, Alde Feanen, Slotermeer	Fryslân
Kanalensysteem Westerwolde, kanalensysteem Veenkoloniën, Oldambtmeer, Zuidlaardermeer	Hunze en Aa's
Schutsloterwilde	Reest en Wieden
Klein Vogelenzang (onderdeel Reeuwijkse Plassen)	Rijnland
Twaalf vergelijkbare A-watgangen (sloten) in de Alblasserwaard	Rivierenland
Bleiswijkse Zoom	Schieland en Krimpenerwaard
De Keulevaart, Meijepolder en Zegveld, de Pleijt, Honswijk	Stichtse Rijnlanden
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 het kanalsysteem Westerwolde laten zien dat inlaat en uitlaat van water de belangrijkste posten zijn. Uit de stoffenbalansen 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 Ruiten aa Kanaal. 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 om de groei van waterplanten te verbeteren.

### **1.3 LEESWIJZER**

Dit rapport bevat de resultaten van de watersysteemanalyse van Westerwolde voor waterschap Hunze en Aa's. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de watersysteem. In 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 Ruiten Aa Kanaal. Op basis van de kennis en uitkomsten van de verschillende onderdelen doen we een uitspraak over welke maatregelen zinvol zijn in dit systeem. Dit beschrijven we in hoofdstuk 5





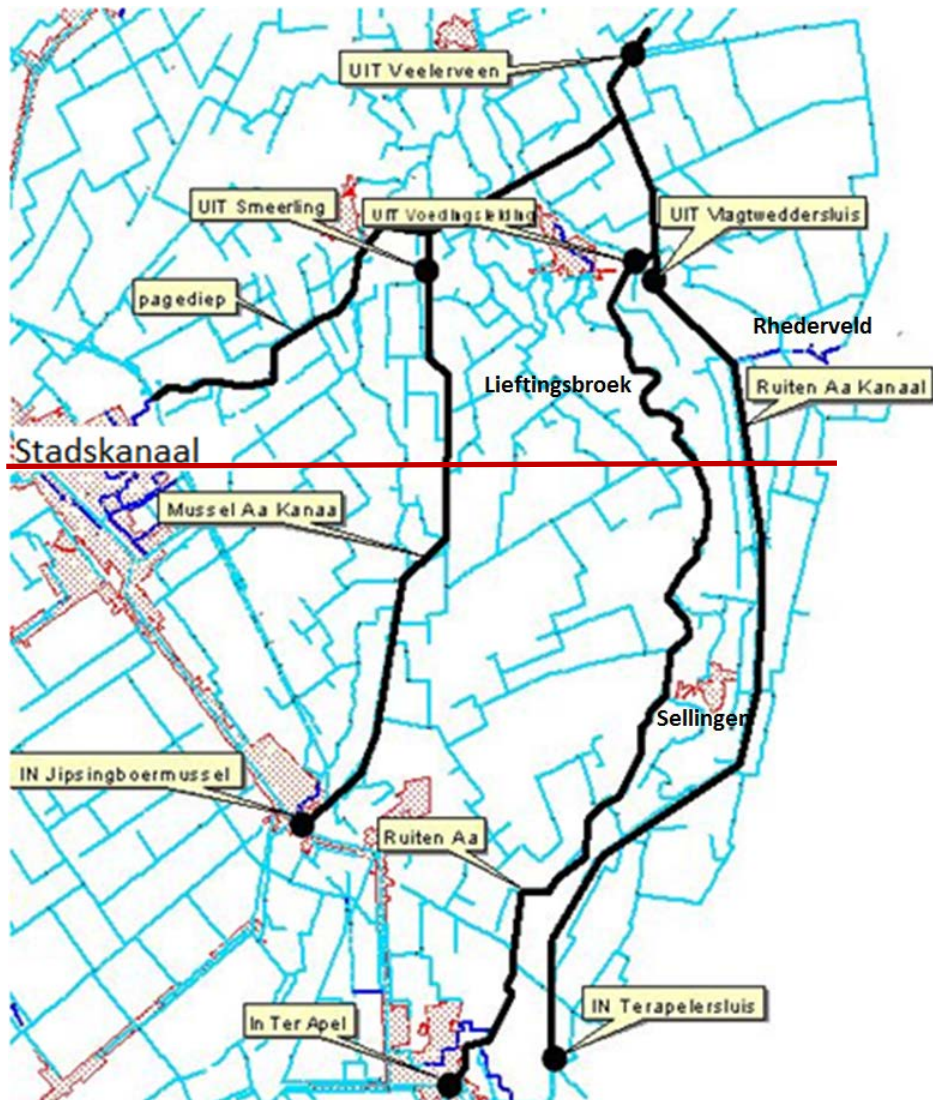
# 2 Beschrijving watersysteem

## 2.1 WATERSYSTEEM

### 2.1.1 BESCHRIJVING

Het watersysteem Westerwolde maakt deel uit van het stroomgebied Nedereems. De natuurlijke afstroming van het gebied loopt van Zuid naar Noord. In Figuur 3 zijn de belangrijkste kunstwerken en waterlopen weergegeven. Het watersysteem Westerwolde zoals beschouwd in deze watersysteemanalyse wordt in het zuiden begrensd door de inlaten Jipsingboermussel, Ter Apel en Terapelersluis (zie Figuur 3). In het noorden wordt het systeem begrensd door stuw Veelerveen. Het systeem bestaat uit de waterlopen: Ruiten Aa, het Ruiten Aa kanaal, Het Mussel Aa kanaal, het Pagediep en het afwateringsgebied Rhederveld. De begrenzing van het gehele systeem bestaat uit het beïnvloedingsgebied van de net genoemde waterlopen. Uitzondering hierop is het Pagediep en het Rhederveld; de aan- en afvoer vanuit het Pagediep en het Rhederveld is onbekend.

Watersysteem Westerwolde (ca. 41.000 ha) is zeer afwisselend door de hoogteverschillen en de variatie in bodemsamenstelling. Een deel van het zuidelijk gebied is een beekdallandschap op kalkloze zandgronden en eerdgronden (zie ook Figuur 6); dit deel valt binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). De waterhuishouding in het beekstelsel is zo natuurlijk mogelijk. Buiten het beekdal bevindt zich in het zuidelijk deel een akkerbouwgebied, waar vooral zetmeelaardappelen en tarwe verbouwd worden. Tussen Stadskanaal en het Mussel Aa kanaal ligt een typisch Veenkoloniaal gebied. Richting het noorden (buiten het interessegebied) gaan de veen- en zandgronden over in kleigronden. Buiten enkele kleine delen van de beekdalen is het gebied volledig peilgestuurd en is het watersysteem voor het grootste deel ingericht voor de landbouwfunctie. Bij Sellingen bevindt zich een drinkwaterwinning. Het gebied Lieftingsbroek (in het dal van de Ruiten Aa) is aangewezen als Natura 2000-gebied.

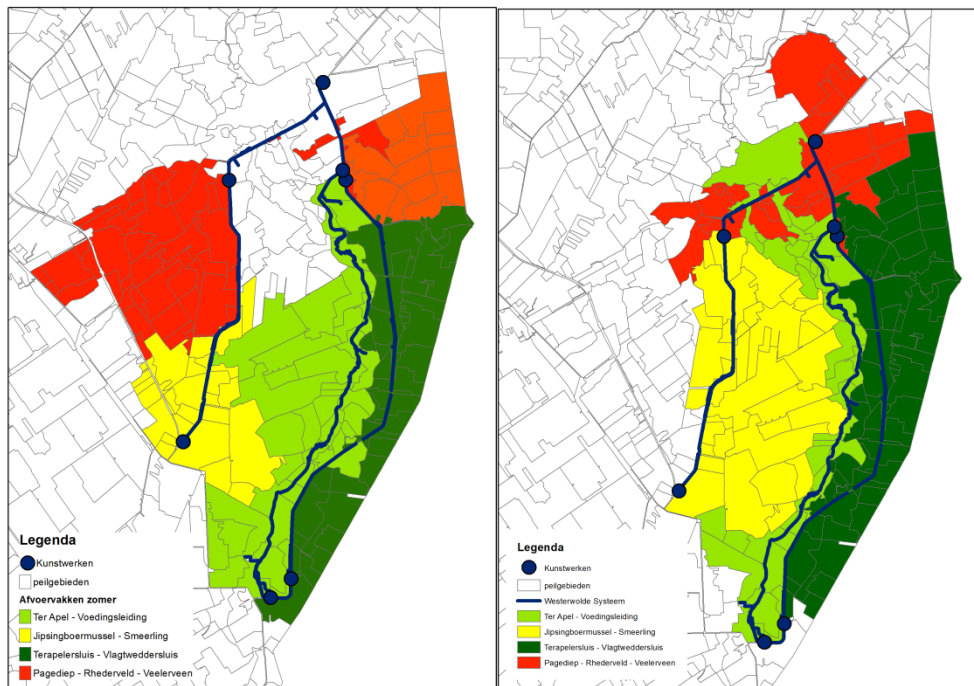


Figuur 3 Watersysteem Westerwolde. De rode lijn is de in de tekst genoemde regisdoorsnede.

## 2.1.2 STATISCHE KENMERKEN

### *Deelstroomgebieden*

In Figuur 2 zijn de peilgebieden van het Westerwolde systeem weergegeven, zoals aangeleverd door het Waterschap. Gemiddeld is een peilgebied ongeveer 130 ha. Deze peilgebieden zijn in te delen in vier deelstroomgebieden, welke andere begrenzingen hebben in een zomer en een wintersituatie. Beide situaties zijn afgebeeld in Figuur 4. De deelstroomgebieden zijn vernoemd naar de aan- en afvoerpunten. Het gemiddelde oppervlakte van een deelstroomgebied is ongeveer 18 ha.



Figuur 4 Peilgebieden en deelstroomgebieden kanaalsysteem Westerwolde in de zomer (rechts) en winter (links) (bron: Waterschap Hunze en Aa's)

### Geologie

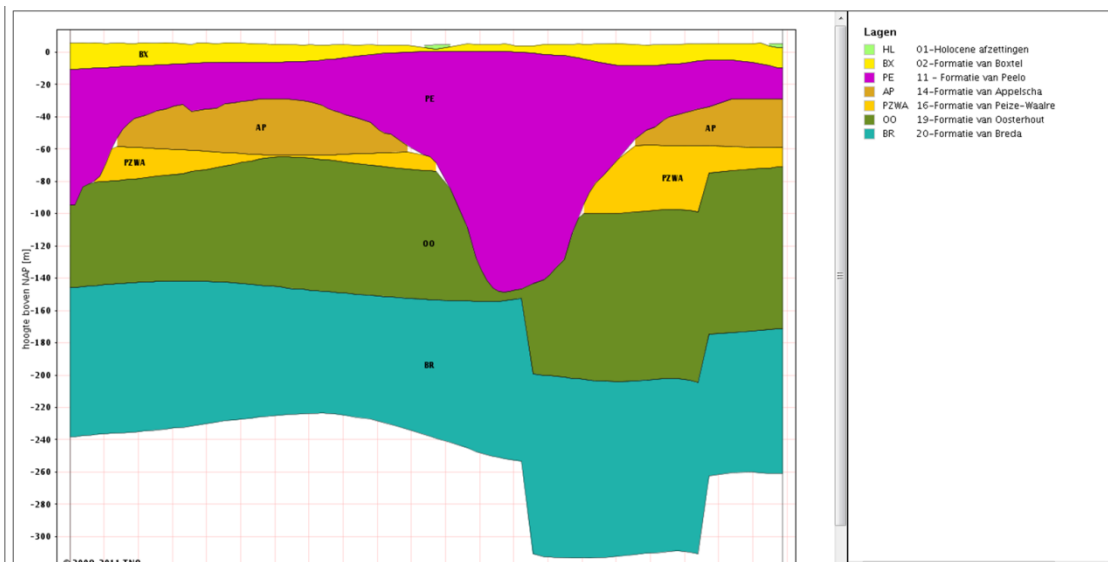
De geohydrologische schematisering van kanaalsysteem Westerwolde is gebaseerd op REGIS II van TNO. In Figuur 5 is een dwarsdoorsnede van de ondergrond weergegeven waarbij elke afzonderlijk gedefinieerde geologische bodemformatie is aangeduid aan de hand van kleur en naam. In de bijgevoegde legenda zijn de afkortingen en volledige namen van de geologische formaties, in volgorde van voorkomen vanaf het maaiveld, weergegeven. In Figuur 1 is de ligging van de dwarsdoorsnede in het kanaalsysteem Westerwolde weergegeven.

De holocene deklaag is in een klein deel van het systeem aanwezig, waar aanwezig bestaat deze uit venen uit de formatie van Nieuwkoop. In het grootste deel van het gebied wordt direct onder maaiveld de formatie van Boxtel gevonden, welke ook deels in het holoceen is afgezet. De formatie van Boxtel bestaat voornamelijk uit eolische afzettingen en kleinschalige fluviaatiele afzettingen, lacustriene afzettingen en organogene vormen. Veenafzettingen in beekdalen (laagpakket van Singraven) worden ook tot de formatie van Boxtel gerekend. De wat grotere veenafzettingen in langs oevers van meren worden tot de formatie van Nieuwkoop (oude formatie van Griendsveen) gerekend.

Op ongeveer 10 meter onder maaiveld wordt de glaciële formatie van Peelo (elsterien) gevonden. Kenmerkend voor de afzetting is de sterke wisseling in dikte over korte afstanden als gevolg van diep ingesneden geulen, wat ook goed te zien is in Figuur 5. Deze geulen worden veelal geïnterpreteerd als door smeltwater gevormde sub-glaciële dalen. Deze dalen zijn direct na het ontstaan ervan gevuld met fluvio-glaciële afzettingen, tijdens en na het terugtrekken van het ijsfront. De formatie bestaat voornamelijk uit kalkarme fijne tot zeer fijne zanden en kalkrijke zwak tot matig siltige kleien. In sommige delen van het studiegebied waar deze laag voornamelijk kleiig is vormt dit een scheidende laag. In andere delen van het gebied worden tot op grote diepte ( $\pm 100$  m) geen scheidende lagen gevonden.

Onder de formatie van Peelo bevindt zich de fluviatiele formatie van Appelscha. Deze formatie bestaat voornamelijk uit zanden (matig fijn tot uiterst grof) en grind (fijn tot zeer grof). De fluviatiele formatie van Peize Waalre ligt onder de formatie van Appelscha en bestaat voornamelijk uit zanden (matig tot uiterst grof, zwak tot matig grindig).

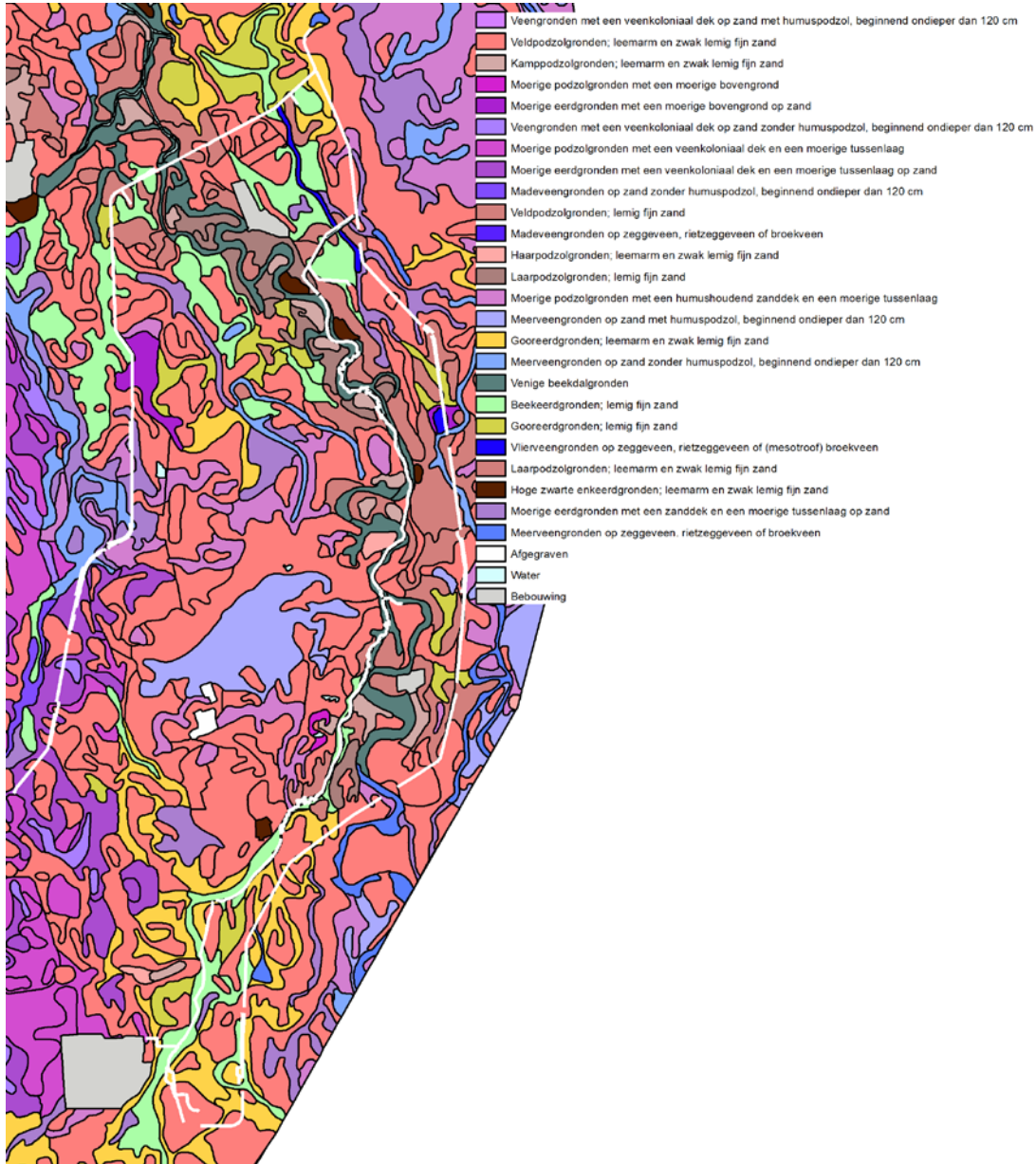
Hieronder vinden we het Oosterhout complex. Dit complex is sterk gelaagd, behoorlijk doorlatend en plaatselijk ongeveer 50 m dik. Hieronder ligt de formatie van Breda, welke de geohydrologische basis van het gebied vormt.



Figuur 5 Dwarsdoorsnede ondergrond Westerwolde (Bron: REGISII TNO)

### Grondsoort

De bodem in het gebied bestaat grotendeels uit zand ("versleten" dalgronden) met een aantal kleine veengebiedjes. In Figuur 4 zijn de verschillende grondsoorten weergegeven. De zandige gebieden bestaan voornamelijk uit podzolen (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). Deze veengronden met veenkoloniaal dek vormen een bijzondere groep in de veengronden. Het veenkoloniaal dek is van toepassing in gebieden waar het vroeger aanwezige veenmosveen geheel of grotendeels is afgegraven en waar een laag bolster is teruggestort en bezand. Aan de randen van deze veenkoloniaal gebieden bleef deze bezanding veelal achterwege, later werden deze gebieden alsnog bezand.



Figuur 6 Bodemkaart Westerwolde (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

Uit een analyse van langjarige metingen (2004 – 2010) blijkt dat een gemiddeld debiet het systeem in en uit gaat van:

- Het Mussel Aa Kanaal:
  - In: 0,4 m<sup>3</sup>/s bij Jipsingboermussel;
  - Uit: 0,6 m<sup>3</sup>/s bij Smeerling;
- De Ruiten Aa:

- In: 0,2 m<sup>3</sup>/s bij Ter Apel;
- Uit: 0,6 m<sup>3</sup>/s bij Voedingsleiding
- Het Ruiten Aa kanaal:
  - In: 0,5 m<sup>3</sup>/s bij Terapelersluis
  - Uit: 0,6 m<sup>3</sup>/s bij Vlagtweddersluis
- Ten slotte wordt er 3,5 m<sup>3</sup>/s afgevoerd bij stuw Veelerveen. Deze afvoer bestaat uit de afvoer vanuit het Ruiten Aa kanaal, de Ruiten Aa, het Mussel Aa kanaal, het Rhederveld en het Pagediep.

In de zomer fungeert het systeem als irrigatiesysteem, water wordt via de inlaten ingelaten waarna het zich verdeelt 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*

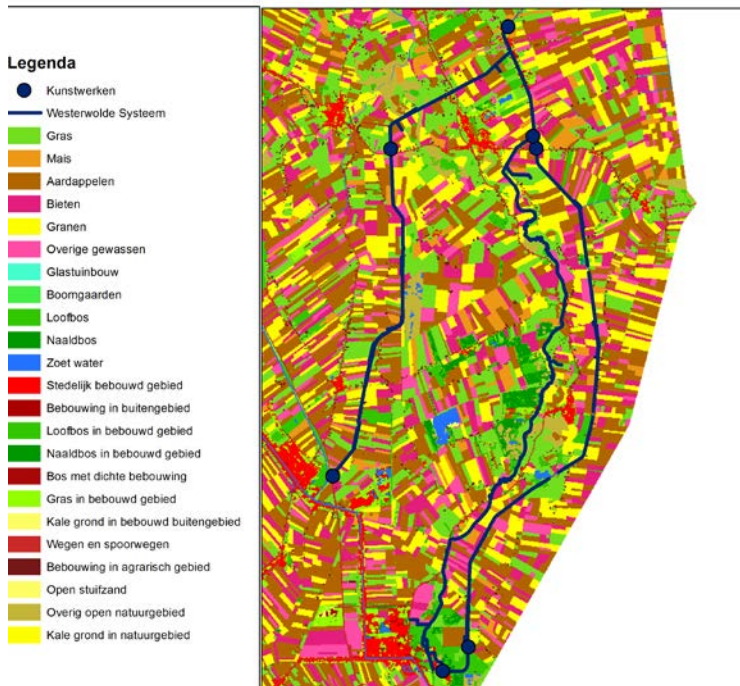
Het Kanalsysteem Westerwolde heeft een beperkte diepte. Hierdoor treedt er geen stratificatie op in het water.

#### *Landgebruik*

Het landgebruik rondom het Westerwolde kanalen systeem is voornamelijk agrarisch. Een groot deel van het agrarische gebied bestaat uit akkerbouw, waarbij maïs, aardappelen en granen de belangrijkste gewassen zijn (Figuur 5). Daarnaast zijn er voornamelijk langs de Ruiten Aa natuurgebieden aanwezig. De belangrijkste stad in het gebied is Stadskanaal (± 20.000 inwoners). Tenslotte zijn kleinschaliger bebouwde gebieden aanwezig: Onstwedde, Vlagtwedde, Mussel, Sellingen, Wedde en Ter Apel. In Tabel 1 zijn per deeleenheid de oppervlaktes en procentuele aandelen landbouw en natuur opgenomen.

Zomer	Percentage (%) zomer			Percentage (%) winter		
	ha totaal	Landbouw	Natuur /bos	ha totaal	Landbouw	Natuur /bos
Jipsingboermussel - Smeerling	4037	72	19	2657	77	12
Ter apel – Voedingsleiding	6178	86	9	5748	73	17
T. sluis - Vlagtweddersluis*	6201	91	3	4090	88	5
Rhederveld – Pagediep -Veelerveen	3530	81	7	6367	82	5

Tabel 1 Oppervlaktes Landgebruik per deeleenheid (zie figuur 2) gebaseerd op basis van het LGN



Figuur 7 Landgebruik Westerwolde (Bron: LGN4, Alterra)

### Slibdikte

De slibdikte varieert in de verschillende kanalen. Uit door Waterschap Hunze en Aa's aangeleverd waterbodemonderzoek blijkt het volgende:

- In het Ruiten Aa kanaal zijn baggerwerkzaamheden uitgevoerd in het verleden (datum onbekend), daarnaast worden periodiek drempels van slib verwijderd bij de sluisen. De verwijderde volumes zijn onbekend. In totaal ligt er nog ongeveer 100.000 m<sup>3</sup> boven het leggerprofiel, dit is na de aanleg van het kanaal ontstaan. De slibdikte ter plaatse van het Ruiten Aa kanaal varieert tussen de 20 en 43 cm.
- In het onderzochte vak van het Mussel Aa kanaal (noordelijke deel Mussel Aa kanaal, na stuw Smeerling) is de gemiddelde slibdikte 14 cm. Zeer waarschijnlijk is hier in het verleden niet gebaggerd op grote schaal.

## 2.2 TOESTAND (KRW) EN KRW DOELSTELLING

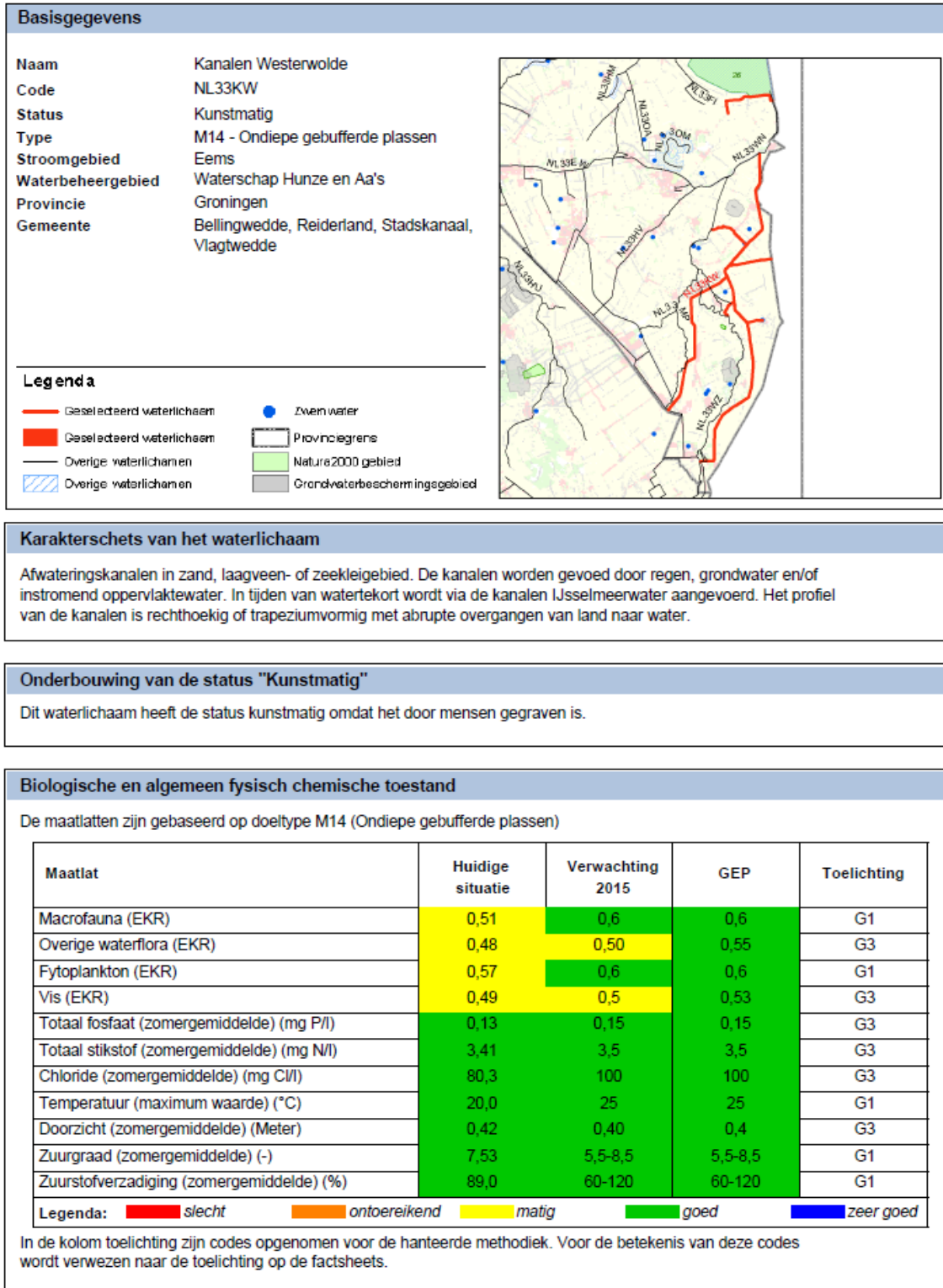
Het kanalsysteem Westerwolde vormt het KRW waterlichaam "kanalen Westerwolde".

Het waterlichaam is van type M14-ondiepe gebufferde plassen. Het waterlichaam ligt in stroomgebied Eems en heeft de status "kunstmatig". Figuur 8 geeft 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 vooral macrofyten en vis een aandachtspunt van het waterlichaam vormen. Het maatregelenoverzicht en de fasering om te kunnen voldoen aan de KRW doelen is ook in Figuur 6 opgenomen. Uit het beheerplan van Waterschap Hunze en Aas blijkt dat het opgenomen onderzoek betrekking heeft op de voedselrijkdom van het slib (baggernut). 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 12 km natuurvriendelijke oevers aangelegd dienen te worden (waarvan reeds 10% aanwezig is) om te voldoen

aan de KRW richtlijnen. In Bijlage 1 is een overzicht opgenomen van de doelen / maatregelen ten behoeve van de KRW en het WB21.

Op het waterlichaam Kanalen Westerwolde wateren beken af die natuurlijk zijn tot een andere KRW-type behoren. Deze zijn hier niet specifiek genoemd omdat de systeemanalyse ingaat op het kanalsysteem.



Figuur 8 KRW Factsheets kanalen Westerwolde



## 2.3 MAATREGELEN

### *Opgaven*

In het Westerwolde gebied komt ca. 1.000 ha verdroogde natuur voor, vooral langs de beekdalen. De ecologische toestand van de twee beeksystemen (Ruiten Aa, Pagediep/ Mussel Aa) voldoet op dit moment niet aan de KRW-norm, vanwege een onnatuurlijke inrichting van de beek, onvoldoende vismigratiemogelijkheden en de hoge nutriëntengehalten.

De belasting met nutriënten in het gebied is de laatste jaren wel afgenomen. Binnen het project 'Westerwolde Schoon!' zijn overstorten gesaneerd en IBA's aangelegd. Ook zijn drie oude rwzi's samengevoegd tot één nieuwe in Vriescheloo.

Ook de kanalen hebben nog niet de gewenste ecologische kwaliteit. Dit wordt veroorzaakt door de onnatuurlijke inrichting van de oevers, de barrières voor vismigratie en mogelijk de waterbodem. Het Ruiten Aa-kanaal moet gebaggerd worden om te voldoen aan de minimaal vereiste vaardiepte.

### *Oplossingen*

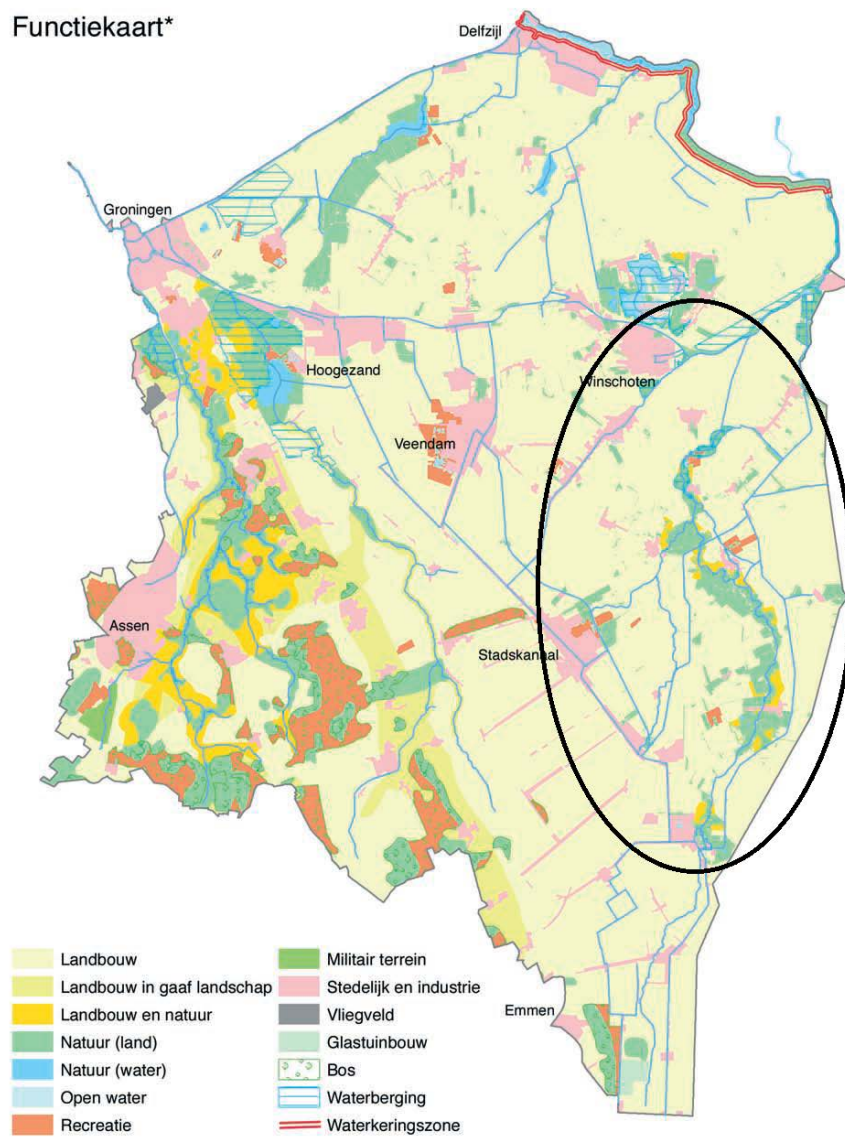
De belangrijkste ontwikkeling in Westerwolde is de uitvoering van de EHS Westerwolde. Tevens wordt een robuuste ecologische verbindingszone aangelegd tussen Nieuweschans en de Dollard en Nieuweschans en de Lethe. Het plangebied van de EHS strekt zich uit van Ter Apel tot Blijham. De EHS wordt volgens planning voor 2018 afgerond. Binnen de Ecologische Hoofdstructuur worden ook de hermeandering van de Ruiten Aa, de herinrichting van de Runde en de koppeling van beide beken gerealiseerd. Daarbij worden stuwen in de beek vervangen door bodemvallen, die als vispassages dienen. Binnen de EHS (ecologische hoofdstructuur) worden de verdroogde natuurgebieden hersteld.

Vanuit het landbouwgebied wateren de watergangen op verschillende plaatsen af op de beek, met als doel de doorstroming te garanderen. Om de belasting van de boezem te verkleinen wordt in extreme (neerslag)situaties zoveel mogelijk water vastgehouden in het beekdalen (ca. 3 miljoen m<sup>3</sup>). In de planperiode wordt onderzoek gedaan naar mogelijk herstel van de beeksystemen Mussel Aa en Pagediep, in combinatie met het bergen en vasthouden van water. De inundatieknelpunten worden na een GGOR/peilbesluitentraject deels opgelost met technische maatregelen binnen het regulier onderhoud en deels door samen met de omgeving andere oplossingen te zoeken. In de planperiode zal ook onderzoek plaatsvinden naar mogelijke toepassingen voor de 130.000 m<sup>3</sup> baggerspecie die vrijkomt uit het Ruiten Aa-kanaal. Tevens zal onderzoek worden gedaan naar de voedselrijkdom van het slib in de overige kanalen

## 2.4 FUNCTIE GEBRUIK BEHEER EN ONDERHOUD

De functiekaart (Figuur 9) bij het waterbeheerplan 2010-2015 (Waterschap Hunze en Aa's, 2009) laat zien dat er voor het Westerwolde meerdere functies worden onderscheiden: dit zijn voornamelijk natuur, landbouw, stedelijk gebied en recreatie.

### Functiekaart\*



\*op basis van Pop 3 Groningen en Pop 2 Drenthe

Figuur 9 Functiekaart Westerwolde (Bron: Waterbeheerplan 2010-2015, Waterschap Hunze en Aa's)

# 3 Analyse

## 3.1 WATERBALANS

### 3.1.1 GEGEVENS EN AAN- EN AFVOER POSTEN

In de waterbalans zijn de volgende posten opgenomen.

Aanvoer van water vindt plaats door:

- Neerslag;
- Drainage naar de watergangen;
- Inlaat vanuit Jipsingboermussel, ter Apel en Terapelersluis;
- Verandering berging;

(RWZI Ter Apel. RWZI Vriescheloo is niet meegenomen in de balansen omdat deze zich noordelijk/benedenstrooms van stuw Veelerveen bevindt).

Het water verlaat het systeem via:

- Verdamping;
- Infiltratie vanuit de watergangen;
- Uitlaat bij Veelerveen;
- Meander Ruiten Aa;
- Verandering berging.

Voor het opstellen van de waterbalans is gebruik gemaakt van verschillende gegevens.

De volgende gegevens zijn gebruikt:

- Neerslag: KNMI station 156, Vlagtwedde;
- Verdamping: KNMI station 286, Nieuw- Beerta;
- Inlaat en uitlaat gegevens zijn in m<sup>3</sup>/s aangeleverd door waterschap Hunze en Aas;
- Infiltratie en drainage van en naar waterlopen is berekend met behulp van het regionale; grondwatermodel "MIPWA". MIPWA (Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer) is door TNO ontwikkeld in opdracht van en voor het beheergebied van diverse Waterschappen, gemeenten en waterleidingbedrijven in het noorden van Nederland;
- Als laatste is met name voor de ontbrekende gegevens en het interpreteren van beschikbare gegevens gebruik gemaakt van de expert judgement van P. Hendriks hydroloog van waterschap Hunze en Aa's.

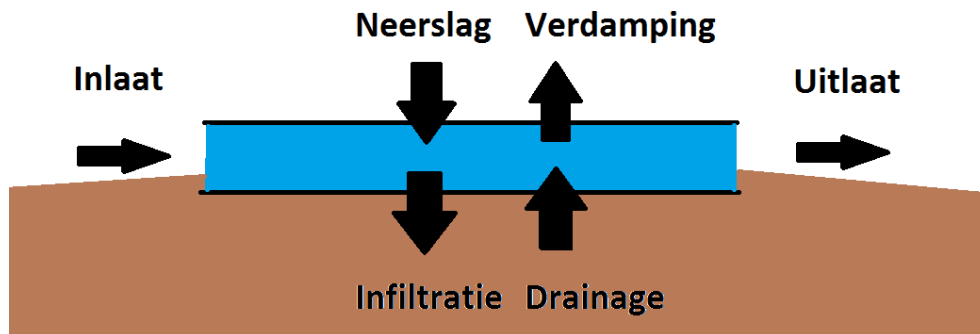
### 3.1.2 METHODE UITGANGSPUNTEN

#### *Resolutie (begrenzing, eenheden en periode) waterbalans*

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 deze

analyse zijn alle waterlopen binnen een deelgebied meegenomen (op basis van een GIS bestand aan- en afvoervakken Figuur 9).

In Figuur 10 is schematisch weergegeven hoe de waterbalans is opgesteld, de blauwe lijn representeert het watersysteem. Later in deze paragraaf worden de uitgangspunten en berekenwijzen beschreven van alle in en uitlaat posten.



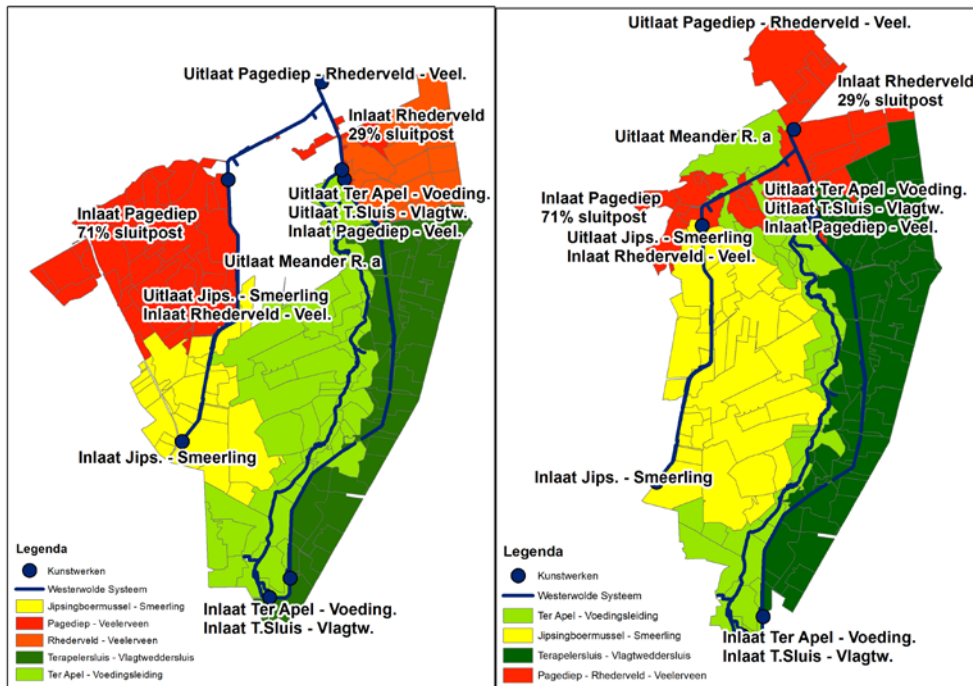
Figuur 10 Schematische weergaven in- en uitvoer posten van de waterbalans. De blauwe waterbalans. De blauwe waterloop representeert alle waterlopen binnen en deelgebied (systeem). Hiervoor wordt de waterbalans opgesteld.  
\*Infiltratie en drainage vinden zowel horizontaal als verticaal plaats

In het Westerwolde systeem is een groot verschil in gedrag van het systeem in een zomer en winter periode. In de zomer voert het systeem voornamelijk water aan terwijl er in de winter voornamelijk water wordt afgevoerd, ook blijkt dat de afwaterende oppervlakten verschillen in een zomer en in een wintersituatie. In eerste instantie is gekozen voor een temporele resolutie van maanden in een zomersituatie. Echter, doordat de MIPWA resultaten alleen beschikbaar zijn per kwartaal en niet geschikt zijn om op te delen in maanden (immers in de zomer slaat het systeem om van drainerend naar infiltrerend) is uiteindelijk besloten een waterbalans per kwartaal op te stellen. Voor het opstellen van de balansen wordt in principe zoveel mogelijk gebruik gemaakt van langjarige gemiddelde gegevens, later in deze paragraaf worden de uitgangspunten per post beschreven.

Er wordt een balans opgesteld per deelgebied. De volgende deeleenheden worden onderscheiden:

- Jipsingboermussel – Smeerling;
- Ter Apel – Voedingsleiding;
- Terapelersluis - Vlagtweddersluis;
- Rhederveld - Veelerveen;
- Pagediep- Veelerveen (N.b. in een zomersituatie worden Rhederveld en Pagediep als één eenheid opgenomen);

Kanttekening bij deze indeling is dat de locatie en het oppervlak van de deelgebieden wisselt in de zomer en winter situatie, waardoor de eenheden niet in alle gevallen gelijk zijn. Echter omdat een uniforme naamgeving de leesbaarheid en herkenbaarheid van de figuren vergroot is toch gekozen eenzelfde naam voor de zomer- en wintersituatie te gebruiken. In Figuur 11 zijn de deeleenheden in de zomer-wintersituatie weergegeven. De blauwe waterlopen geven een schematische begrenzing van de waterbalans, in werkelijkheid zijn ook de kleinere waterlopen in de deeleenheden meegenomen in de waterbalans.

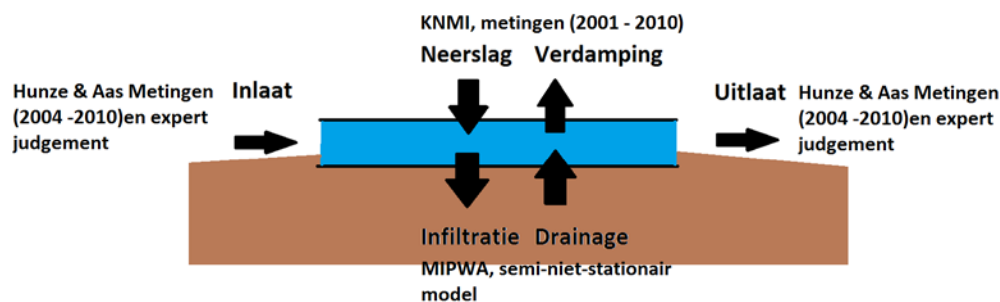


Figuur 11 Deleenheden Westervolde in zomer- (rechts) en wintersituatie (links) (Bron: waterschap hunze en Aa's)

### Kwaliteit methode

Voor het opstellen van de waterbalans is gebruik gemaakt van verschillende typen gegevens. Als samenvatting van de eerder beschreven methode per post is in Figuur 12 weergegeven welke gegevens voor de verschillende posten is gebruikt. 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:

- Een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- Een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- Een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- Een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- Een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.



Figuur 12 Gebruikte (type) gegevens per post van de waterbalans

### *Methode en kwaliteitskwalificatie per post*

De volgende gegevens zijn gebruikt:

- Neerslag: KNMI station 156, Vlagtwedde. Hiervoor geldt kwaliteitsclassificatie B, er zijn een groot aantal metingen gedaan, op 1 locatie die representatief wordt geacht voor het gehele balansgebied;
- Verdamping: KNMI station 286 Nieuw- Beerta. Hiervoor geldt kwaliteitsclassificatie B, er zijn een groot aantal metingen gedaan, op 1 locatie die representatief wordt geacht voor het gehele balansgebied;
- De volgende werkwijze is aangehouden:
- Om de gemiddelde neerslag- en verdampingshoeveelheden per kwartaal te bepalen zijn gemiddeldes berekend per kwartaal op basis van de neerslag- en verdampingsgegevens van de periode 2001 – 2010. Deze gemiddeldes zijn vermenigvuldigd met het aantal dagen in kwartaal om de hoeveelheid neerslag en verdamping in het kwartaal te berekenen;
- De totale neerslag welke per kwartaal ingelaten wordt per deelgebied wordt berekend door de gemiddelde neerslag per kwartaal in m waterschijf te vermenigvuldigen met de totale oppervlakte van de waterlopen in het deelgebied;
- De totale hoeveelheid verdamping wordt berekend door de referentieverdamping per kwartaal te vermenigvuldigen met 1.25 (Makkink factor open water verdamping), vervolgens wordt deze hoeveelheid ook vermenigvuldigd met het totale oppervlakte aan waterloop per deelgebied;
- De totale oppervlakte waterloop per deelgebied is bepaald op basis van de aangeleverde GIS-bestand af- en aanvoervakken. Op basis van de bodembreedte en het talud is de breedte van de waterloop aan maaiveld bepaald, deze is vermenigvuldigd met de totale lengte van de waterloop. Bij ontbrekende bodembreedtes is uitgegaan van de gemiddelde (bekende) bodembreedte in het deelgebied.

### *In en uitlaat*

De volgende gegevens zijn gebruikt:

- Inlaat en uitlaat gegevens zijn in m<sup>3</sup>/s aangeleverd door waterschap Hunze & Aa's. Hiervoor geldt kwaliteitsclassificatie C, er zijn een groot aantal metingen gedaan op meerdere representatieve locaties. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat na analyse van de gegevens blijkt dat de meetgegevens voor stuw Veelerveen niet overeenkomen met de verwachtingen van een gebiedskenner. Omdat deze stuw erg belangrijk is in de gehele analyse en er geen betere gegevens beschikbaar zijn, zijn de metingen wel gebruikt in de nu volgende analyse. Daarnaast zijn geen metingen beschikbaar voor de afvoer van het Rhederveld en het Pagediep en de hermeander Ruiten Aa.

De volgende werkwijze is aangehouden:

- Voor de verschillende in- en uitlaat punten zijn debieten in m<sup>3</sup>/s aangeleverd voor verschillende jaren (periode 2004 – 2010). Deze debieten zijn omgerekend naar langjarige debieten per kwartaal waarbij het aantal metingen in een jaar wordt meegewogen in de berekening (hoe meer metingen, hoe meer gewicht);
- Uit analyse van de gegevens samen met P. Hendriks (hydroloog H&A) ontstaat het gevoel dat de debietmetingen van stuw Veelerveen met name in de zomer niet betrouwbaar zijn. Uit de metingen blijkt dat Veelerveen nog behoorlijk wat water afvoert terwijl het systeem zodanig is ingericht dat er nauwelijks afvoer in een zomersituatie zou moeten plaatsvinden. In eerste instantie is afgesproken dat uitlaat Veelerveen daarom niet meegenomen zou worden in de balans. Echter doordat ook de aanvoer vanuit het Pagediep en het Rhederveld onbekend is, zou dit betekenen dat er dan 3 onbekenden in de totale balans zouden ontstaan. Er is dus toch gekozen om de gemeten uitlaat vanuit stuw Veelerveen mee te nemen in de waterbalans;

- Zoals beschreven in het vorige punt zijn er geen uitlaat gegevens beschikbaar voor het Rhederveld en het Pagediep. Er is daarom besloten de totale sluitpost van afvoervak Veelerveen op te splitsen in een post Rhederveld en een post Pagediep. De verhouding tussen beide posten is ingeschat op 29% en 71% respectievelijk (aanname P. Hendriks)
- De uitlaat bij Voedingsleiding is gesplitst in een uitlaat Voedingsleiding en een uitlaat Hermeander Ruiten Aa. De uitlaat voor deze hermeander is door P. Hendriks ingeschat op 0,5 m<sup>3</sup>/s (jaarrond). Om de sluitpost in de zomer en wintersituatie te minimaliseren is een onderscheid gemaakt in de zomer en winter kwartalen van 0,2 en 0,4 m<sup>3</sup>/s respectievelijk;

#### *Drainage en infiltratie*

De volgende gegevens zijn gebruikt:

- Infiltratie en drainage van en naar waterlopen is berekend met het regionale grondwatermodel "MIPWA". MIPWA (Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer) is door TNO ontwikkeld in opdracht van en voor het beheergebied van diverse Waterschappen, gemeenten en waterleidingbedrijven in het noorden van Nederland. Hiervoor geldt kwaliteitsclassificatie E, er zijn gegevens uit een model gebruikt welke zijn gebaseerd op aannames. Daarnaast is de kwaliteit van het model niet getoetst voor de betreffende locatie.

De volgende werkwijze is aangehouden:

- Drainage en infiltratie van en naar de waterlopen in een deelgebied zijn berekend met behulp van een semi-niet-stationaire berekening met MIPWA. Er is gebruik gemaakt van het zogenaamde kwartaal model van MIPWA, dit is een semi niet-stationair model welke voor 4 tijdstappen gemiddelde grondwaterstanden en bijbehorende fluxen berekend.
- Per af- en aanvoervak berekend MIPWA een flux naar de waterloop. Een negatieve waarde betekend drainage, een positieve waarde betekend infiltratie (naar het gebied). Per berekening zijn de negatieve en positieve waarden gesplitst en vervolgens geaggregeerd naar deelgebieden, zodat per deelgebied een beeld ontstaat hoeveel water er per kwartaal de waterloop ingaat en uitgaat.
- Naast de fluxen naar de waterlopen berekend MIPWA op dezelfde manier als voor de waterlopen een drainage flux als gevolg van drainage-buizen en greppels. In het model "verdwijnt" deze hoeveelheid water, echter er is aangenomen dat deze hoeveelheid in werkelijkheid ook afwatert op de waterlopen. De berekende hoeveelheid drainage is op dezelfde manier geaggregeerd per deelgebied en meegenomen in de waterbalans.
- MIPWA is een regionaal grondwatermodel. In deze analyse is niet getoetst hoe goed het model presteert in het studiegebied. Met andere woorden er is geen vergelijking gemaakt tussen de huidige situatie in het model en de werkelijke huidige situatie. Daarnaast is het model vooral opgezet om een goede inschatting van de grondwaterstanden te maken, de aan- en afvoer naar waterlopen is van secundair belang en vaak niet gekalibreerd. Dit betekent dat de kwaliteit van de berekeningen niet bekend is. Echter MIPWA geeft op dit moment en ook op basis van het doel van deze WSA de best mogelijke inschatting op basis van beschikbare gegevens.

#### *Overige posten*

- De lozing bij AVEBE is niet meegenomen in de Waterbalans omdat dit het totale resultaat niet verbeterd. Zonder lozing wordt al een overschot aan water in de meeste situaties berekend.

Als alle posten berekend zijn wordt per deelgebied de balans als volgt opgesteld:

**Neerslag + Inlaat + drainage watergang + drainage buizen – verdamping – uitlaat – infiltratie watergang = sluitpost (deze bestaat uit berging en een fout)**

Met uitzondering van deelgebied Veelerveen: de sluitpost wordt hier verdeeld in de aanvoer vanuit het Pagediep en het Rhederveld. Ook gelden de uitlaten van de overige systemen als inlaat voor deelgebied Veelerveen.

### 3.1.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

#### *Resultaten gehele gebied*

In Tabel 2 is de waterbalans van het gehele systeem weergegeven in mm, m<sup>3</sup> en percentages per jaar. In deze balans zijn Jipsingboermussel, T.Sluis, Ter Apel het Rhederveld en het Pagediep als inlaten beschouwd, als uitlaat zijn Veelerveen en de hermeander Ruiten Aa opgenomen. De sluitpost geeft in dit geval dus de totale sluitpost op het gehele systeem. Deze bestaat deels uit fouten in de gegevens en deels uit berging. De totale sluitpost in de balans is negatief, wat betekent dat er meer water het systeem ingaat dan dat er uittreedt. Ondanks de kwaliteitsclassificatie E voor de gehele waterbalans (de zwakste schakel bepaald) is de totale sluitpost toch vrij klein, namelijk 1% van de totale wateraanvoer.

De invoer van de waterlopen wordt nagenoeg voor de helft bepaald door inlaat, de andere helft bestaat uit drainage naar de waterlopen, de uitvoer wordt juist vrijwel geheel (90%) bepaald door uitlaat van water.

In / uit	Posten	m <sup>3</sup> / jaar	Aandeel (%)	Betrouwbaarheid
In	Neerslag (op open water)	705143	0,5	B
In	Inlaat	68258021	49	C
In	Drainage waterlopen	61504294	44	E
In	Drainage(buizen)	7907892	6	E
Uit	Verdamping (vanaf open water)	674377	0,5	B
Uit	Uitlaat	123255200	90	C
Uit	Infiltratie	12738683	9	E
In / Uit	Sluitpost	1707090	1	
	Netto	0	0	

Tabel 2 Globale waterbalans gehele Westerwolde Systeem voor een gemiddeld jaar

#### *Discussie gehele gebied*

Ondanks de kwaliteitsclassificatie E voor de gehele waterbalans is de totale sluitpost toch erg klein, namelijk 1% van de totale wateraanvoer. Dit wordt deels veroorzaakt doordat de aanvoer vanuit het Rhederveld en het Pagediep en de afvoer door de hermeander Ruiten Aa als stelpost gebruikt zijn. Daarnaast is de totale sluitpost in de balans negatief.

#### *Foutenanalyse invoergegevens*

Voor de waterbalans kan de sluitpost uit de volgende posten bestaan. Deze fouten gelden zowel voor de jaar- als voor de kwartaalbalans. Omdat de sluitpost van de jaarbalans erg klein is, is de onderstaande foutenanalyse met name relevant voor de kwartaalbalans.

Fouten in invoergegevens:

- Neerslag en verdamping: omdat de hoeveelheden neerslag en verdamping in de balans relatief klein zijn zullen de (meet)fouten relatief gezien heel kleiner zijn. Echter hier staat wel tegenover dat neerslag en verdamping ook meegenomen zijn in het MIWPA model waardoor ze ook invloed kunnen hebben op de kwaliteit van de berekende hoeveelheden drainage en infiltratie.



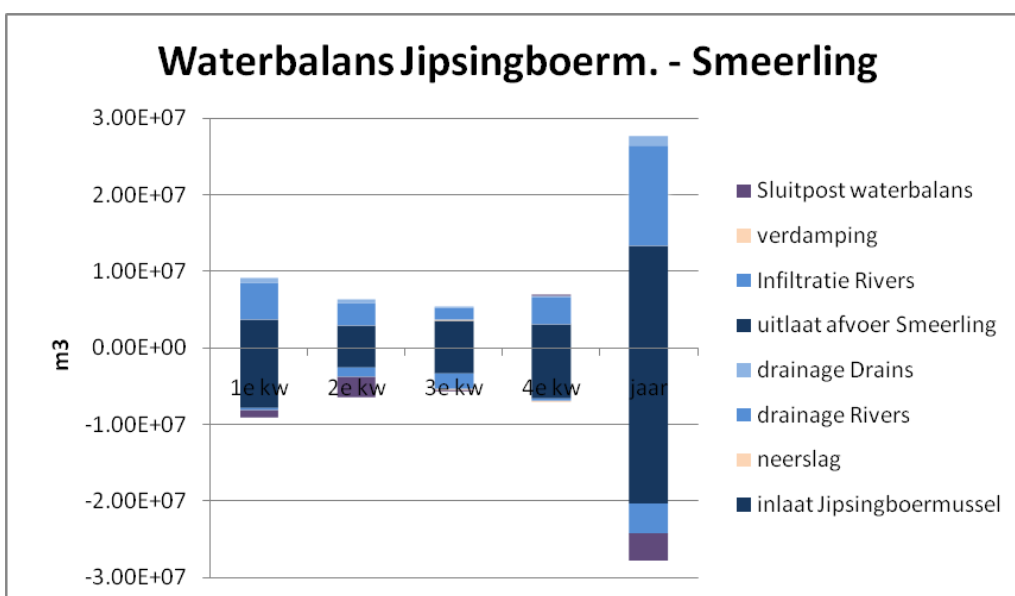
- In- en uitlaat : de fouten in de in- en uitlaat gegevens zijn onbekend. Uit een expert beoordeling van de waterbalans door P. Hendriks blijkt wel dat er vraagtekens gezet kunnen worden bij de meetgegevens van stuw Veelerveen in met name de zomersituatie. Het blijkt erg lastig deze fouten te kwantificeren per stuw. Waarschijnlijk wordt bij het verstellen van de stuwklep de stuwkromme niet helemaal goed beschreven. Hierdoor ontstaan afwijking tussen werkelijk afgevoerde debieten en de gemeten afgevoerde debieten. Meetfouten bij automatische stuwen worden vaker gerapporteerd.
- Drainage en infiltratie: Het is bekend dat MIPWA gekalibreerd is op het correct regionaal voorspellen van de grondwaterstanden. De berekende drainage en infiltratie van en naar waterlopen is niet gekalibreerd en gebaseerd op een vast zomer en winterpeil.
- Fouten in de berekeningsmethode van de infiltratie en drainage. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de kwartaal module (semi-stationaire berekening) van het regionale MIPWA model. Dit model berekend gemiddelde grondwaterstanden per kwartaal. Hierbij wordt gebruik gemaakt van gemiddelde (langjarige) onttrekkings- en neerslagoverschotwaarden per kwartaal, daarnaast wordt gebruik gemaakt van zomer- en winterpeilen. Het resultaat van de berekening is een gemiddeld drainage en infiltratie debiet per kwartaal. Nadeel van deze aanpak is dat de lokale temporele situatie in het systeem niet meegenomen wordt:
  - Berging in de onverzadigde zone wordt niet meegenomen. Deze dynamische berging is juist erg belangrijk in het Westerwolde systeem; in de winter wordt water opgeslagen in de onverzadigde zone. In de zomer kan bovenstrooms geïnfiltrerd water benedenstrooms weer afgevoerd worden.
  - Het is goed mogelijk dat het systeem binnen een kwartaal omslaat van een voornamelijk drainerend systeem naar een voornamelijk infiltrerend systeem. Met andere woorden; omslagpunten in het systeem vallen niet precies op de kwartaalgrenzen en kunnen daardoor fouten in de kwartaalbalansen veroorzaken.
- Gekozen grenzen van de deelstroomgebieden; er is impliciet aangenomen dat de grenzen van de deelenheden goed en gesloten zijn. Omdat een aantal waterlopen op en langs grenzen van deelenheden liggen en de waterscheiding niet precies op de begrenzing ligt kan er in werkelijkheid onderling water uitgewisseld worden tussen de deelsystemen. Daarnaast kan er een fout bestaan in de locatie van de grenzen van de deelstroomgebieden. Zeer waarschijnlijk is de fout in de absolute grenzen van de gebieden klein omdat deze begrenzing met de best mogelijke gebiedskennis is ingeschat. Echter ook hier geldt dat de omslag van winter-deelstroomgebieden naar zomer-deelstroomgebieden (en andersom) waarschijnlijk niet precies op de kwartaalgrens valt waardoor fouten geïntroduceerd worden.
- Als laatste worden er fouten gemaakt in de berekening van het oppervlakte van het systeem. In deze berekening is uitgegaan van een peil tot ongeveer maaiveld. Echter in werkelijkheid staat het peil een stuk lager (ongeveer 1.5m – mv). De totale fout die wordt geïntroduceerd is hierdoor behoorlijk groot. Echter omdat het oppervlakte alleen gebruikt wordt bij het bepalen van de hoeveelheid neerslag en verdamping (verwaarloosbaar) en de belasting in kg/ m<sup>2</sup> in de stoffenbalans, zal deze fout weinig invloed hebben op de waterbalans.

Alle fouten van de invoergegevens plus de werkelijk verandering in berging vormen samen de sluitpost. Naar verwachting ligt de grootste onzekerheid en dus de grootste fout in het niet meenemen van de lokale temporele situatie door het MIPWA model en de grenzen van de deelstroomgebieden. Concreet betekend dit dat ofwel de hoeveelheid drainage wordt overschat ofwel de hoeveelheid infiltratie wordt onderschat. Deze laatste verklaring is het meest waarschijnlijk omdat het gebied bekend staat als grootschalig irrigatiegebied voor landbouw, terwijl uit de balans blijkt dat er netto meer water wordt gedraineerd door de waterlopen dan dat er water in het gebied infiltreert via de waterlopen.

### Resultaten en discussie per deelgebied\*

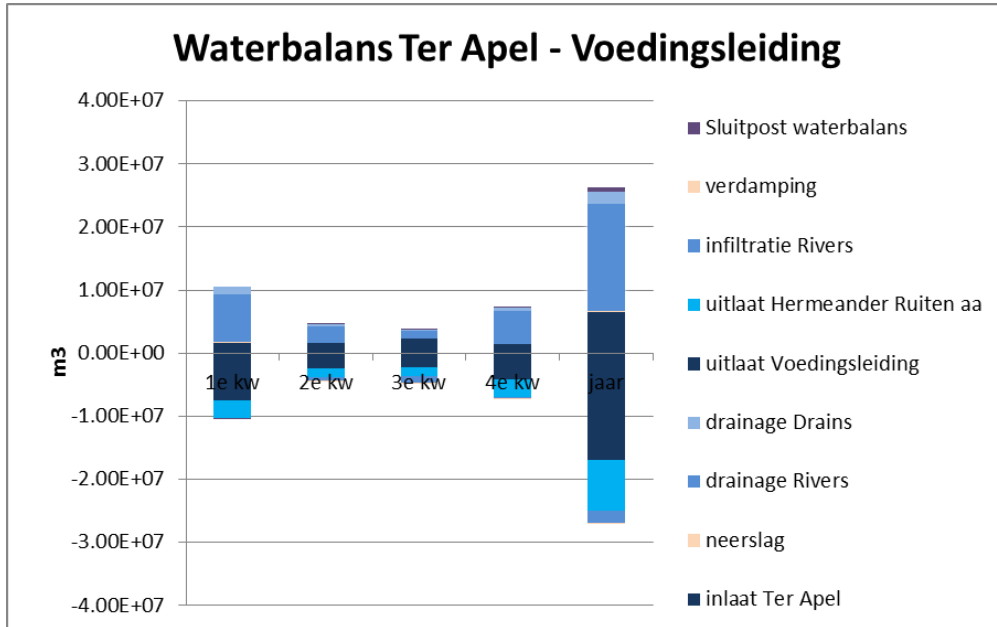
N.B. tabellen van alle waterbalansen zijn opgenomen in Bijlage 2.

In Figuur 13 is de balans per kwartaal en per jaar visueel weergegeven voor het systeem Jipsingboermussel – Smeerling. De uitlaat is in de zomerkwartalen kleiner dan in de winterkwartalen wat de irrigerende functie van het gebied bevestigt. Deze wordt echter weer tegengesproken door de grotere netto drainage van de waterlopen ten opzichte van de infiltratie. De totale sluitpost in het jaar is negatief (meer invoer dan uitvoer). De sluitpost is in de eerste 3 kwartalen negatief en bedraagt respectievelijk ongeveer 11%, 41% en 0,5% van de totale invoer. In het laatste kwartaal is de positieve sluitpost 1%. Opvallend is het grote verschil in sluitpost in het 2e en 3e kwartaal. Waarschijnlijk wordt ook hier de infiltratie vanuit de waterlopen het gebied in onderschat door het MIPWA model, deze zou volgens de verwachting juist hoog moeten zijn in het 2e en 3e kwartaal gezien de irrigerende functie van het systeem. Daarnaast kan ook berging een rol spelen in het 2e en 4e kwartaal: het zomerpeil ligt vaak hoger dan het winterpeil waardoor er netto berging ontstaat bij het begin van kwartaal 2. In het begin van kwartaal 4 gaat het peil juist omlaag waardoor er negatieve berging ontstaat.



Figuur 13 Waterbalans per kwartaal er totaal voor systeem Jipsingboermussel-Smeerling. Water het systeem in wordt positief weergegeven, het systeem uit is negatief. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

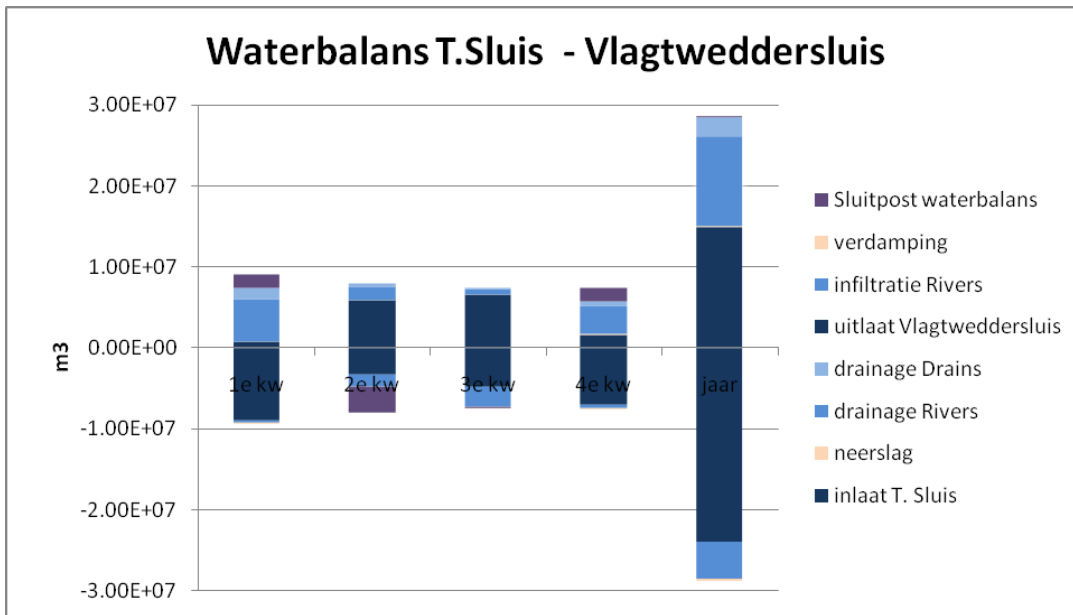
In Figuur 14 is de balans per kwartaal en per jaar visueel weergegeven voor het systeem Ter Apel - Voedingsleiding. De uitlaat is in de zomerkwartalen opnieuw kleiner dan in de winterkwartalen wat de irrigerende functie van het gebied bevestigt. Deze wordt echter weer tegengesproken door de grotere netto drainage van de waterlopen ten opzichte van de infiltratie. De sluitpost is het gehele jaar negatief en klein (respectievelijk 0%, -3%, -7% en -4% van de totale invoer), dit komt deels doordat de hermeander is gefit op sluitposten in de zomer en winter situatie. Hierbij is de afvoer in de zomersituatie een stuk lager dan de afvoer in de wintersituatie, dit komt overeen met de verwachting.



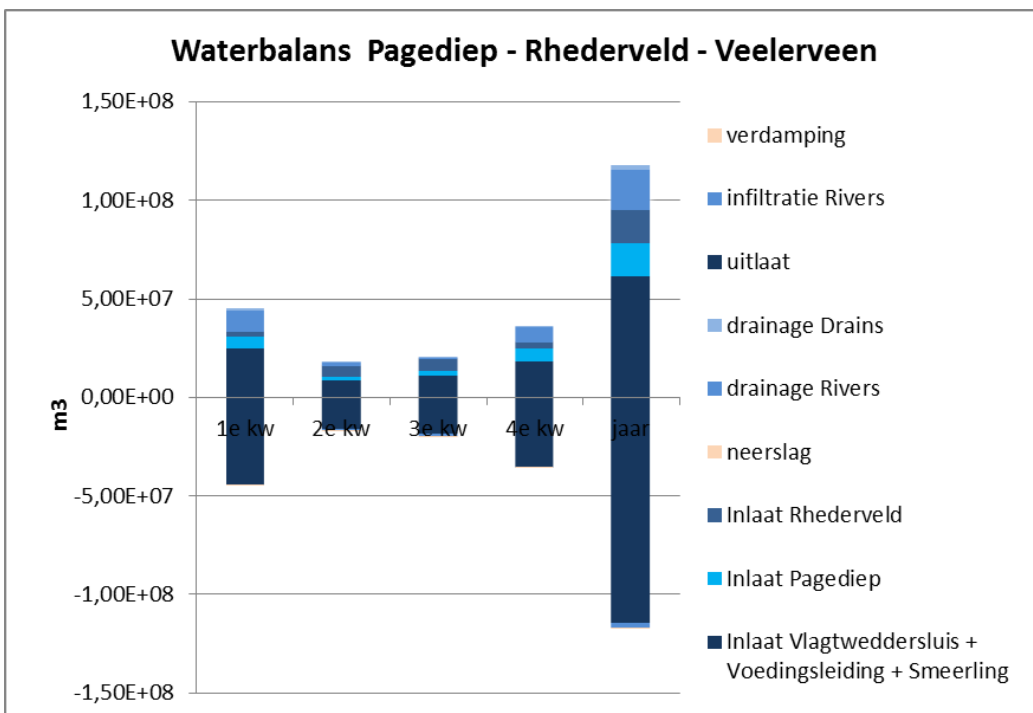
Figuur 14 Waterbalans per kwartaal er totaal voor systeem Ter Apel – Voedingsleiding. Water het systeem in wordt positief weergegeven, het systeem uit is negatief. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

In Figuur 15 is de balans per kwartaal en per jaar visueel weergegeven voor het systeem Terapeler Sluis – Vlagtweaddersluis. Ten opzichte van de eerdere systemen is hier heel duidelijk te zien dat er in de zomer voornamelijk inlaat plaatsvindt en in de winter voornamelijk uitlaat. Ook is de verhouding infiltratie / drainage wat meer volgens de verwachting; infiltratie in de zomer, drainage in de winter. De sluitpost van de systeem is in alle kwartalen groter dan in de eerder besproken systemen, gemiddeld is deze 23% van de totale aanvoer. In de zomer is de sluitpost negatief (berging en een onderschatting van de hoeveelheid infiltratie), in de winter juist positief (onderschatting van de inlaat of drainage). Het blijkt dat het systeem T. Sluis – Vlagtweaddersluis vooral in de winter een sterk drainerende werking heeft.

In Figuur 16 is de balans per kwartaal en per jaar visueel weergegeven voor het systeem Pagediep – Rhederveld – Veelerveen. Ten opzichte van de eerdere systemen vinden we een erg hoge uitlaat. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door het niet correcte meten van debieten door stuw Veelerveen. Een twee demogelijkheid is relatief veel kwel vanuit het Pagediep. De sluitpost is 0 in alle kwartalen, dit is gevolg van de gekozen aanpak waarbij het Rhederveld en Pagediep als stelpost opgenomen zijn. Hier is door Waterschap Hunze en Aa's nader onderzoek naar ingesteld.



Figuur 15 Waterbalans per kwartaal er totaal voor systeem T. Sluis – Vlagtweddersluis. Water het systeem in wordt positief weergegeven, het systeem uit is negatief. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.



Figuur 16 Waterbalans per kwartaal er totaal systeem Pagediep – Rhederveld – Veelerveen. Water het systeem in wordt positief weergegeven, het systeem uit is negatief. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

### 3.1.4 CONCLUSIE

Uit de foutenanalyse blijkt dat de sluitpost uit diverse foutentermen en een bergingsverandering bestaat. De totale sluitpost op de jaarbalans is erg klein; de gebruikte methodiek kan goed gebruikt worden om jaarbalansen op te stellen. De sluitposten van de kwartaalbalansen zijn een stuk groter. Gezien de kwaliteit van de schematisatie en kalibratie van het oppervlaktewater in het regionale model MIPWA, zal de grootste fout waarschijnlijk gemaakt worden in de berekening van de infiltratie en drainage. Naar verwachting is deze fout groter dan de fout die gemaakt wordt bij in- en uitlaatmetingen.

Op basis van de aanname dat de overige meetgegevens voldoende betrouwbaar zijn kan gesteld worden dat de kwartaalmodule van MIPWA de infiltratie van de waterlopen vooral in de zomer onderschat. Dit lijkt vooral het geval te zijn in kwartaal 2: de sluitposten zijn hier (bijna) allen negatief en gemiddeld het grootst. De totale inlaat is zeer groot en bestaat globaal uit inlaat en drainage. De totale uitlaat is veel kleiner.

De oorzaak van deze fout ligt waarschijnlijk grotendeels in de gekozen berekeningsmethodiek. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de kwartaal module (semi-stationaire berekening) van het regionale MIPWA model. Dit model berekend gemiddelde grondwaterstanden per kwartaal.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van gemiddelde (langjarige) onttrekkings- en neerslagoverschotwaarden per kwartaal, daarnaast wordt gebruik gemaakt van zomer- en winterpeilen. De fout die gemaakt wordt zou eventueel gecontroleerd kunnen worden door de invoergegevens van het kwartaalmodel te analyseren. Het resultaat van de berekening is een gemiddeld drainage en infiltratie debiet per kwartaal. Nadeel van deze aanpak is dat de lokale temporele situatie in het systeem niet meegenomen wordt (berging en temporele resolutie van de tijdstappen).

Berekeningen met de niet stationaire module van MIPWA geven waarschijnlijk betere resultaten, omdat deze module wel dynamisch (tijdstappen per dag) de berging berekent. Daarnaast worden grondwaterstanden en afvoeren dagelijks berekend (op basis van dagelijkse invoergegevens) waardoor omslagpunten van het systeem zichtbaar worden. Echter dit zou wel gecombineerd moeten worden met debiet- en waterkwaliteitsgegevens met dezelfde temporele resolutie. Daarnaast is het aan te bevelen het MIPWA model eerst met behulp van grondwaterstandsgegevens te kalibreren op het studiegebied.

Een tweede mogelijke (grote) foutenbron betreft de temporele grenzen van de deelstroomgebieden. Ook hier geldt dat de omslag van winterdeelstroomgebieden naar zomerdeelstroomgebieden (en andersom) waarschijnlijk niet precies op de kwartaalgrens valt waardoor fouten geïntroduceerd worden. Hierdoor is het mogelijk dat in de zomerkwartalen drainage te hoog ingeschat wordt (er wordt immers nog een stukje “winter” meegepakt in de zomer) en in de winterkwartalen wordt infiltratie juist te hoog ingeschat (er wordt nog een stukje “zomer” meegepakt).

Tenslotte is de totale sluitpost van het gehele systeem behoorlijk klein wat in een aantal deelsystemen (Systemen Pagediep Rhederveld – Veelerveen en Ter Apel – Voedingsleiding) verklaard wordt door het fitten van onbekende posten, in deelsystemen waar dit niet het geval is (T. Sluis – Vlagtweddersluis en Jipsingboermussel en Smeerling) geeft dit een vermoeden van een behoorlijk hoge kwaliteit van de waterbalansen.

## 3.2 STOFFENBALANS

### 3.2.1 GEGEVENS EN AAN EN AFVOER POSTEN

Hieronder staan de posten die meegenomen zijn op de stoffenbalansen op een rijtje.

P en N komen het systeem in via:

- Neerslag;
- Drainage naar watergangen (landbouw beïnvloed);
- Inlaat bij Jipsingboermussel, ter Apel en Terapelersluis;
- Inlaatwater vanuit RWZI Ter Apel;
- Sluitpost.

N en P verlaten het systeem via:

- Infiltratie vanuit watergangen;
- Uitlaat bij Veelerveen;
- Meander Ruiten Aa;
- Sluitpost.

Voor het opstellen van de stoffenbalans is gebruik gemaakt van verschillende gegevens.

De volgende gegevens zijn gebruikt:

- Aanname voor de concentratie P en N in;
- Meetpunten aangeleverd door waterschap Hunze en Aa's. Hierbij is onderscheid te maken in:
  - Meetpunten bij in- en uitlaat punten;
  - Meetpunten in het hoofdsysteem;
  - Landbouwmeetpunten in secundaire watergangen;
  - Een meetpunt bij het RWZI;
- Kentallen voor kwaliteit landbouw;
- LGN en bodemkaart van Nederland 1:50000.

### 3.2.2 METHODE / UITGANGSPUNTEN

#### *Methoden en kwaliteitskwalificatie per post*

##### *Neerslag*

- Neerslag. Hiervoor geldt kwaliteitsclassificatie E, er zijn geen metingen gedaan. Er is gebruik gemaakt van één aanname. Omdat neerslag een heel klein aandeel heeft in de totale stoffenbalans beïnvloed deze classificatie de totale classificatie nagenoeg niet;
- Er wordt gerekend met de volgende concentraties N en P in neerslag: 0,0024 mg N /l en 0,000057 mg P/l. (Stolk, 2001). Deze concentratie wordt met behulp van de berekende hoeveelheid neerslag omgerekend naar een belasting in g/ m<sup>2</sup>.

##### *Inlaat / uitlaat*

Om de hoeveelheid stikstof en fosfaat te bepalen die het systeem inkomt en verlaat wordt gebruik gemaakt van meetpunt vlak voor of na een in- of uitlaatpunt. Met behulp van alle beschikbare meetpunten (maandelijke metingen in de periode 2000 – 2011) wordt een gemiddelde concentratie per kwartaal bepaald. Deze concentratie wordt vermenigvuldigd met het debiet in- of uit om de vracht per kwartaal te bepalen. De volgende meetpunten zijn gebruikt voor de verschillende deelgebieden:

- Jipsingboermussel - Smeerling: inlaat meetpunt 1271, uitlaat meetpunt 1210;
- Ter Apel – Voedingsleiding: inlaat meetpunt 1215, uitlaat (Hermeander en Voedingsleiding) meetpunt 1218;
- Terapelersluis – Vlagtweddersluis: inlaat meetpunt 1266, uitlaat meetpunt 1207;
- Pagediep – Rhederveld – Veelerveen: inlaat respectievelijk meetpunt 1210 en 1291, uitlaat meetpunt 1104.

- Omdat alleen gebruik is gemaakt van metingen, op een beperkt aantal locaties geldt kwaliteitsclassificatie B.

#### *Drainage / infiltratie*

- De hoeveelheid stikstof die het waterbalans systeem verlaat via infiltratie wordt bepaald op basis van representatieve meetpunten in het gebied. De berekeningswijze is hetzelfde als bij "inlaat/uitlaat". De representatieve uitlaat meetpunten zijn ook gebruikt voor het bepalen van de infiltratievracht;
- De hoeveelheid stikstof die via drainage in het systeem komt wordt berekend met behulp van de kentallen weergegeven in Bijlage 4. Met behulp van het LGN en de Bodemkaart is bepaald hoe groot de arealen van verschillende landgebruiken op verschillende bodemtypes zijn. Hiermee is de jaarlijkse vracht per deelgebied bepaald. Deze vracht is tenslotte debietproportioneel over de verschillende kwartalen verdeeld, in kwartalen waarin relatief veel drainage is, is de vracht vanuit landbouw ook relatief groter.
- Infiltratie vanuit de waterlopen is gebaseerd op een beperkt aantal metingen, daarom geldt kwaliteitsclassificatie B;
- De drainage naar de waterlopen is ingeschat op basis van kentallen, er geldt kwaliteitsclassificatie E;

#### *Overige posten*

- RWZI Ter Apel, meetpunt waarbij de vracht en het debiet is gemeten;
- RWZI meetpunt, B.

Als alle posten berekend zijn wordt per deelgebied de balans als volgt opgesteld:

**In: Neerslag + Inlaat + drainage (watergang + buizen) + RWZI – uitlaat – infiltratie watergang = sluitpost (bestaat uit berging + fout)**

Nb. Verdamping wordt hier niet meegenomen omdat er geen P en N niet verdampen.

#### *Afwenteling en sluitpost*

Bij de bespreking van de resultaten wordt gebruik gemaakt van de termen sluitpost en afwenteling. Sluitpost is de post die nodig is om de balans kloppend te krijgen. Wanneer deze negatief is, betekent dat dat er alle in- en uitposten in ogenschouw genomen meer het systeem in komt dan er uit gaat. De sluitpost zegt vooral iets over de balans. Het is de optelsom van posten die niet meegenomen zijn (bijvoorbeeld berging in het systeem of denitrificatie) en van fouten die er in de balans gemaakt zijn. Alleen in het ideale geval is de sluitpost puur de verzameling van niet in de balans meegenomen posten en zegt het ook één op één iets over het watersysteem.

De afwenteling is het verschil tussen de vrachten die via de uitlaat het systeem verlaten en via de inlaat het systeem inkomen. Er wordt dus niet gekeken naar de processen die optreden tussen in- en uitlaat. De afwenteling is een maat voor de vracht die vanuit het balansgebied naar benedenstrooms afgevoerd wordt. Als er totaal meer vracht het systeem in gaat dan er uit komt (sluitpost is dus negatief) kan het toch zo zijn dat er afwenteling optreedt bijvoorbeeld doordat de concentraties in het uitlaatwater hoger zijn dan in het inlaatwater.

### 3.2.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE EN CONCLUSIE

#### *Resultaten*

##### *Hele systeem*

In Tabel 3 is de stoffenbalans van het gehele systeem weergegeven in kg, g/ m<sup>2</sup> en percentages per jaar. In deze balans zijn Jipsingboermussel, T.Sluis, Ter Apel het Rhederveld en het Pagediep als inlaten beschouwd, als uitlaat zijn Veelerveen en de hermeander Ruiten Aa opgenomen. De totale sluitpost in de balans is negatief, wat betekent dat er meer stoffen het systeem ingaan dan er uittreden. Uit Tabel 3 blijkt

dat de landbouwemissies een zeer groot aandeel (69% en 78%) hebben in de totale aanvoer van stoffen. Dit betekent dat dit een zeer gevoelige parameter is. Het aandeel per bron is berekend op basis van de belasting. Normaalgesproken is er geen verschil tussen de berekening met vracht of belasting. Dat is hier niet het geval omdat in aan- en afvoersituaties het oppervlak verschillend is (Figuur 4).

In de Figuur 17 tot en met Figuur 24 zijn de P en N balansen per deelsysteem weergegeven. Een positieve waarde geeft een post het systeem in, een negatieve waarde is een post het systeem uit. N.B. tabellen van alle stoffenbalansen zijn opgenomen in Bijlage 2

In / uit	Posten	Vrachten (kg/jaar)		Belasting (g/m <sup>2</sup> )		Aandeel bron (%)	
		Ntot	Ptot	Ntot	Ptot	Ntot	Ptot
In	Neerslag	0	0	0	0	0	0
In	Inlaat	222424	7430	1963	68	21	27
In	Drainage (vanuit landbouw en natuur)	916414	22042	7236	170	78	69
In	Nalevering	-	426	-	0,5	-	0
In	RWZI	13031	2210	49	8	1	3
Uit	Uitlaat	627509	20915	4695	166	65	83
Uit	Infiltratie	47981	2112	2493	35	35	17
Uit	Sluitpost	476380	9082	2061	45	22*	18*
	Netto	0	0	0	0		

\* Ten opzichte van de totale invoer

Tabel 3 stoffenbalans kanalsysteem Westerwolde

#### Jipsingboermussel – Smeerling

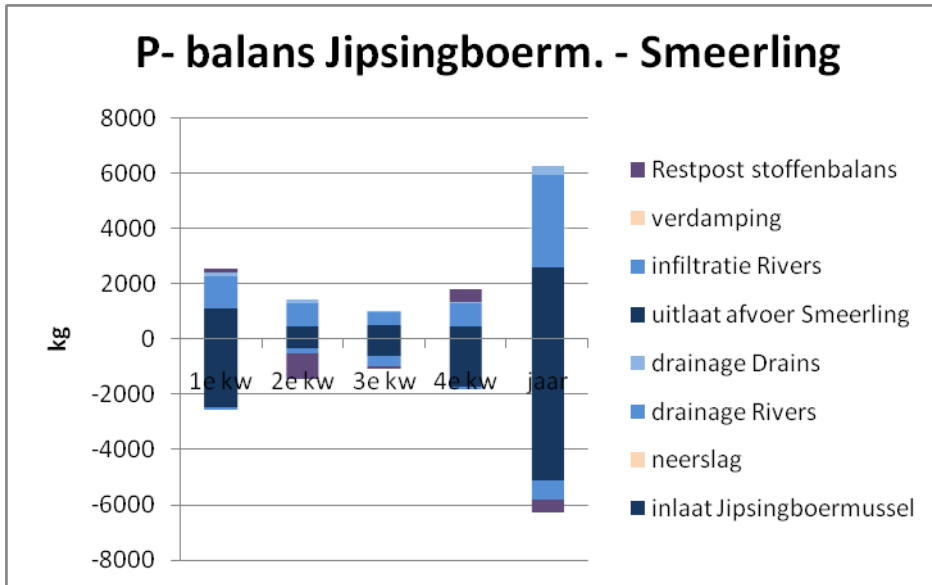
Uit Figuur 17 en Figuur 18 blijkt dat er op jaarbasis voor zowel N als voor P een grotere vracht het watersysteem inkomt dan dat er uitgaat, waardoor de sluitpost (negatief) vrij groot is. De sluitpost kan uit verschillende posten bestaan:

- Processen die optreden in het oppervlaktewater (bijvoorbeeld denitrificatie) worden niet meegenomen in de balans maar kunnen wel een grote rol spelen;
- Er kan netto ophoping optreden;
- Er worden fouten gemaakt in zowel de stoffen- als waterbalans, de fouten die gemaakt worden in de waterbalans (zie §2.1.4) propageren in de stoffenbalans. Als bijvoorbeeld de drainage overschat wordt, komen er ook meer stoffen het systeem in.

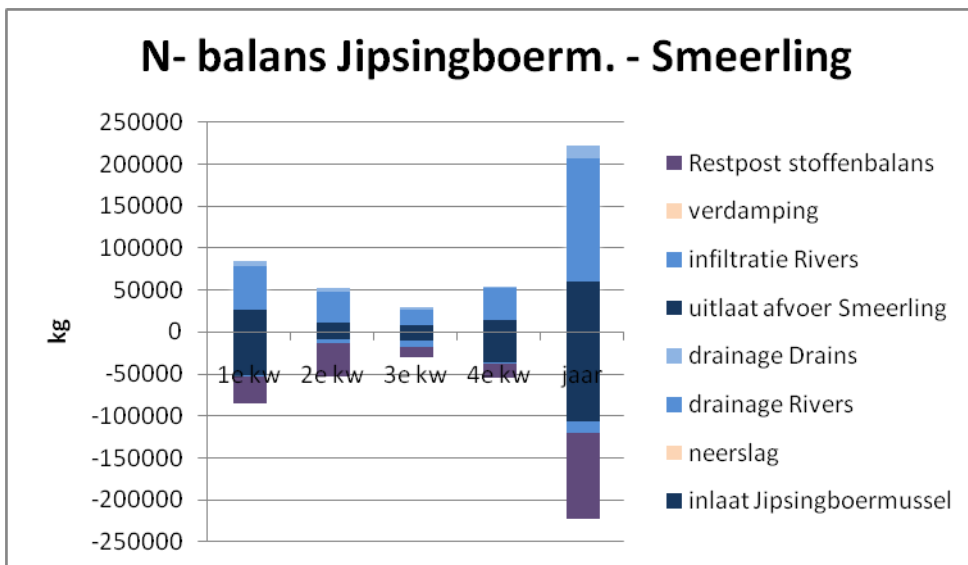
De berekende belasting verschilt per kwartalen voor beide stoffen. P wordt in de zomer aangevoerd terwijl het in de winter juist wordt afgevoerd. N wordt jaarrond aangevoerd. Ook de grootte van de sluitpost verschilt sterk tussen de kwartalen en de stoffen. Voor P is de sluitpost 5%, -66%, -10% en 32% (ten opzichte van de totale invoer) gedurende het jaar. Voor N is de sluitpost -37%, -75%, -43% en -32% (ten opzichte van de totale invoer) gedurende het jaar.

De landbouw levert in het systeem Jipsingboermussel – Smeerling een groot deel van de totale vrachten. Doordat de landbouwemissies debietproportioneel zijn ingeschat, is de invloed van de landbouw in de zomer erg klein. Dit komt ook overeen met de werkelijkheid: uit- en afspoeling is vooral in het voor- en najaar groot.





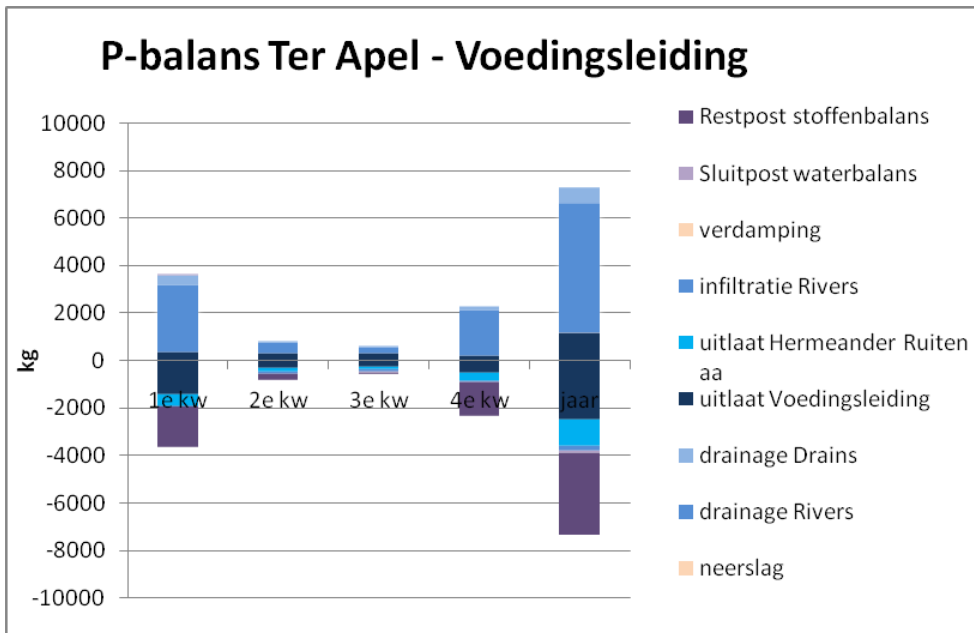
Figuur 17 P-balans per kwartaal en totaal voor systeem Jipsingboermussel – Smeerling P het systeem in wordt positief weergegeven P het systeem uit is negatief. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.



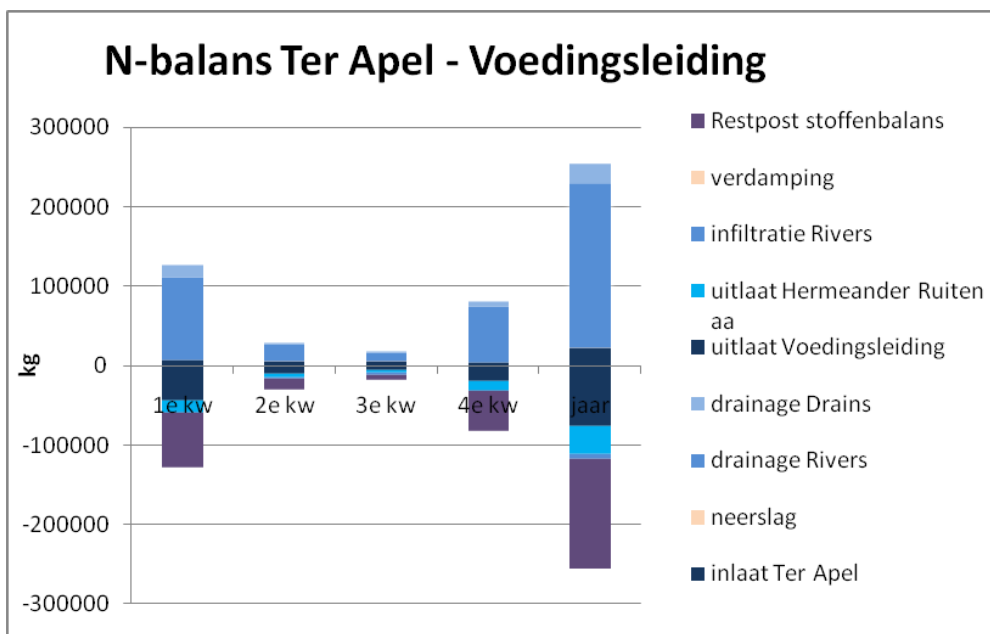
Figuur 18 N-balans per kwartaal en totaal voor systeem Jipsingboermussel – Smeerling. N systeem in wordt positief weergegeven N het systeem uit is negatief. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

Over het geheel genomen komt er meer vracht het systeem in dan er uit gaat. Echter, de vracht die door de uitlaat het gebied verlaat is wel groter dan de vracht die door de inlaat het gebied binnenkomt. Het debiet en de concentraties zijn bij de uitlaat hoger dan bij de inlaat. Er vindt dus afwenteling plaats. Voor zowel P als voor N vind afwenteling vooral plaats in de winter (>90%), zie bijlage 3).

Ter Apel – Voedingsleiding



Figuur 19 P-balans per kwartaal en totaal voor systeem Ter Apel - Voedingsleiding. P het systeem in wordt positief weergegeven, P het systeem uit is negatief. Uitleg over de opbouw van de sluitpost is te vinden op pagina 34. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.



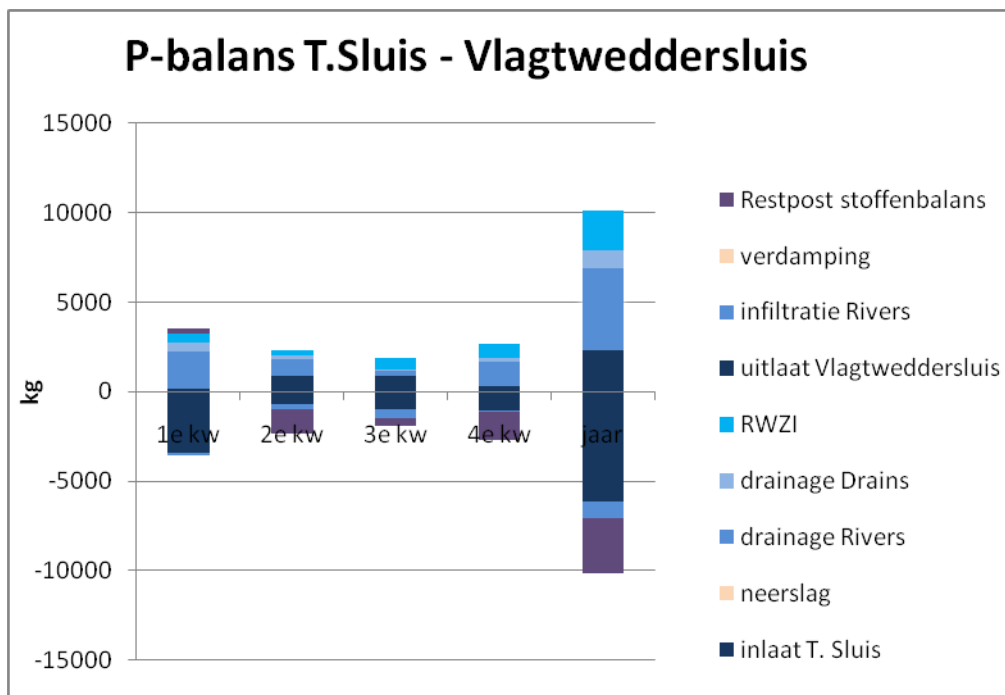
Figuur 20 N-balans per kwartaal en totaal voor systeem Ter Apel - Voedingsleiding. N het systeem in wordt positief weergegeven, N het systeem uit is negatief. Uitleg over de opbouw van de sluitpost is te vinden op pagina 34. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

Figuur 19 en Figuur 20 geven de P-balans en de N-balans van systeem Ter Apel – Voedingsleiding. Een belangrijk verschil ten opzichte van Jipsingboermussel-Smeerling is dat de sluitpost voor P in alle kwartalen negatief is: er vindt meer aanvoer plaats dan dat er afvoer plaatsvindt. De verschillen tussen de stoffen zijn kleiner, de sluitposten zijn per kwartaal vergelijkbaar qua grootte en zijn gemiddeld -41% en -50% voor P en N respectievelijk. Het grootste deel van de stoffen wordt aangevoerd via drainage en komt dus vanuit de landbouw. Hoewel over het geheel genomen meer stoffen het systeem in komen dan uitgaan, wordt een deel van de stoffen ook afgevoerd naar benedenstrooms. In een deel van het jaar is de vracht die het systeem inkomt via de inlaat kleiner dan de vracht die het systeem via de uitlaat verlaat. Deze afwenteling vindt voor 91% in de winter plaats.

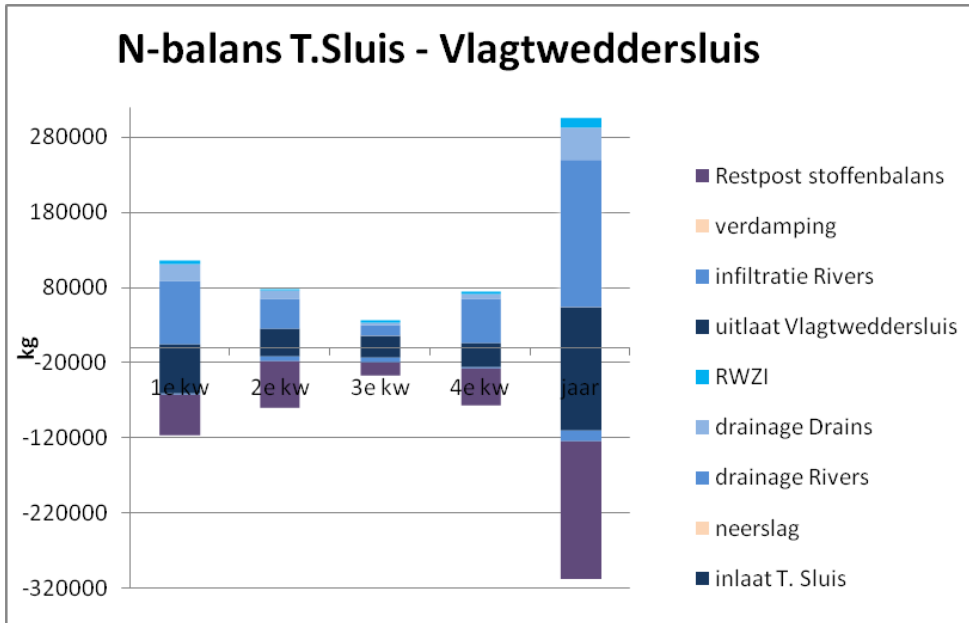
#### T.Sluis -Vlagtweddersluis

In Figuur 21 en Figuur 22 is de P en N balans voor het systeem T.Sluis -Vlagtweddersluis weergegeven. De sluitpost is in het gehele jaar negatief. Er zijn duidelijke verschillen te zien in groottes van sluitposten voor de stoffen onderling: voor P is de sluitpost in het 2<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> kwartaal groot, voor N vooral in het 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> kwartaal. Ook is de sluitpost voor N aanzienlijk groter dan die voor P (gemiddeld -59% en -30% respectievelijk).

Landbouw levert een groot aandeel van de totale vracht, echter een deel verdwijnt ook weer uit het systeem doordat de uitlaat vaak een hogere concentratie en debiet heeft dan de inlaat. Deze afwenteling vindt voor 86% in de winter plaats. RWZI Vriescheloo is niet meegenomen in deze balans omdat deze zich benedenstrooms/noordelijk van stuw Veelerveen bevindt.



Figuur 21 P-balans per kwartaal en totaal voor systeem T.Sluis Vlagtweddersluis. P het systeem in wordt positief weergegeven, P het systeem uit is negatief. Uitleg over de opbouw van de sluitpost is te vinden op pagina 34. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

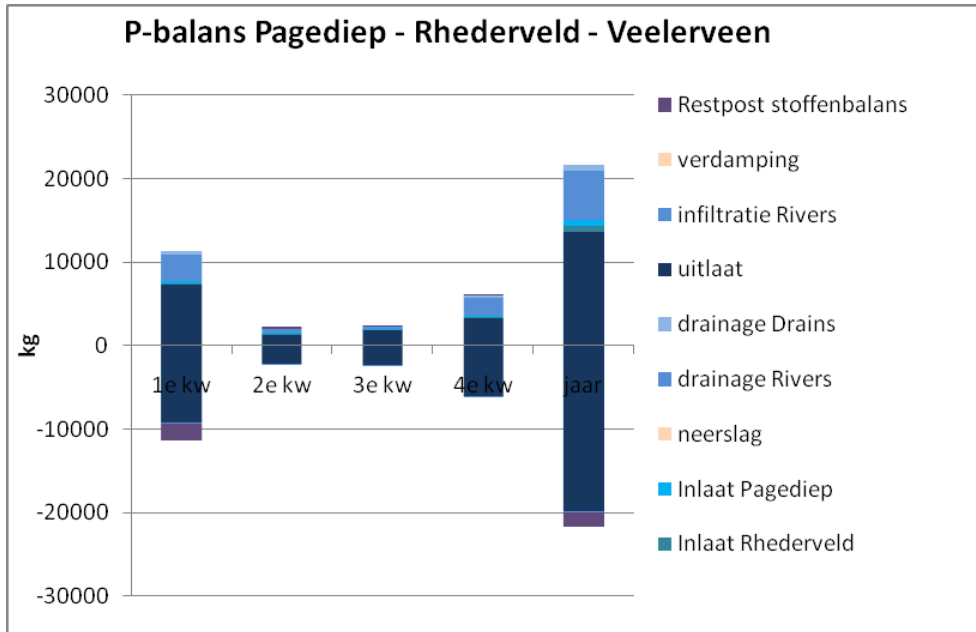


Figuur 22 N-balans per kwartaal en totaal voor systeem T.Sluis Vlagtweddersluis. N het systeem in wordt positief weergegeven, N het systeem uit is negatief. Uitleg over de opbouw van de sluitpost is te vinden op pagina 34. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

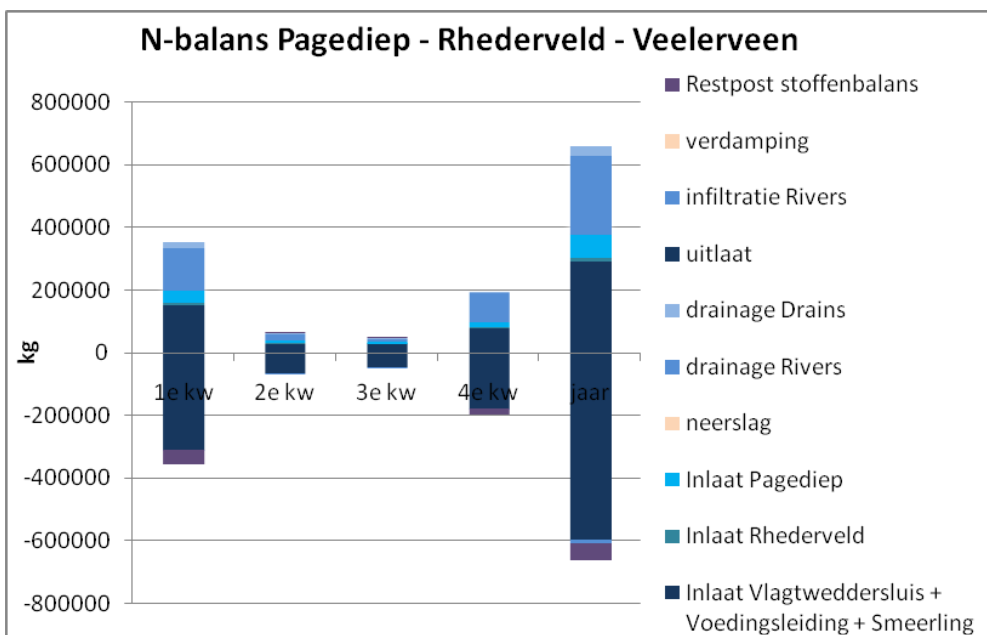
#### Pagediep-Rhederveld – Veelerveen

In Figuur 23 en Figuur 24 is de P en N balans voor het systeem Pagediep-Rhederveld – Veelerveen weergegeven. De restpost is in het 1e kwartaal positief, er gaat meer P het systeem uit dan dat erin komt. De overige drie kwartalen geven een (zeer kleine) negatieve restpost: er vind berging plaats in het systeem of de sluitpost bestaat geheel uit fouten. De netto restpost is positief, de sluitpost van het eerste kwartaal is groter dan dat van alle overige drie kwartalen samen.

De sluitposten voor beide stoffen zijn nagenoeg gelijk qua grootte. Vooral in de winter zijn de vrachten bij de uitlaat hoger dan bij de inlaat wat betekent dat er afwenteling plaatsvindt naar benedenstrooms.



Figuur 23 P-balans per kwartaal en totaal voor systeem Pagediep – Rhederveld – Veelerveen. P het systeem in wordt positief weergegeven, P het systeem uit is negatief. Uitleg over de opbouw van de sluitpost is te vinden op pagina 34. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.



Figuur 24 N-balans per kwartaal en totaal voor systeem Pagediep – Rhederveld – Veelerveen. N het systeem in wordt positief weergegeven, N het systeem uit is negatief. Uitleg over de opbouw van de sluitpost is te vinden op pagina 34. N.b. de volgorde van de posten in de legenda komt niet overeen met de volgende posten in de figuur. Bijvoorbeeld drainage is uit-/afspoeling van water naar het kanaal en altijd positief. Infiltratie gaat vanuit het kanaal de bodem in en is altijd negatief.

### Discussie

Uit de figuren van de stoffenbalansen per kwartaal blijken behoorlijke verschillen tussen de verschillende stoffen. Ook valt op dat de sluitpost van water- en stofbalans niet altijd overeen komen. De grootte verschilt sterk en soms gaat er meer water het systeem in dan uit terwijl er bijvoorbeeld meer P het systeem uit gaat dan in komt of andersom. Blijkbaar spelen de processen die invloed hebben op de concentraties N en P een grote rol.

De totale sluitpost in de balans is negatief (er gaat balans technisch te weinig het systeem uit of er komt te veel in) en vrij groot, respectievelijk 22% en 18% voor N en P. De sluitpost bestaat zoals eerder genoemd uit 2 hoofdgroepen die in verschillende posten onder te verdelen is:

- Fouten in invoergegevens die je wel meeneemt in de balans:
  - Fouten die propageren vanuit de waterbalans, zie ook de beschrijving van de fouten van de waterbalans;
  - Fouten vanuit de aangenomen kentallen uitspoeling;
  - Meetfouten;
- Invoergegevens die je niet meeneemt:
  - Diverse processen die optreden zoals denitrificatie, bezinking, opwerveling, binding aan bodemdeeltjes en nalevering;
  - Posten die niet meegenomen zijn in de balans zoals bijvoorbeeld depositie en de lozing van de AVEBE.

Naast de fout (van minimaal 1%) vanuit de waterbalans spelen naar verwachting de aangenomen kentallen een grote rol in de sluitpost. Dit heeft drie redenen:

- Ondanks dat de kentallen zijn uitgesplitst naar grondsoort en landgebruiktype vormen ze toch de meest onzekere parameter.
- Uit Tabel 2 blijkt dat de landbouwemissie een zeer groot aandeel (69% en 78%) hebben in de totale aanvoer van stoffen.
- De kentallen zijn samen met de berekende MIPWA debieten omgerekend naar vrachten. Uit de discussie van de waterbalans blijkt dat vooral de drainage- (en infiltratie) debieten erg onzeker zijn, wat betekent dat de grootste fout vanuit de waterbalans waarschijnlijk ook propageert in de berekende uit- en afspoeling vanuit de landbouw.

Om de gebruikte kentallen te verifiëren zijn deze op twee manieren vergeleken met andere bronnen. Ten eerste is er een vergelijking gemaakt met de oppervlaktewaterbelasting vanuit uit- en afspoeling via landbouw uit de emissieregistratie (zie ook Bijlage 6). Hieruit blijken de vrachten uit de emissieregistratie voor N ongeveer 70% lager uit te vallen en voor P ongeveer 30% lager uit te vallen.

Naast de vergelijking met de emissieregistratie is ook een vergelijking gemaakt met door het waterschap aangeleverde meetpunten welke alleen beïnvloed worden door landbouw. Ook hieruit blijkt dat gemeten concentraties gemiddelde ongeveer 50% lager uitvallen dan de aangenomen kentallen (zie ook Bijlage 4).

Uit bovenstaande blijkt dat de kentallen de werkelijkheid waarschijnlijk behoorlijk overschatten, waardoor er te veel ophoping berekend wordt. Dit blijkt ook uit de slibanalyses; er worden geen dikke sliblagen op de waterbodem gevonden. Door de gebruikte kentallen te vermenigvuldigen met 0,5 en 0,3 voor respectievelijk P en N wordt een indicatie verkregen van een mogelijk realistischer stoffenbalans. De omrekenfactoren zijn gebaseerd op:

- De omrekenfactor voor N wordt verkregen uit de verhouding tussen de vrachten berekend uit de emissieregistratie en de vrachten berekend in de stoffenbalans. Deze verhouding is 70%, de vracht zal dus vermenigvuldigd worden met 0,3;

- De omrekenfactor voor P wordt verkregen uit de verhouding tussen de concentraties van de door het waterschap aangeleverde landbouwmeetpunten en concentraties berekend in de stoffenbalans. Deze verhouding is 50%, de vracht zal dus vermenigvuldigd worden met 0,5.

Zowel bij P als bij N slaat het teken van de sluitpost om en wordt deze respectievelijk 25% en 72%. In Tabel 4 is de resulterende stoffenbalans weergegeven. Er is nu dus niet meer te veel aanvoer om de balans kloppend te krijgen, maar te weinig (of teveel afvoer van stoffen). Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat de landbouwkentallen nu te laag ingeschat zijn, of dat er opwerveling optreedt. Maar het zou ook kunnen dat de vracht die het systeem verlaat te hoog is.

Waarschijnlijk ligt de werkelijkheid ergens in het midden. Toch is de vergelijking tussen Tabel 3 en Tabel 4 interessant: onzekerheden in de stoffenbalans kunnen behoorlijk verschillende stoffenbalansen laten zien. Het blijkt dat een goede inschatting van de verschillende posten erg belangrijk is. 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. Daarnaast geldt ook hier dat een niet-stationair gekalibreerd MIPWA model tot betere resultaten in stoffenbalans kan leiden, immers de fout vanuit de waterbalans wordt kleiner waardoor de fout vanuit de stoffenbalans ook automatisch kleiner wordt.

Omdat de afwenteling (Bijlage 3) alleen berekend is op de in- en uitlaat verandert deze niet bij aanpassingen van de kentallen. Het systeem wentelt met name in de winter af.

Afwenteling van P vanuit het Westerwolde systeem wordt naar verwachting vooral bepaald door emissies vanuit landbouw en natuur. Deze emissies zullen deels direct met het water het systeem verlaten. Deels zullen ze zich ophopen in de waterbodem. Via erosie en nalevering kan een deel van het in de waterbodem opgehoopte P vertraagd afwentelen. Een deel zal door baggeren of begraving ook niet meer beschikbaar komen in de waterfase.

#### Conclusie

Uit de jaarlijkse balansen van de verschillende eenheden kan geconcludeerd worden dat er op jaarbasis altijd netto ophoping van fosfor plaatsvindt in de waterlopen (negatieve balans). Uit de slibanalyse lijkt dit niet heel waarschijnlijk. Immers er wordt niet op erg grote schaal gebaggerd en daarbij zijn de aanwezige sliblagen zijn niet heel dik. Er kan gesteld worden dat de landbouwemissies naar verwachting de grootste foutenbron zijn en behoorlijk overschat worden. De grootte van de overschatting is niet bekend, echter omdat er geen significante nalevering maar wel afwenteling plaatsvindt zal de fout waarschijnlijk niet veel groter dan de sluitpost zijn.

In / uit	Posten	Vrachten (kg/jaar)		Belasting (g/m <sup>2</sup> )		Aandeel bron (%)	
		Ntot	Ptot	Ntot	Ptot	Ntot	Ptot
In	Neerslag (op open water)	0	0	0	0	0	0
In	Inlaat	222424	7430	1963	68	47	42
In	Drainage (vanuit landbouw en natuur)	274924	11021	2171	85	52	53
In	Nalevering	-	426	-	0,5	-	0
In	Sluitpost	165110	2366	3004	40	72*	25*
In	RWZI	13031	2210	49	8	1	3
Uit	Uitlaat	627509	20915	4695	166	65	83
Uit	Infiltratie	47981	2112	2493	35	35	17
Uit	Sluitpost						
	Netto	0	0	0	0		

Tabel 4 Indicatieve weergave van de stoffenbalans na vermindering van de landbouwkentallen met 50% en 70% voor P en N respectievelijk .

### 3.3 GEMETEN WATERBODEMCONCENTRATIES

In Bijlage 5 zijn de locaties weergegeven waar bodemonderzoek is gedaan. Bij meetpunten 10 en 11 zijn ook concentratie gemeten in de sliblaag.

De P-concentratie is gemiddeld 0,34 g/kg ds en varieert van 0,06 tot 1,57 g/kg ds. Voor Fe is de gemiddelde concentratie 10,64 g/kg ds (van 1,78 tot 46,30 g/kg ds). Wanneer de P-concentratie in de bodem hoger ligt dan 1,360 g/kg en wanneer de verhouding P-totaal (g/kg) /Fe-totaal (g/kg) hoger is dan 0,055 wordt gesproken van een eutrofe waterbodem waaruit zeer waarschijnlijk P-nalevering plaatsvindt (dit is een indicatieve richtlijn). De verhouding P-totaal / Fe-totaal ligt alleen bij meetpunt 5 boven de 0,055 kg/kg (0,06) en bij meetpunt 15 vlak onder deze grens (0,053). Opvallend is dat dit juist de punten zijn vlak na de RWZI. Te zien is dat behalve op locatie 7 (1,57 g/kg) alle gemeten concentraties ruim onder deze 1,350 mg/kg P zitten. Er is waarschijnlijk geen sprake van significante nalevering Dit blijkt ook uit de naleveringsproeven van B-ware (Poelen *et. al.* 2011): de nalevering in Westerwolde is ongeveer 0,5 mg/m<sup>2</sup>/d.

### 3.4 INTERNE EN EXTERNE BELASTING

De naleveringsflux 0,5 mg/ m<sup>2</sup>/d (0,18 g/ m<sup>2</sup>/jaar) kan omgerekend worden naar een invoerpost op de balans in kg/kwartaal (gemiddelde 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.

### 3.5 AANBEVELINGEN

- Aanbevelingen: P ophopingsgetallen koppelen met inschattingen of metingen van baggeraanwas



- 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.
- Meer inzicht in processen die spelen bij P en N
- Berekeningen met de niet stationaire module van MIPWA geven waarschijnlijk betere resultaten, omdat deze module wel dynamisch (tijdstappen per dag) de berging berekent. Daarnaast worden grondwaterstanden en afvoeren dagelijks berekend (op basis van dagelijkse invoergegevens) waardoor omslagpunten van het systeem zichtbaar worden. Echter dit zou wel gecombineerd moeten worden met debiet- en waterkwaliteitsgegevens met dezelfde temporele resolutie.
- Daarnaast is het aan te bevelen het MIPWA model eerst met behulp van grondwaterstands gegevens te kalibreren op het studiegebied.



## 4

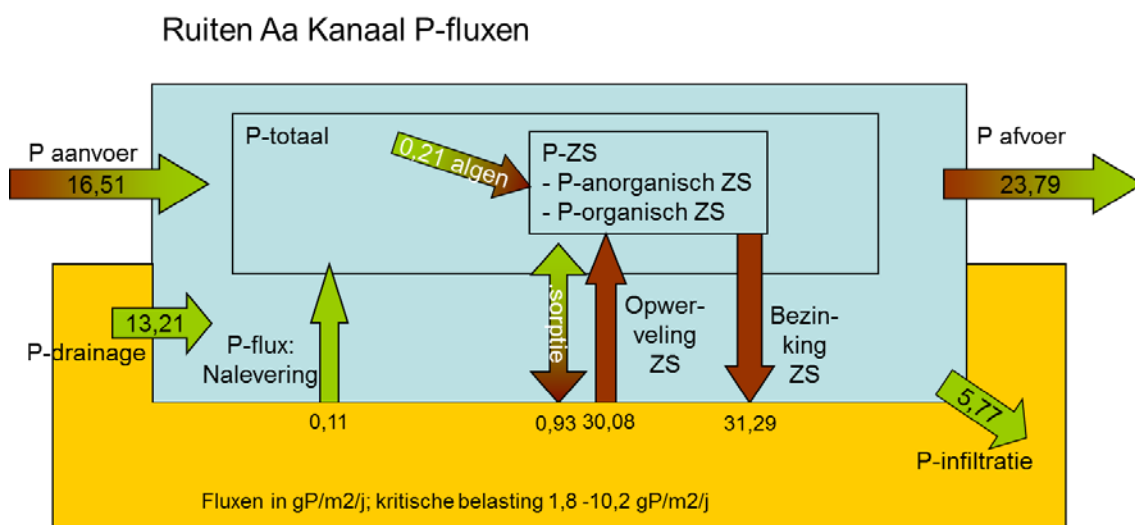
## Slibdiagnose

De slibdiagnose is uitgevoerd voor het ruiten Aa kanaal, dat is het traject van Terapeler Sluis naar Vlagtweddersluis.

Voor het uitvoeren van de slibdiagnose voor het systeem van het Ruiten Aa Kanaal zijn de P – en de N-balans aangepast. De originele balans gaf een te hoge belasting met sterk groeiende bodemvoorraad. De balans met aangepaste kentallen gaf juist een te lage belasting zodat de bodemvoorraad snel achteruit ging (vermenigvuldigingsfactoren 0,5 voor P en 0,3 voor N). Daarom is gezocht naar de vermenigvuldigingsfactor binnen die range die een stabiele bodembalans opleverde. Omdat in de bodemdiagnosetool voornamelijk gekeken wordt naar P, is dat als uitgangspunt genomen. Bij een vermenigvuldigingsfactor van 0,6 maal de originele landbouwkentallen was de P huishouding op orde. Dit is vastgesteld door P-balansen met verschillende factoren te vermenigvuldigen en deze in de Bodemdiagnosetool in te voeren. Vervolgens is de factor gekozen die een stabiele bodembalans opleverde. Dit was 0,6. Deze factor is dus toegepast.

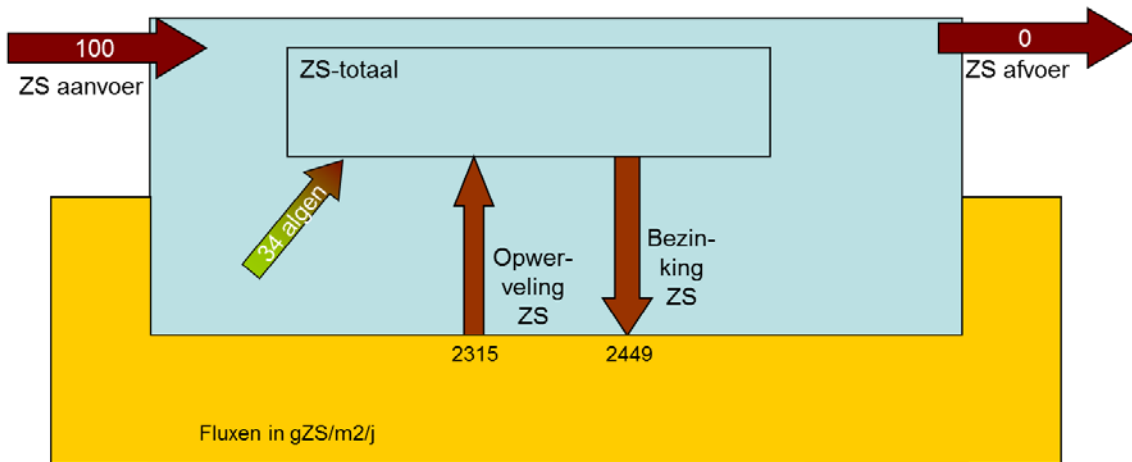
Om voor de N ook de juiste factor in te vinden, is er van uitgegaan dat de verhouding tussen de getallen gelijk moet zijn. P was oorspronkelijk vermenigvuldigd met een factor 0,5 en N met een factor 0,3. De verlaging was voor P 20% te veel, dus voor N moet de verlaging ook 20% minder. Dat resulteert in een factor van 0,56.

Uitvoering van de bodemdiagnose levert het P-flux plaatje dat te zien is in Figuur 25. 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 danook geen relevante fosforbron.



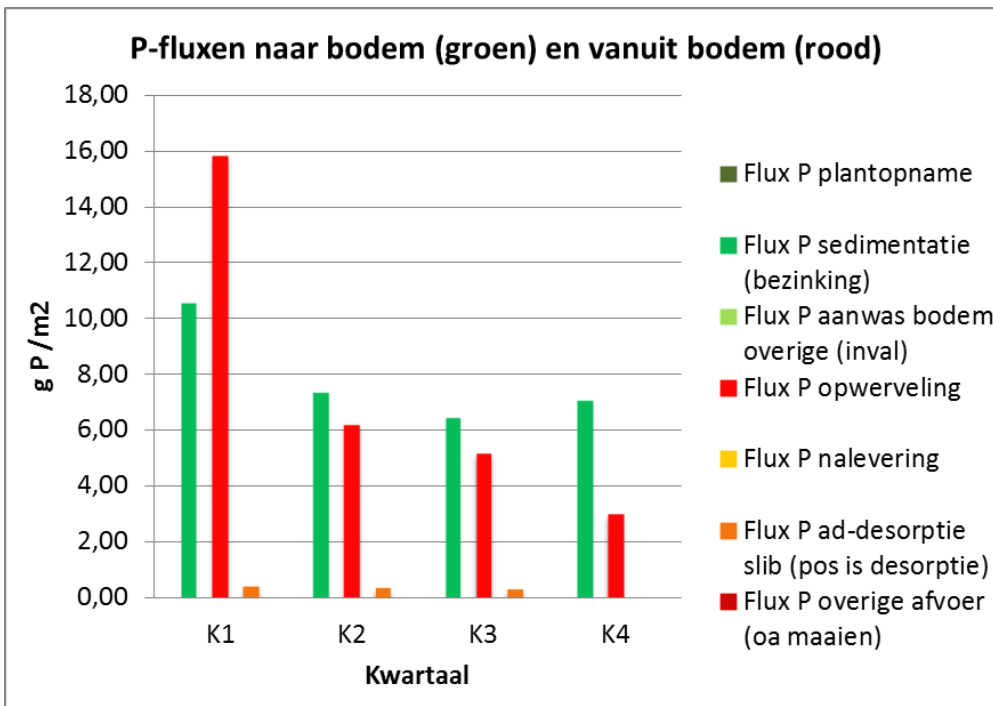
Figuur 25 P-fluxen

### Ruiten Aa Kanaal ZS-fluxen



Figuur 26 ZS - fluxen

Figuur 26 laat de zwevendstof fluxen zien. Omdat er voor het gebied geen zwevendstofbalans opgesteld is, is gekeken naar de vrachten zwevendstof die aan het begin van het systeem binnenkomen en aan het eind het systeem weer verlaten. Het meetpunt benedenstrooms waar zwevend stof beschikbaar is, ligt echter al ver benedenstrooms van de het Ruiten Aa Kanaal. Na de samenstroming met De Ruiten Aa en het Mussel Aa Kanaal. De vraag is dus of deze waarden representatief zijn. Aangenomen dat de concentratie in het benedenstroomse meetpunt vergelijkbaar is met de concentratie die het kanaal verlaat leveren de verkregen getallen niet echt een eenduidig beeld (netto aanvoer van -780, 148, -18 en -399 mgZS/kwartaal). Met deze getallen was de P-balans niet stabiel te krijgen, dus is er voor gekozen om de waarde zodanig aan te passen dat het systeem in balans is (-350, 100, 100, 250 mgZS/kwartaal).

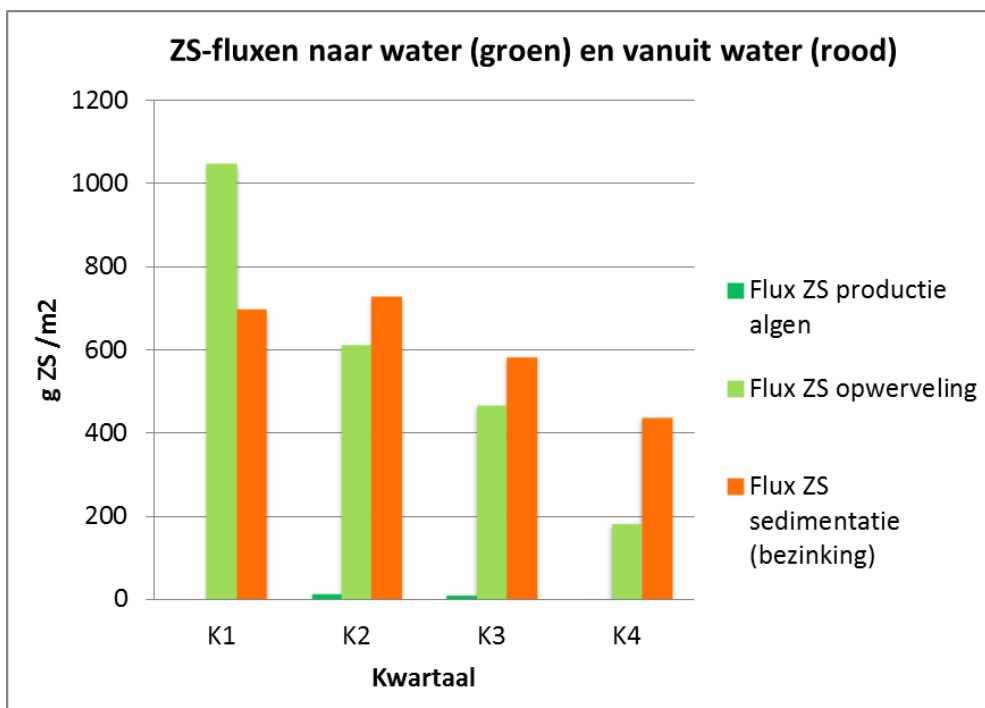


Figuur 27 P-fluxen naar en vanuit de bodem

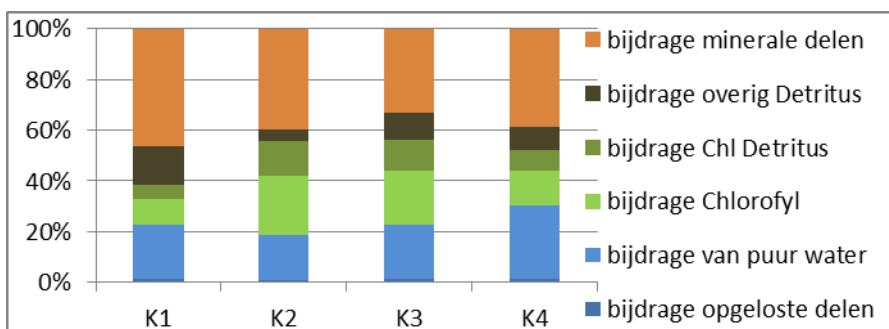
In Figuur 27 en Figuur 28 zijn de fluxen in een grafiek per kwartaal weergegeven. Opvallend is dat de fluxen in het eerste kwartaal het hoogste zijn en daarna ongeveer in dezelfde orde van grootte liggen of zelfs afnemen. Dit hangt samen met de zwevendstof concentraties in het systeem. Deze zijn in het begin van het jaar hoger dan later in het jaar. Ook de P-concentratie in het zwevendstof nemen af door het jaar heen.

Figuur 29 laat de bijdrage van de verschillende componenten aan de lichtuitdoving zien. In de zomer is de bijdrage van chlorofyl en chlorofyl detritus het grootst. In de winter dragen de minerale delen het meest bij.

Gezien de grote invloed van de aanvoer van stoffen van buiten het systeem is de nalevering in het systeem is verwaarloosbaar klein (zie Figuur 25 en Figuur 27). Dit is ook de reden dat de enige maatregel die naar voren komt als effectief in dit systeem het beperken van de externe belasting is.



Figuur 28 Zs- fluxen naar en vanuit de sliblaag



Figuur 29 Bijdrage van de verschillende componenten aan de lichtuitdoving

Maatlat	Huidige situatie		GEP
	KRW sheet gemeten	Bodemdiagnose berekend	
Macrofauna	0,51	0,50	0,6
Macrofyten	0,48	0,41	0,55
Vis	0,49	0,31	0,53
Fytoplankton	0,57	0,17	0,6
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) mg/l	0,13	0,20	0,15
Totaal stikstof (zomergemiddelde) mg/l	3,41	2,99	3,5
Doorzicht (zomergemiddeld) m	0,42	0,83	0,4

Tabel 5 EKR's op basis van factsheet en berekening.

In Tabel 5 worden de EKR's weergegeven vanuit de KRW factsheet tesamen met de berekend waarden vanuit de bodemdiagnose. EKR's uit de factsheet zijn bepaald op basis van ecologische waarnemingen in het hele kanalsysteem. De berekende EKR's zijn bepaald met ecologische kennisregels uit de KRW verkenner op basis van gegevens uit het beschouwde deelsysteem. Dit zorgt waarschijnlijk voor de onverwacht grote verschillen vooral bij fytoplankton en vis. Mogelijk heeft dit te maken met het toegekende KRW type M14 (ondiepe gebufferde plassen). Hierbij wordt uitgegaan van een minder stromend systeem, waarin onder deze omstandigheden hogere concentratie fytoplankton bereikt kunnen worden en het risico op zuurstofloosheid groter is waardoor de EKR voor vis lager is. Kennelijk worden in de rekenregels voor de ecologische toestand nog niet alle benodigde stuurparameters meegenomen om een systeem met extreem korte verblijftijd zoals het Ruiten Aa kanaal (1,5 dagen) goed te beschrijven. Dit leidt tot onwaarschijnlijke resultaten. Mogelijk is dit ook een gevolg van de zeer gevarieerde groep watersystemen geschaard onder het M14 type.

# 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 conclusies zijn gebaseerd op gegevens uit de periode 2000-2011. In deze periode was de verblijftijd in het systeem heel kort (1,5 dagen). Dit is van groot belang voor de processen in het systeem en het belang van de waterbodem.

De waterbalansen voor de verschillende deelsystemen laten zien dat de aan- en afvoer via de in- en uitlaatpunten belangrijk zijn en de aanvoer van water via drainage. In de winter domineren de aanvoer via drainage en de afvoer via het uitlaatpunt. In de zomer zijn in- en uitlaat het belangrijkste. Neerslag en verdamping vanaf open water spelen geen rol van betekenis op de balans en infiltratie is alleen enigszins van belang in de zomer.

Uit de stofbalansen van de verschillende deelsystemen blijkt dat over het jaar gezien ophoping van fosfor plaatsvindt in de waterlopen (negatieve balans). Gezien de fout die verwacht wordt op de aanvoer via landbouwemissies is het te betwijfelen of dit echt op grote schaal gebeurt. Na aanpassing van de balans voor het Ruiten Aa Kanaal treedt nog steeds ophoping op, maar dit is nu een fractie van de eerder berekende hoeveelheid. De berekende gemiddelde N retentie in het systeem is 35%. Dit is waarschijnlijk het gevolg van denitrificatie.

De externe belasting van fosfor in het Ruiten Aa Kanaal is 29,7 g P/m<sup>2</sup> (Figuur 25 Pin +Pdrainage)). Dit is aan de hoge kant. Voor kanaalsystemen zijn geen kritische belastingen afgeleid. Voor slootssystemen 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 Ruiten Aa Kanaal laat geen hoog risico zien voor nalevering. De naleveringsfluxen liggen in de orde van grootte van 0,11 gP/ m<sup>2</sup>/jaar. Vergeleken met de externe belasting is dit verwaarloosbaar.

In de Slibdiagnose is verder ingezoomd op de werking van het systeem. In het Ruiten Aa Kanaal liggen de zomergemiddelde concentraties van P en N op respectievelijk 0,24 mg P/l en 3,93 mg N/l (zie ook §3.2.2). Fosfor is voornamelijk gebonden aan het zwevend stof aanwezig. De chlorofylgehalten zijn laag (zomergemiddeld 31 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.

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 landbouw

gebieden een zeer effectieve maatregel zijn. Kwaliteitsbaggeren zal in dit systeem weinig effect hebben op de P belasting, want nalevering vanuit de bodem is van weinig belang. Er zijn wel 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.

Een gering bijdrage van nalevering aan de belasting van het systeem komt niet alleen naar voren uit de analyses, maar ook op basis van metingen blijkt de potentie voor nalevering gering (zie §3.3).

De toepassing van de bodemdiagnose tool helpt om inzicht te krijgen in het kanalsysteem. De berekende waarden voor de ecologische toestand zijn voor dit M14 type wel opvallend. Kennelijk worden in de rekenregels voor de ecologische toestand nog niet alle benodigde stuurparameters meegenomen om een systeem met extreem korte verblijftijd zoals het Ruiten Aa kanaal (1,5 dagen) goed te beschrijven

## 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 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.
- Berekeningen met de niet stationaire module van MIPWA geven waarschijnlijk betere resultaten, omdat deze module wel dynamisch (tijdstappen per dag) de berging berekent. Daarnaast worden grondwaterstanden en afvoeren dagelijks berekend (op basis van dagelijkse invoergegevens) waardoor omslagpunten van het systeem zichtbaar worden. Echter dit zou wel gecombineerd moeten worden met debiet- en waterkwaliteitsgegevens met dezelfde temporele resolutie.
- Het is aan te bevelen het MIPWA model eerst met behulp van grondwaterstands gegevens te kalibreren op het studiegebied.
- 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 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. Voor dit systeem zijn deze resultaten wellicht ook relevant omdat de EKR voor macrofyten nog niet voldoet aan de GEP (zie Tabel 5).

Voor de ecologische kennisregels in de bodemdiagnosetool (ontwikkeld voor de KRW verkenner) verdient het aanbeveling om resultaten voor M14 types met stroming nader te bekijken, en betrekken van meer stuurparameters te overwegen bij het bepalen van de ecologische toestand.



## 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). Milieuanalyse 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 Daalen, 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 Nutriënten (BAGGERNUT) – Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie (MIND-BAGGERNUT) Tussenrapportage 2012.

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

Waterschap Hunze en Aa's, 2009. Waterbeheerplan 2010-2015

De Vlioger, 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 maatregel  
Watersysteem Westerwolde

## Overzicht doelen/maatregelen/kosten Watersysteem Westerwolde

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
-	25% natuurvr. oever (12 km) Reeds 10% aanwezig	KRW	kanalen Westerwolde	25% natuurvr. oever (12 km) Reeds 10% aanwezig	koppelkans masterplan kaden?	robuuste zone tot Br. Schloot	2027
oplossen vismigratieknelpunt stuw Veelerveen (1110)		KRW	kanalen Westerwolde	oplossen prioritaire migratieknelpunten	-	-	2015
onderzoek voedselrijkdom slib	afhankelijk van onderzoek	KRW	kanalen Westerwolde	goede chemische toestand	-	baggerplan	2012
onderzoek hermeandering + vismigratie en berging Pagediep/Mussel Aa	afhankelijk van onderzoek	KRW+WB21	Pagediep/Mussel Aa	in onderzoek	koppelkans: realisatie vasthouden/bergen 3 miljoen m3	evz Pagediep	2027
65% inrichting EHS Ruiten Aa	35% inrichting EHS Ruiten Aa	KRW+WB21	Ruiten Aa	stromende beek	vasthouden/bergen 3 miljoen m3	uitvoering EHS Ruiten Aa; verdrogingsbestrijding	2027
herprofilering Runde (7 km)	3 km natuurvriendelijke oever (25%)	KRW	Westerwoldse Aa zuid Runde	25% natuurvr. oever stromende beek	koppelkans: extra berging door nat. oever vasthouden/bergen	evz Westerwoldse Aa Zuid	2027
verhogen kaden (Masterplan)	-	WB21	kanalen Westerwolde	koppelkans voor nat.oevers	verkrijgen gewenste veiligheid	evz/herinrichting Runde	2015
aanleg oeverzone De Bult - Nieuwe Schans (2 km)	aanleg oeverzone De Bult - Nieuwe Schans (4 km)	KRW	Westerwoldse Aa Noord	6 km (evz)	meeekoppel: masterplan kaden + berging	aanleg robuuste verbingszone Blaauwe stad - Brualer Sloot	2027
aanleg Binnen Aa, Hamdijk, Bovenlanden en Kuurbos	-	KRW+WB21	Westerwoldse Aa Noord	6,5 km beekherstel	berging boezem	natuurontwikkeling	2015
aanleg vispassage Nieuwe Stanzijl	-	KRW	Westerwoldse Aa Noord	opheffen vismigratieknelpunten	-	-	2015
oplossen wateroverlast landelijk gebied	-	WB21	alles	-	opheffen wateroverlast	opheffen migratieknelpunten	2011
-	baggeren B.L. Tijdenskanaal en Ruiten Aa Kanaal	WB21	alles	goede chemische toestand	-	-	2027
realiseren ca 3 ha berging voor stedelijk gebied (indicatief)	realiseren ca 10 ha berging voor stedelijk gebied (indicatief en obv lineaire berekening)	WB21	stedelijk water	-	voorkomen wateroverlast stedelijk gebied	(vaar)recreatie	2050
onderzoek naar opheffen grondwateroverlast binnen 4 gemeenten	afhankelijk van onderzoek	WB21	stedelijk water	-	opheffen grondwateroverlast	-	2010



## Bijlage 2

# Tabellen kwartaalbalansen deelstroomgebieden (water- en stoffen balansen)

Waterbalans		Jipsingboermussel - Smeerling				
m3		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat		3730043	2940680	3603797	3044515	13319036
neerslag		7235	33746	55295	7862	104138
drainage	Rivers	4863613	2971651	1621393	3565653	13022310
drainage	Drains	488615	459132	151439	187132	1286319
<b>In totaal</b>		9089506	6405209	5431924	6805163	27731802
<b>Uit (kg)</b>						
uitlaat		-7845476	-2477192	-3335286	-6527353	-20185308
Infiltratie	Rivers	-283878	-1205217	-2008434	-370381	-3867910
verdamping		-2141	-69373	-62512	-2122	-136147
<b>Uit totaal</b>		-8131495	-3751781	-5406232	-6899857	-24189365
Sluitpost waterbalans		-958011	-2653428	-25692	94694	-3542437

Waterbalans		Ter Apel - Voedingsleiding				
m3		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat	Ter Apel	1555014	1485410	2190618	1236988	6468031
neerslag		35053	34315	56227	38093	163687
drainage	Rivers	7672956	2647172	1256309	5266024	16842461
	Drains	1213212	263739	62716	477870	2017537
<b>In totaal</b>		10476235	4430636	3565870	7018976	25491716
<b>Uit (kg)</b>						
uitlaat	Hermeander Ruiten aa	-2751840	-1336608	-1336608	-2751840	-8176896
uitlaat	Voedingsleiding	-7614287	-2616269	-2420122	-4334476	-16985153
infiltratie	Rivers	-88522	-532506	-1013426	-220797	-1855251
verdamping		-10373	-70542	-63565	-10283	-154763
<b>Uit totaal</b>		-10465021	-4555924	-3820295	-7317396	-26158637
Sluitpost waterbalans		11214	-125288	-254425	-298421	-666920

Waterbalans		T.Sluis - Vlagtweddersluis				
m3		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat	T. Sluis	755243	5870678	6614347	1662824	14903091
neerslag		43650	44524	66022	47436	201633
drainage	Rivers	5302497	1621302	562201	3565344	11051344
	Drains	1318435	437809	103937	487411	2347593
<b>In totaal</b>		<b>7419825</b>	<b>7974313</b>	<b>7346507</b>	<b>5763015</b>	<b>28503660</b>
<b>Uit (m3)</b>						
infiltratie	Rivers	-317758	-1526069	-2393682	-417341	-4654851
uitlaat	Vlagtweddersluis	-8841851	-3187509	-4797449	-6977274	-23804083
verdamping		-12917	-91529	-82476	-12806	-199728
<b>Uit totaal</b>		<b>-9172526</b>	<b>-4805106</b>	<b>-7273608</b>	<b>-7407421</b>	<b>-28658662</b>
Sluitpost waterbalans		1752700	-3169207	-72899	1644406	155001

Waterbalans		Pagediep - Rhederveld - Veelerveen				
m3		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
Inlaat	Vlagtweddersluis + Voedingsleiding + Smeerling	24301613	8280969	10552857	17839104	60974544
Inlaat	Pagediep	5939003	2098585	2456287	6742598	17236472
Inlaat	Rhederveld	2425790	5137916	6013667	2754019	16331391
neerslag		66100	37048	60704	71833	235685
drainage	Rivers	10706873	1472181	636476	7772649	20588179
	Drains	1386261	203605	56572	610005	2256444
<b>In totaal</b>		<b>44825640</b>	<b>17230303</b>	<b>19776563</b>	<b>35790208</b>	<b>117622714</b>
<b>Uit (kg)</b>						
infiltratie	Rivers	-238916	-694970	-1098943	-327842	-2360672
		-	-	-	-	-
uitlaat		44567164	16459174	18608992	35442974	115078304
verdamping		-19560	-76159	-68627	-19392	-183739
		-	-	-	-	-
<b>Uit totaal</b>		<b>44825640</b>	<b>17230303</b>	<b>19776563</b>	<b>35790208</b>	<b>117622714</b>



P balans		Jipsingboermussel - Smeerling				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat		1138	457	537	466	2598
neerslag		0	0	0	0	0
drainage	Rivers	1168	851	464	856	3340
	Drains	117	132	43	45	337
Flux nalevering		0	39	88	17	144
<b>In totaal</b>		2423	1440	1045	1367	6275
<b>Uit (kg)</b>		0	0	0	0	0
uitlaat		-2465	-333	-588	-1712	-5097
infiltratie	Rivers	-89	-162	-354	-97	-702
verdamping		0	0	0	0	0
Flux Sedimentatie		-21	-14	-14	-21	-71
<b>Uit totaal</b>		-2554	-495	-942	-1809	-5800
Sluitpost waterbalans		0	0	0	0	0
<b>Restpost stoffenbalans</b>		131	-945	-103	442	-476
%afwijking tov inlaat		5	-66	-10	32	-8

P balans		Ter Apel - Voedingsleiding				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat	Ter Apel	365	295	329	198	1187
neerslag		0	0	0	0	0
drainage	Rivers	2802	474	225	1923	5423
	Drains	443	47	11	175	676
<b>In totaal</b>		3610	816	565	2295	7287
<b>Uit (kg)</b>						
uitlaat	Voedingsleiding Hermeander Ruiten	-1406	-304	-235	-514	-2460
uitlaat	aa	-508	-155	-130	-327	-1120
infiltratie	Rivers	-16	-62	-98	-26	-203
verdamping		0	0	0	0	0
<b>Uit totaal</b>		-1931	-521	-463	-867	-3783
Sluitpost waterbalans						
<b>Restpost stoffenbalans</b>		-1680	-295	-101	-1428	-3504
%afwijking tov inlaat		-47	-36	-18	-62	-48

P balans		T.Sluis - Vlagtweddersluis				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat	T. Sluis	205	911	867	307	2289
neerslag		0	0	0	0	0
drainage	Rivers	2047	909	315	1376	4648
	Drains	509	245	58	188	1001
RWZI		473	264	660	814	2210
<b>In totaal</b>						
<b>Uit (m3)</b>						
infiltratie	Rivers	-122	-319	-481	-64	-986
uitlaat	Vlagtweddersluis	-3408	-666	-964	-1062	-6100
verdamping						
<b>Uit totaal</b>		-3531	-985	-1445	-1126	-7086
Sluitpost waterbalans						
<b>Restpost stoffenbalans</b>		297	-1345	-455	-1559	-3063
%afwijking tov inlaat		9	-58	-24	-58	-30

P balans		Pagediep - Rhederveld - Veelerveen				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
	Vlagtweddersluis +					
Inlaat	Voedingsleiding + Smeerling	7279	1303	1787	3288	13657
Inlaat	Pagediep	285	168	130	134	717
Inlaat	Rhederveld	221	82	126	209	638
neerslag		0	0	0	0	0
drainage	Rivers	3162	413	179	2167	5921
	Drains	453	57	16	171	697
<b>In totaal</b>		11399	2024	2237	5970	21629
<b>Uit (kg)</b>						
infiltratie	Rivers	-24	-79	-82	-37	-221
uitlaat		-9251	-2156	-2320	-6068	-19795
verdamping		0	0	0	0	0
<b>Uit totaal</b>		-9275	-2234	-2402	-6105	-20016
<b>Restpost stoffenbalans</b>		-2124	211	165	135	-1613
%afwijking tov inlaat		-19	10	7	2	-7

N balans		Jipsingboermussel - Smeerling				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat		26110	11861	8048	13853	59872
neerslag		0	0	0	0	0
drainage	Rivers	53334	35627	19439	39101	147501
	Drains	5358	5505	1816	2052	14730
Flux nalevering		0	39	88	17	144
<b>In totaal</b>		<b>84803</b>	<b>52992</b>	<b>29303</b>	<b>55006</b>	<b>222104</b>
<b>Uit (kg)</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
uitlaat		-51388	-8918	-10506	-35248	-106060
infiltratie	Rivers	-1859	-4339	-6327	-2000	-14525
verdamping		0	0	0	0	0
Flux Sedimentatie		-21	-14	-14	-21	-71
<b>Uit totaal</b>		<b>-53247</b>	<b>-13257</b>	<b>-16833</b>	<b>-37248</b>	<b>-120584</b>
Sluitpost waterbalans		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
<b>Restpost stoffenbalans</b>		<b>-31556</b>	<b>-39736</b>	<b>-12470</b>	<b>-17758</b>	<b>-101519</b>
%afwijking tov inlaat		-37	-75	-43	-32	-46

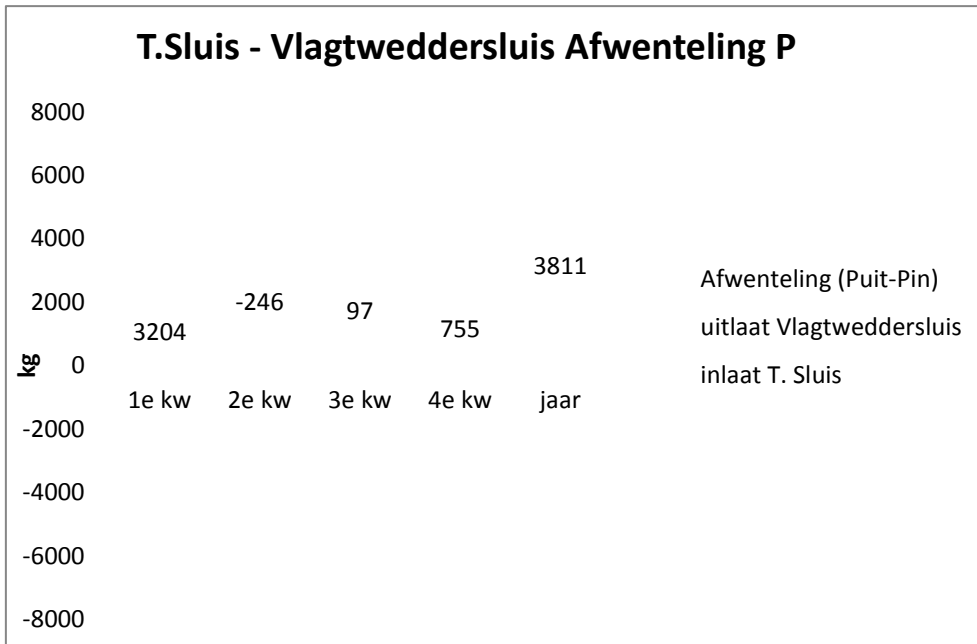
N balans		Ter Apel - Voedingsleiding				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat	Ter Apel	8060	5744	5769	3711	23283
neerslag		0	0	0	0	0
drainage	Rivers	103145	21518	10212	70789	205664
	Drains	16309	2144	510	6424	25386
<b>In totaal</b>		<b>127514</b>	<b>29405</b>	<b>16491</b>	<b>80924</b>	<b>254335</b>
<b>Uit (kg)</b>						
uitlaat	Voedingsleiding	-42978	-8791	-5385	-18542	-75696
	Hermeander Ruiten					
uitlaat	aa	-15533	-4491	-2974	-11772	-34769
infiltratie	Rivers	-500	-1789	-2255	-945	-5488
verdamping		0	0	0	0	0
<b>Uit totaal</b>		<b>-59011</b>	<b>-15071</b>	<b>-10614</b>	<b>-31258</b>	<b>-115953</b>
Sluitpost waterbalans		0	0	0	0	0
<b>Restpost stoffenbalans</b>		<b>-68503</b>	<b>-14335</b>	<b>-5877</b>	<b>-49666</b>	<b>-138381</b>
%afwijking tov inlaat		-54	-49	-36	-61	-54

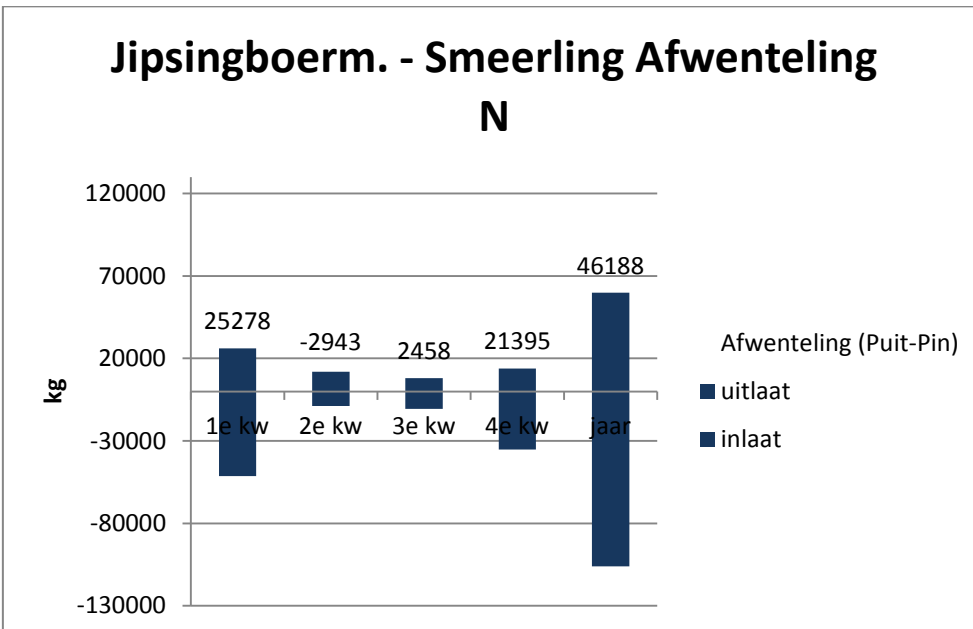
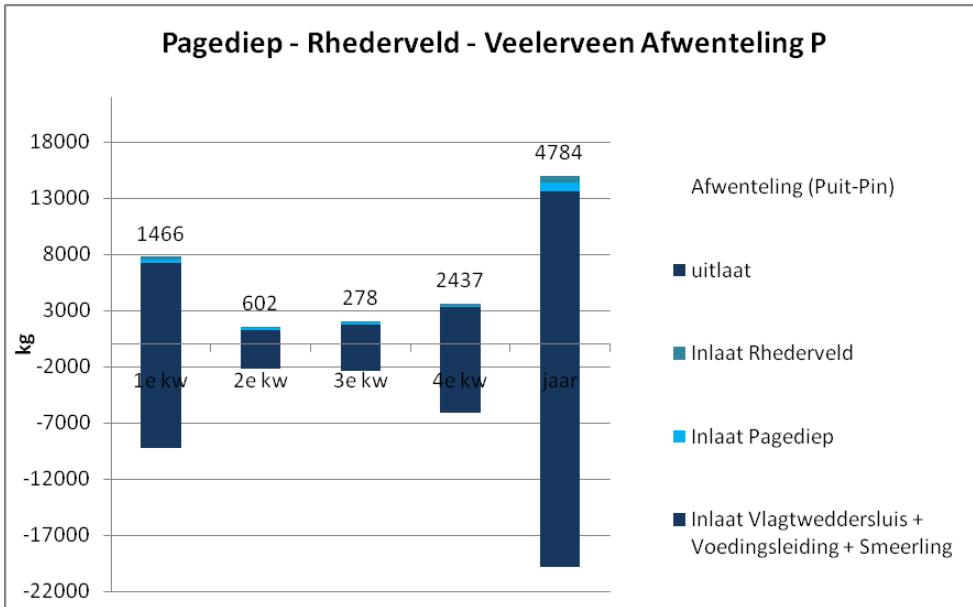
N balans		T.Sluis - Vlagtweddersluis				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
inlaat	T. Sluis	4846	25048	16594	7459	53948
neerslag		0	0	0	0	0
drainage	Rivers	85240	40293	13972	57314	196819
	Drains	21194	10881	2583	7835	42493
	RWZI	4459	2630	3058	2885	13031
<b>In totaal</b>						
<b>Uit (m3)</b>						
infiltratie	Rivers	-2154	-5494	-6064	-1516	-15229
uitlaat	Vlagtweddersluis	-59948	-11475	-12154	-25351	-108927
	verdamping					
<b>Uit totaal</b>		-62102	-16969	-18218	-26867	-124156
Sluitpost waterbalans		0	0	0	0	0
<b>Restpost stoffenbalans</b>		-53637	-61883	-17990	-48626	-182137
%afwijking tov inlaat		-46	-78	-50	-64	-59

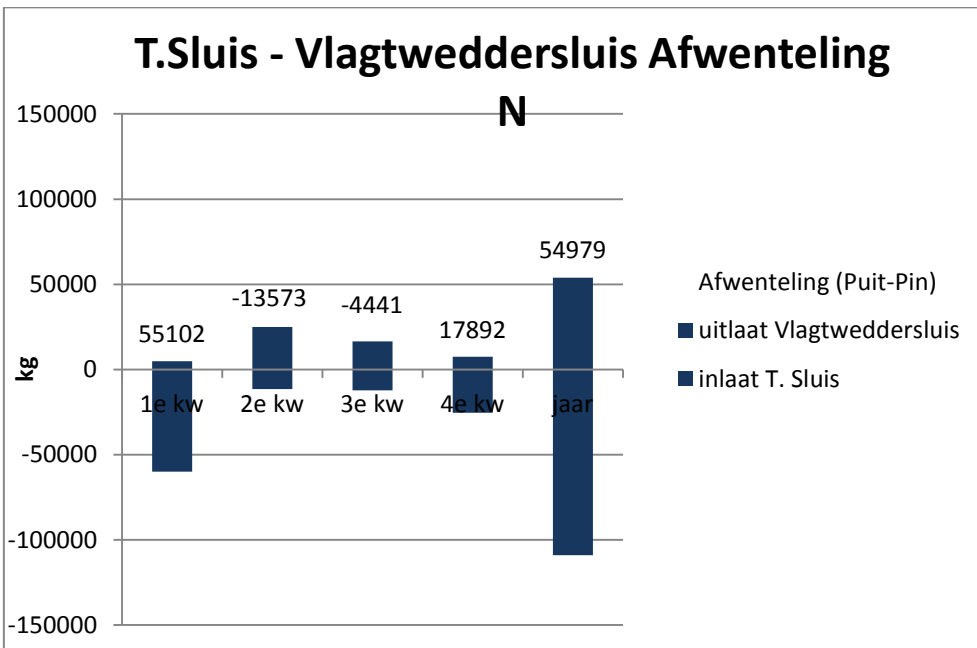
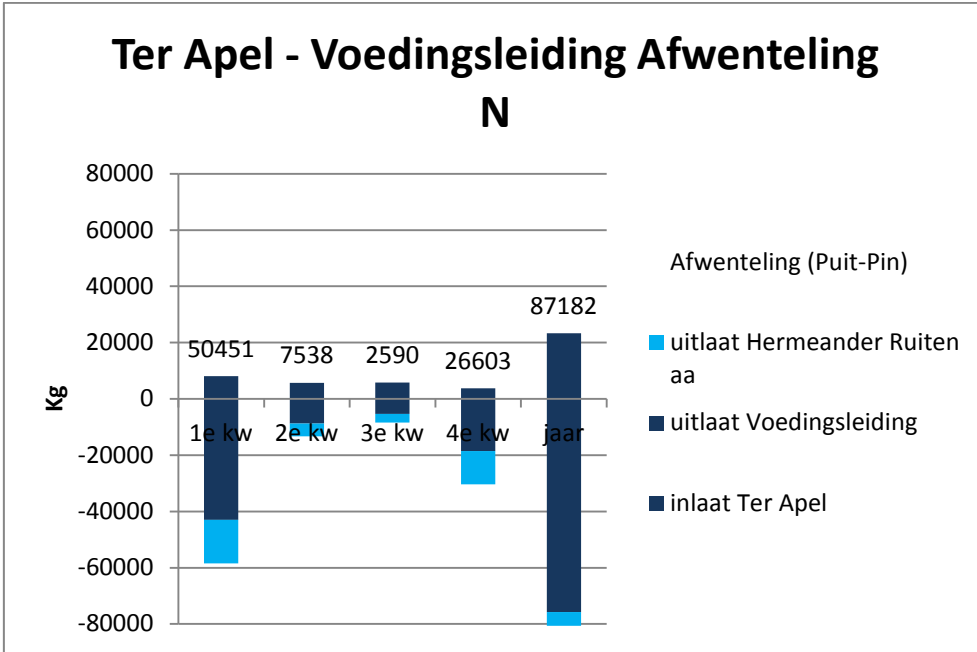
N balans		Pagediep - Rhederveld - Veelerveen				
		1e kw	2e kw	3e kw	4e kw	jaar
	Vlagtweddersluis + Voedingsleiding +					
Inlaat	Smeerling	154314	29184	28044	79140	290682
Inlaat	Pagediep	41218	8232	6677	15838	71966
Inlaat	Rhederveld	4608	2191	2244	4313	13355
neerslag		0	0	0	0	1
drainage	Rivers	133699	20353	8799	90766	253618
	Drains	19452	2815	782	7153	30202
<b>In totaal</b>		353291	62775	46547	197211	659823
<b>Uit (kg)</b>						
infiltratie	Rivers	-2233	-3840	-4207	-2459	-12739
uitlaat		-307216	-64444	-45991	-175088	-592739
	verdamping	0	0	0	0	0
<b>Uit totaal</b>		-309449	-68284	-50198	-177547	-605478
<b>Restpost stoffenbalans</b>		-43842	5509	3651	-19663	-54345
%afwijking tov inlaat		-12	9	8	-10	-8

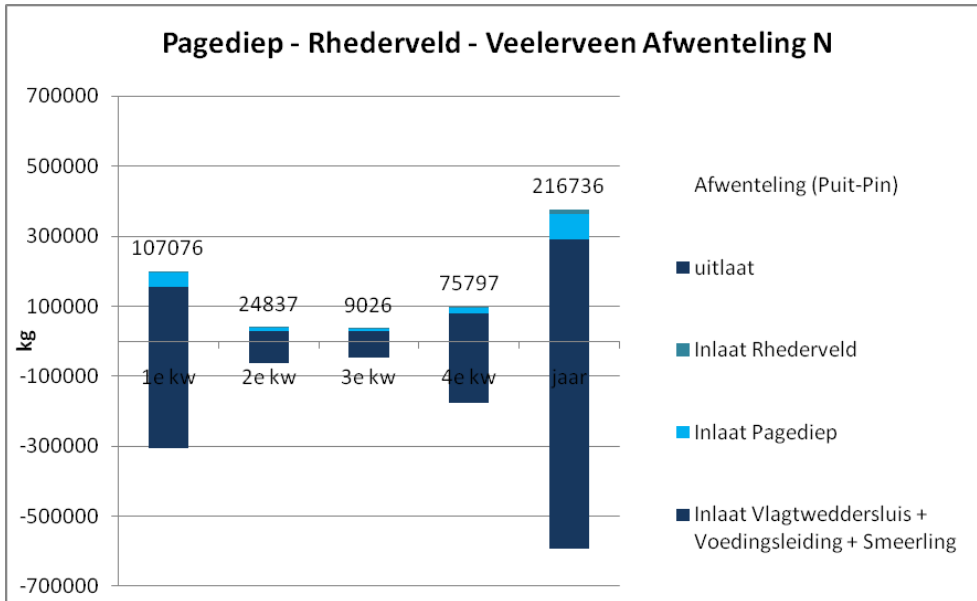
# Bijlage 3

# Afwenteling P en N











## Bijlage 4

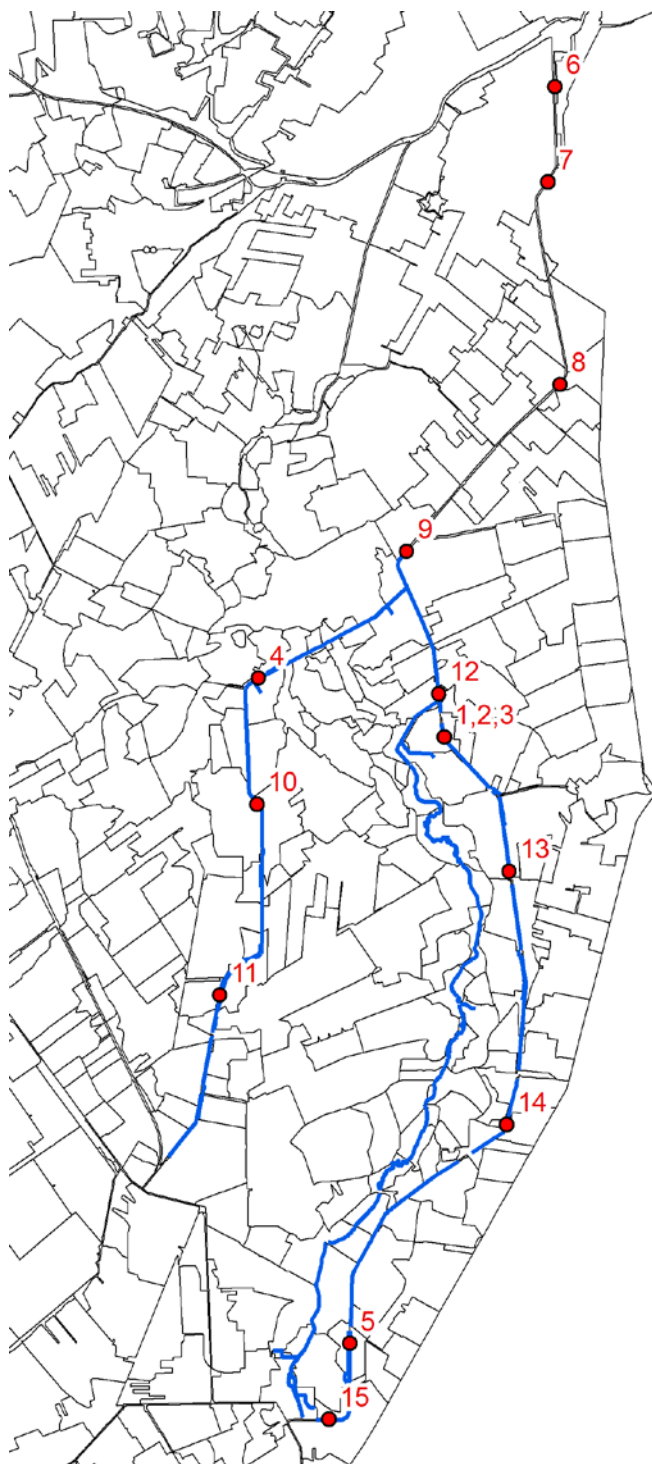
Kentallen uitspoeling  
nutriënten

Bron: waterschap rivierenland

Landgebruik	Bodem	N (kg/ ha/jaar)	P (kg/ ha/jaar)
grasland	klei	25	1
mais	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 5 Locaties meetpunten



Figuur 30 Bware locaties, op locatie 10 en 11 is ook een slibmeting gedaan.

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	78,84	0,218	0,25	30,98	23,19	180,82	2,40	5,01	1,32	3,59	11,04	53,68	3,26	0,39
7	59,44	0,550	0,15	34,18	52,38	275,13	2,84	6,16	2,06	6,12	19,48	81,52	2,37	0,41
8	26,89	1,311	0,01	89,38	93,58	102,81	14,73	48,36	3,13	6,46	4,51	80,34	2,98	0,16
9	25,86	1,206	0,02	196,34	85,08	178,48	30,57	70,57	2,28	6,79	6,54	82,19	6,34	0,30
10	19,52	1,643	0,00	32,43	15,02	54,37	5,15	9,88	0,47	2,49	2,94	10,25	7,55	0,16
10 slib	53,28	0,532	0,04	40,28	11,07	38,24	4,23	7,21	0,19	1,46	2,64	4,37	5,90	0,17
11	36,59	1,017	0,03	76,11	16,50	50,50	8,13	13,03	0,38	2,26	2,30	16,62	8,75	0,20
11 slib	71,92	0,269	0,16	43,47	32,88	125,95	6,23	7,97	0,75	6,02	6,42	116,14	6,60	0,48
12	31,04	1,114	0,02	60,96	9,86	54,19	4,71	8,35	0,48	0,98	4,10	26,29	7,14	0,34
13	39,29	0,970	0,05	40,60	29,95	64,45	5,20	9,08	0,54	2,86	2,82	46,50	4,41	0,27
14	29,24	1,172	0,01	49,74	22,27	37,31	5,38	8,56	0,28	2,86	3,57	13,43	5,68	0,28
15	45,08	0,661	0,05	34,14	18,41	90,35	3,25	5,52	0,42	1,38	3,95	48,67	2,96	0,55

Tabel 7 Resultaten extra metingen in mmol/liter verse bodem (methode: destructie).

Locatie	Al-ox	Fe-ox	Mn-ox	P-ox
6	11,26	180,09	1,17	10,69
7	10,51	178,47	1,16	15,41
8	5,14	31,64	1,53	2,83
9	14,12	65,85	1,15	3,98
10	7,72	36,52	0,26	2,09
10 slib	8,51	20,81	0,11	1,79
11	11,88	39,12	0,26	2,21
11 slib	12,94	89,00	0,54	5,69
12	17,69	28,95	0,31	3,27
13	13,60	60,45	0,36	2,07
14	15,88	25,76	0,16	2,89
15	8,83	62,82	0,24	2,85

Tabel 8 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	3,45	18319,50	0,25	1791,42	4506,88	171,17	3,26	793,07	210,58	0,03	27,7	148,0
7	0,00	23414,25	2,68	2805,67	4717,96	185,31	2,86	2911,62	162,31	2,32	39,4	222,2
8	0,17	7178,54	2,19	1015,83	1305,96	85,48	2,18	833,86	126,77	4,16	40,4	191,4
9	0,00	5778,17	12,35	683,57	740,35	62,99	0,26	66,20	299,87	8,00	28,7	371,3
10	0,00	9643,29	43,19	2026,92	1389,75	122,19	2,07	2725,14	175,50	5,25	35,4	487,8
10 slib	0,10	10327,30	114,39	4194,41	1633,39	215,82	3,29	2633,16	271,32	2,83	28,0	242,9
11	0,21	11848,21	0,82	1516,49	1861,81	51,43	3,78	1976,38	45,24	1,11	34,9	388,5
11 slib	0,00	13405,35	48,54	4007,38	2568,50	175,28	3,19	3079,87	202,88	2,15	32,5	190,6
12	41,19	5079,46	2040,07	567,11	1539,01	323,74	0,36	987,70	378,31	53,46	28,7	265,4
13	0,88	15032,74	40,07	1338,06	3121,75	109,38	3,98	3317,71	98,88	3,66	41,6	144,1
14	0,00	9323,55	3,99	1317,12	1896,29	52,19	2,43	1155,47	110,82	3,51	26,1	197,5
15	0,00	12676,90	11,23	912,89	2430,64	86,96	1,64	2094,18	60,26	3,46	33,5	123,5

Tabel 9 Resultaten extra metingen in µmol/liter verse bodem (methode: zoutextractie).

Locatie	Totaal P g/kg	Totaal Fe g/kg	P bodemvocht mg/l
1	0,14	4,61	0,36
2	0,23	6,64	0,44
3	0,22	6,60	0,42
4	0,61	22,93	0,24
5	0,17	2,67	0,21
6	1,52	46,12	
7	0,87	18,13	
8	0,07	1,35	
9	0,10	3,05	
10	0,04	1,24	
10 slib	0,10	2,18	
11	0,07	2,15	
11 slib	0,66	18,45	
12	0,09	1,45	
13	0,07	3,48	
14	0,08	1,23	
15	0,13	5,31	

Tabel 10 Gebruikte gegevens afgeleid uit de ruwe gegevens uit Poelen, 2011 en Tabel 7, Tabel 8 en Tabel 9.



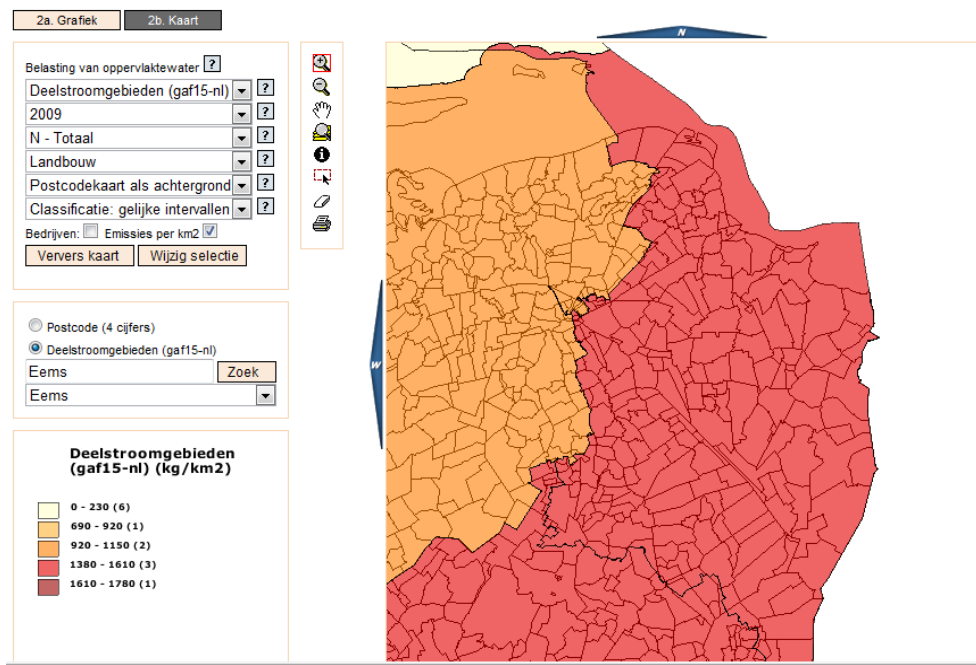
## Bijlage 6

# Vergelijking kentallen uitspoeling overige bronnen

### *Emissieregistratie*

De emissieregistratie is een initiatief van het RIVM (Bron: [www.emissieregistratie.nl](http://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)

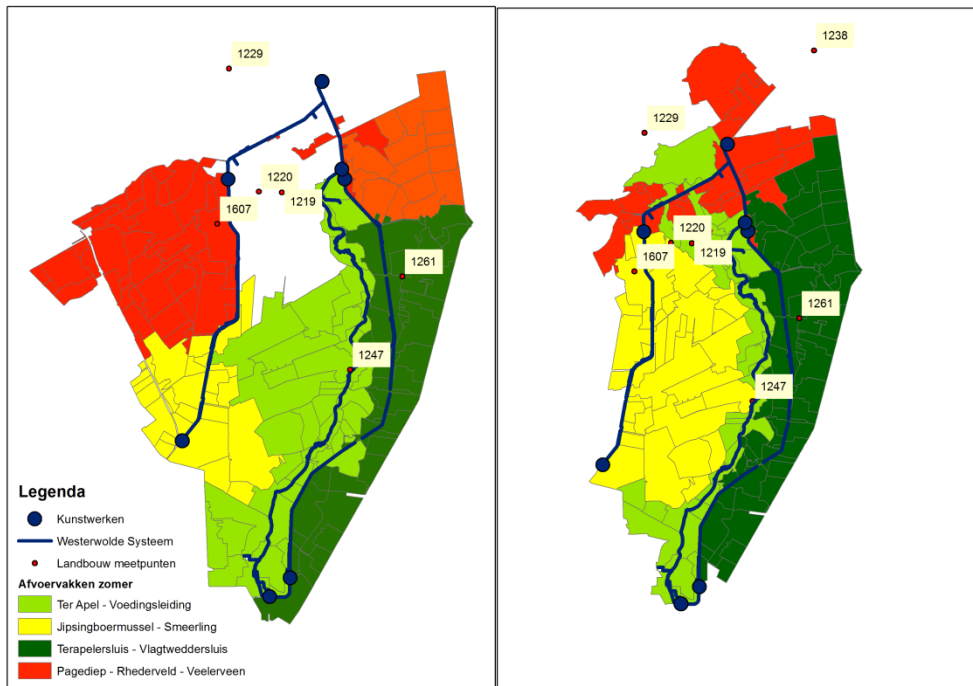
Jaar	N-totaal (kg/km <sup>2</sup> )	P-totaal (kg/km <sup>2</sup> )	N-totaal (kg/ha)	P-totaal (kg/ha)
2009	1472	63	14,72	0,63
2005	825	49	8,25	0,49
2000	1574	67	15,74	0,67
1995	1615	73	16,15	0,73
1990	1075	55	10,75	0,55
gemiddeld	1312	61	13	0,6

### *Landbouwmeetpunten Hunze en Aas*

Waterschap Hunze en Aas beschikt over diverse landbouwmeetpunten buiten het hoofdwatersysteem waarin de concentraties van verschillende stoffen gemeten worden. In onderstaande figuur zijn de

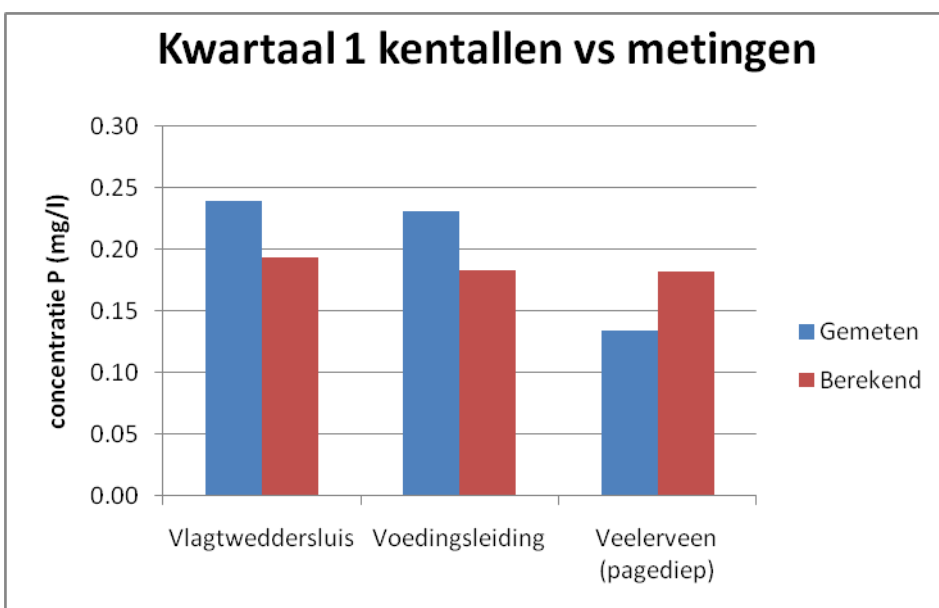
gebruikte meetpunten weergegeven. Voor de check is alleen gebruik gemaakt van P. In onderstaande figuren is per deelsysteem per kwartaal een vergelijking gemaakt van de gemeten concentratie en de berekende concentraties.

Locaties landbouwbouw meetpunten

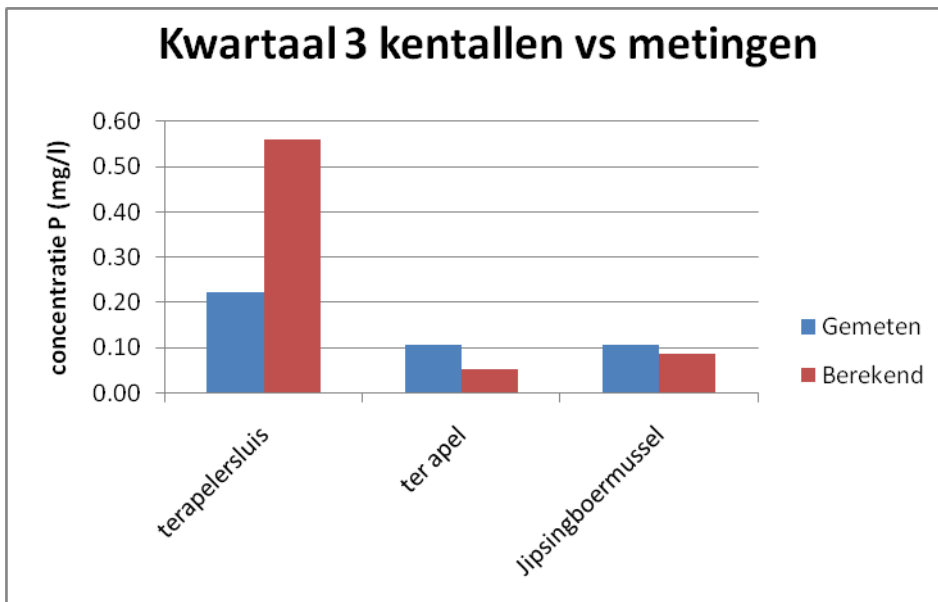
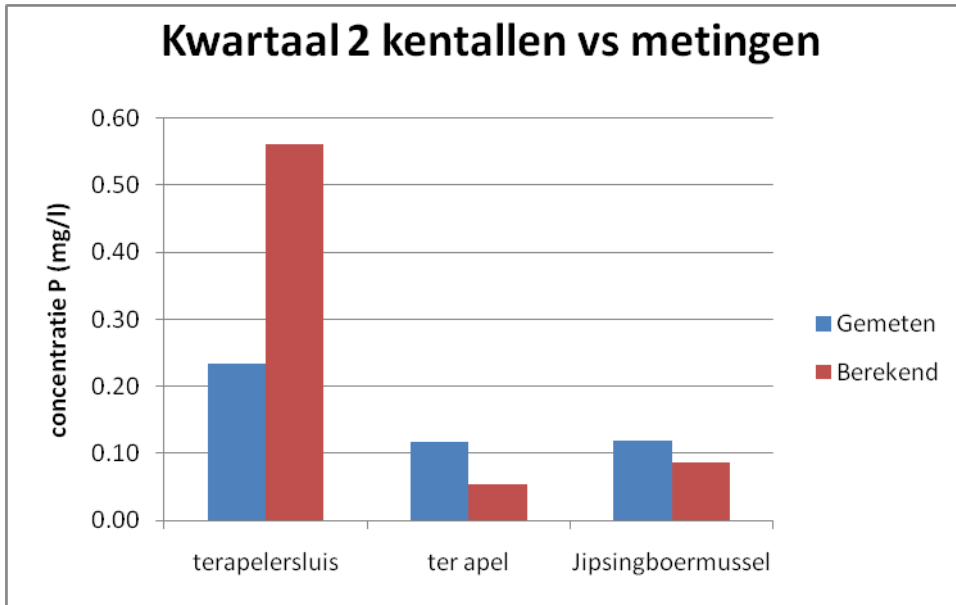


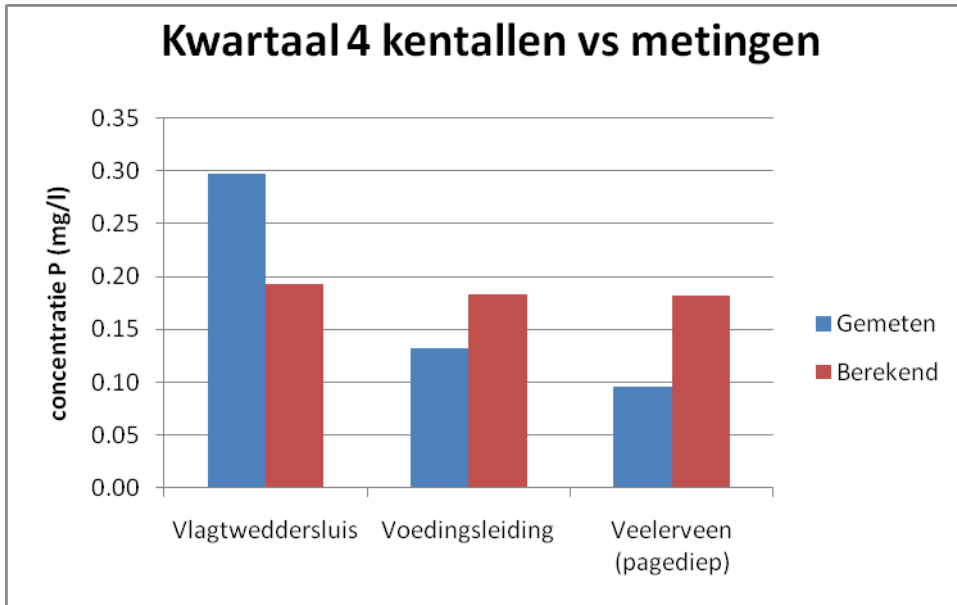
Uit onderstaand figuren blijkt dat de kentallen in alle gevallen de gemeten concentraties behoorlijk overschatten; in sommige gevallen overschatten de berekende waarden de kentallen met meer dan 50%.

Kentallen en gemeten concentraties P landbouwmeetpunten









# Bijlage 7 Slibdiagnose

## Invoergegevens

1. Algemeen		Huidige situatie			
Naam systeem		Ruiten Aa Kanaal			
Fosfaatbalans		ja			
Nitraatbalans		ja			
KRW type		M14	tbv berekenen EKR		
Water systeem type		kanaal	tbv type watersysteem analyse		
Specificatie		kanaal / riviertje	tbv bepalen risico zuurstofloosheid		
Kwartaal		K1	K2	K3	K4
Oppervlakte watersysteem (opp. water)	m2	244732	294743	294743	244732
Dominante leggerdiepte	m	0,80			
gemiddelde waterdiepte	m	0,49			
KRW norm P (tbv nalevering)	mg/l	0,15	Indien je hier niks invoert wordt uitgegaan van een default norm (0.15 mg/l MTR)		
Norm doorzicht	m	0,40			
kritische belasting	g P/m2/j	1,8 - 10,2	is range voor sloten, 4,5 (max waarde meren) ligt hier binnen.		
2. Bodem					
P-sed	g P /kg ds	0,19			
Fe-sed	g Fe /kg ds	5,13			
Of: P-sed / Fe-sed					
P-sed onder de sliblaag	g P /kg ds				

Kwartaal		K1	K2	K3	K4
Bodemvocht	mg P / l	0,36	0,36	0,36	0,36
Methode nalevering		Bodemvocht			
Dikte sliblaag	m	0,31			
organische externe belasting					
Type		bodem met slib	tbv bepalen risico		
stevigheid waterbodembodem		slap	zuurstofloosheid		
stevigheid waterbodembodem onder sliblaag		stevig	tbv balans en maatregelen		
Matrix		zand	tbv balans en maatregelen		
Matrix waterbodembodem onder sliblaag		zand	tbv balans en maatregelen		
<b>3. Balansposten naamgeving</b>					
<b>Inposten</b>		posten invullen	suggestie		
inpost 1	IN1:	T.sluis			
inpost 2	IN2:	neerslag			
inpost 3	IN3:	drainage RIV			
inpost 4	IN4:	drainage DR			
inpost 5	IN5:	RWZI			
inpost 6	IN6:				
<b>uitposten</b>		posten invullen	suggestie		
uitpost1	UIT1:	infiltratie RIV			
uitpost2	UIT2:	Vlagtweddersluis			
uitpost3	UIT3:				
uitpost4	UIT4:				
uitpost5	UIT5:				
uitpost6	UIT6:	verdamping			
<b>4. Balansposten</b>					
		K1	K2	K3	K4
In- en uitvoer concentratie of vracht	mg/l of kg/kwartaal	vracht			

Posten waterbalans	0,6	debiet (m3/kwartaal)				P-vracht (kg/kwartaal)				N-vracht (kg/kwartaal)				
		K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	
IN1: T.sluis	0,56	755.243	5.870.678	6.614.347	1.662.824	205	911	867	307	4.846	25.048	16.594	7.459	
IN2: neerslag		43.650	44.524	66.022	47.436	0	0	0	0	0	0	0	0	
IN3: drainage RIV		6.706.180	1.621.302	562.201	5.011.982	1.178	545	189	881	45.795	22.564	7.824	34.226	
IN4: drainage DR		1.667.453	437.809	103.937	685.179	293	147	35	120	11.387	6.093	1.447	4.679	
IN5: RWZI	0,19363494	0	0	0	0	473	264	660	814	4.459	2.630	3.058	2.885	
IN6:														
UIT1: infiltratie RIV		317.758	4.695.276	2.466.581	417.341	122	981	496	64	2.154	16.903	6.249	1.516	
UIT2: Vlagtweetersluis		8.841.851	3.187.509	4.797.449	6.977.274	3.408	666	964	1.062	59.948	11.475	12.154	25.351	
UIT3:														
UIT4:														
UIT5:														
UIT6: verdamping		12.917	91.529	82.476	12.806	0	0	0	0	0	0	0	0	
restterm / sluitfout (pos = meer in dan uit) <b>(check)</b>	controle	0	0	0	0	-	1.381	221	291	996	4.385	27.957	10.521	22.382
<b>5. Watersamenstelling (bij voorkeur kwartaalgegevens invullen)</b>		JAAR GEM	K1	K2	K3	K4								
Doorzicht (indien bekend)	m		0,25	0,45	0,55	0,46								
Chlorofyl	µg/l		13	36	27	13								
Anorganische zwevende deeltjes	mg/l													
Detritus	mg/l													
Concentratie zwevende stof	mg/l		15,50	16,00	12,69	9,56								
Concentratie P totaal	mg/l		0,33	0,23	0,24	0,31								
Concentratie P zwevend stof	mg/l		0,23	0,16	0,14	0,15								
Ortho P	mg/l		0,10	0,07	0,10	0,16								
Concentratie N totaal	mg/l		7,34	4,77	3,09	5,19								
Concentratie sulfaat in systeem	mg/l													
<b>6. Kenmerken systeem</b>		Welke parameters invullen? Nb het is mogelijk breuken in te voeren (bijv onderhoud = 1.2)												
BZV	mg O <sub>2</sub> /l	2,8	nee	zomergemiddelde										

Chloride	mg Cl/l	57,1	nee	zomergemiddelde 1=tegennatuurlijk 2=stabil 3=natuurlijk
Peildynamiek		1	ja	1=geïsoleerd 2=periodiek geïsoleerd 3=open verbinding
Connectiviteit		3	nee	1=recht+normprofiel 2=gestrekt+natuurlijker dwarsprofiel 3=zwak slingerend 4 =slingerend 5=vrij meanderend
Meandering		1	nee	1=onbeschaduwd zonder ruigte op oevers 2=gedeeltelijk beschaduwd of ruigte op oever 3=grotendeels of geheel beschaduwd
Beschaduwing		2	nee	1=sterk gestuwd zonder vistrappen 2=gestuwd met vistrappen 3=ongestuwd
Verstuwing		1	nee	1=beschoeid 2=steil 3=flauw/moerassig (NVO)
Oeverinrichting		1,5	ja	1=intensief bevaren 2 = niet of nauwelijks bevaren
Scheepvaart		2	nee	1=intensief 2=extensief
Onderhoud		1,5	nee	--> zie ook maatregeleninvoer -->
Aanwezigheid benthivore vis	kg/ha			
Aantal schepen beroepsvaart	schepen/d	0		
Percentage van water wat wordt beïnvloed door beroepsvaart	fractie	0		
Aantal schepen recreatievaart	schepen/d	0		
Percentage van water wat wordt beïnvloed door recreatievaart	fractie	0		
Netto plant opname P obv kritische belasting of defaultwaarde)	g P/m <sup>2</sup> /jaar	0		
Afvoer P (dmv maaien, schonen)	P/m <sup>2</sup> /jaar	0		
baggeraanwas (agv afkalving, erosie, bladval of veenafbraak)	g ds /m <sup>2</sup> /jaar	0		
P gehalte baggeraanwas(obv bladval, veen afbraak, erosie oevers)	g/kg ds	0,00		
<b>7. Huidige situatie</b>				

		KRW sheet	Meetdata	GEP
Macrofauna	EKR	0,51		0,6
Macrofyten	EKR	0,48		0,55
Vis	EKR	0,49		0,53
Fytoplankton	EKR	0,57		0,6
Totaal fosfaat (zomergemiddelde)	mg/l	0,13		0,15
Totaal stikstof (zomergemiddelde)	mg/l	3,41		3,5
Doorzicht (zomergemiddelde)	m	0,42		0,4

## Resultaten

1e oordeel						
Ruiten Aa Kanaal	Diagnose					
Potentie nalevering?	verwaarloosbaar					
doorzicht?	matig					
Chlorofyl	middel					
1e oordeel	BD voor zwevend stof					
Interne en externe P belasting		jaargemiddeld/totaal	K1	K2	K3	K4
Interne belasting (% van totale belasting)	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	
Externe belasting (% van totale belasting)	99,6	99,7	99,6	99,5	99,7	
Interne belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	0,11	0,03	0,03	0,03	0,03	
Externe belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	29,7	8,8	6,3	5,9	8,7	
Kritische belasting (absoluut in g P/m <sup>2</sup> )	range voor sloten: 1,8 - 10,2					
Verblijftijd (dagen)	1,49	1,18	1,65	1,81	1,49	
Maatregelen						
Maatregel	Zinvol?					
Contact nutriënten waterbodem en oppervlaktewater afsnijden	nee					
Externe belasting omlaag	ja					
Vergroten P-bindingscapaciteit	nee					
Bron weghalen (baggeren)	nee					
Opwerveling beperkende maatregelen	nee					
Beijzering	PM					
Reductie sulfaat / bicarbonaat	nee					
Check concentraties		K1	K2	K3	K4	
Berekend	P (mg/l)	0,39	0,20	0,20	0,15	
Gemeten	P (mg/l)	0,33	0,23	0,24	0,31	

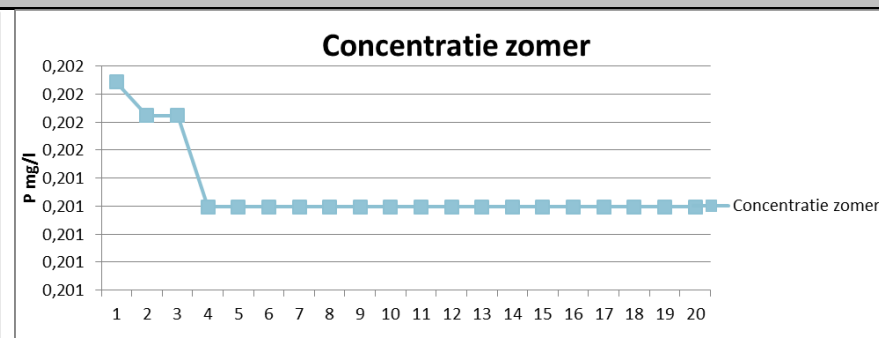
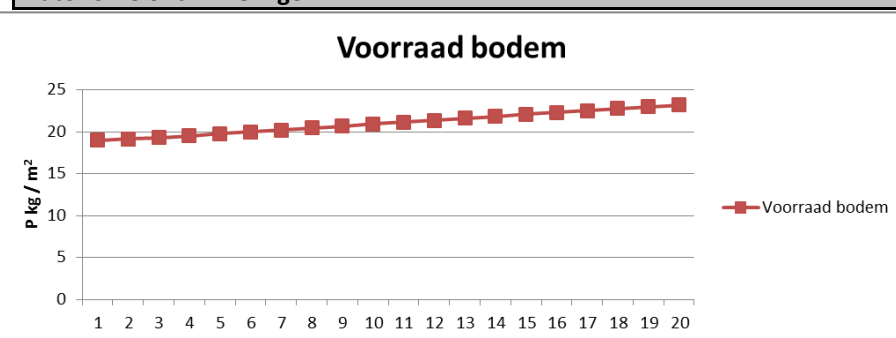


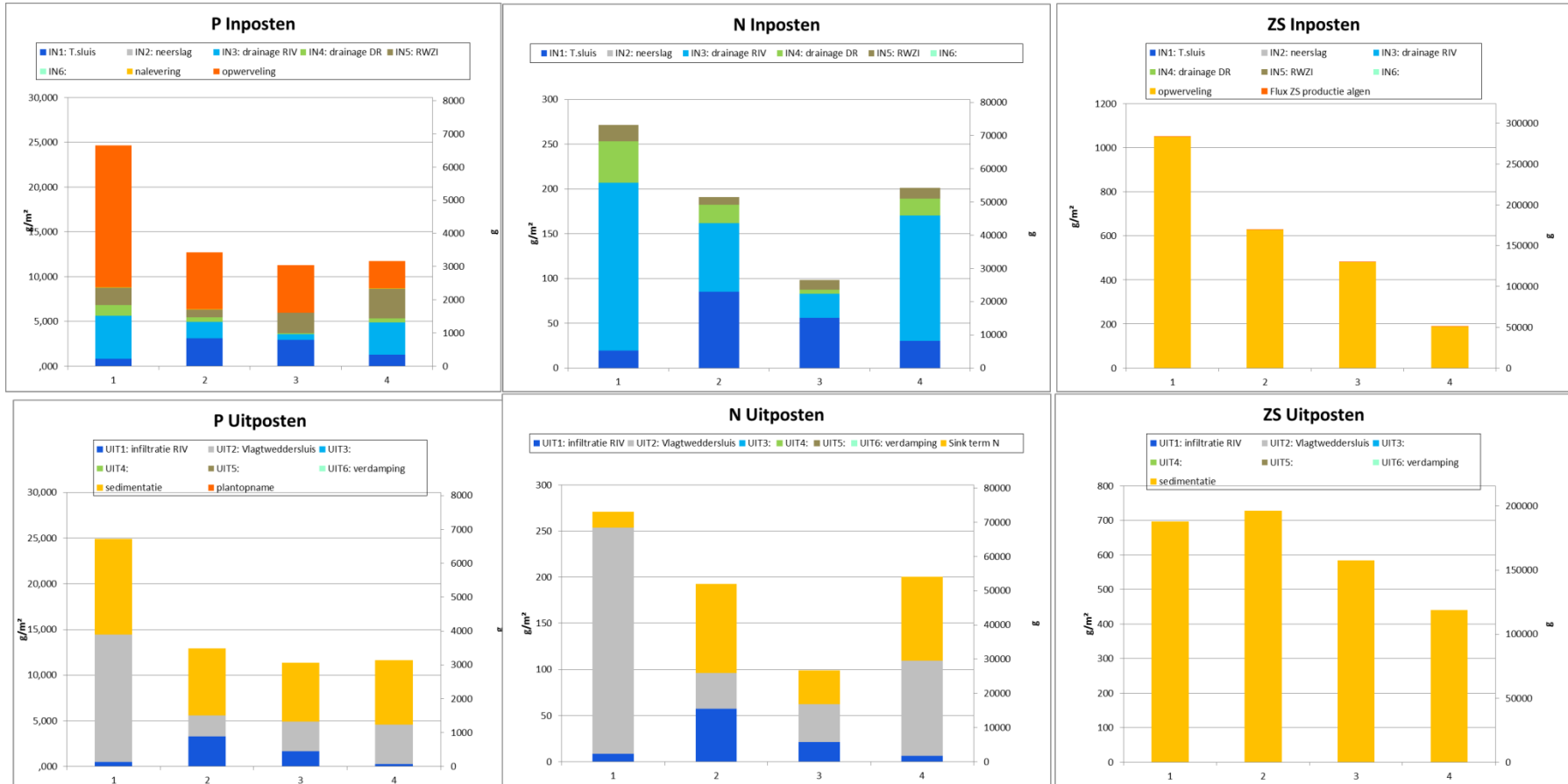
Berekend	N (mg/l)	6,80	3,51	2,47	3,66
Gemeten	N (mg/l)	7,340816327	4,768888889	3,091111111	5,190697674
Berekend	Zwevend stof (mg/l)	15,58	16,01	12,62	9,51
Gemeten	Zwevend stof (mg/l)	15,5	16	12,6875	9,5625

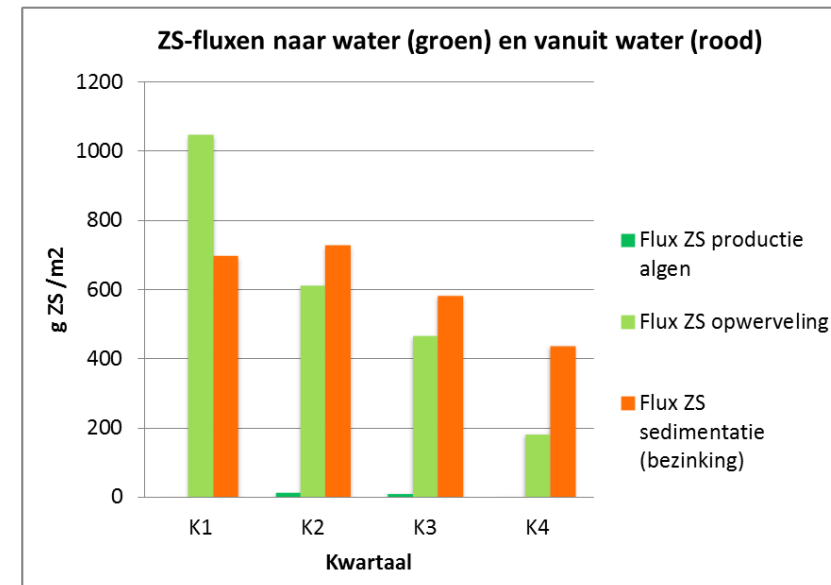
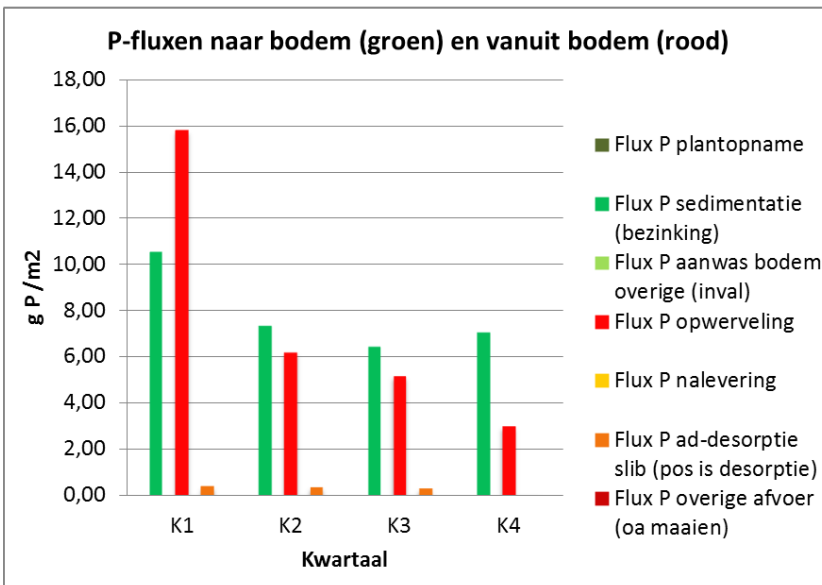
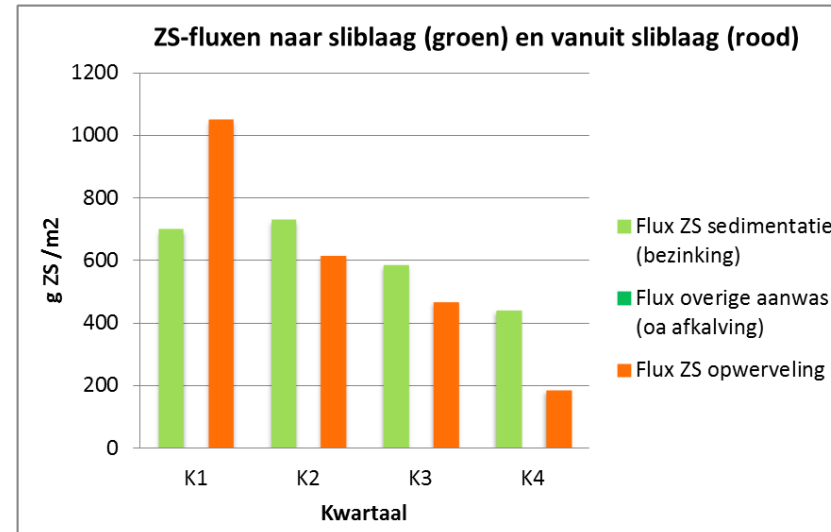
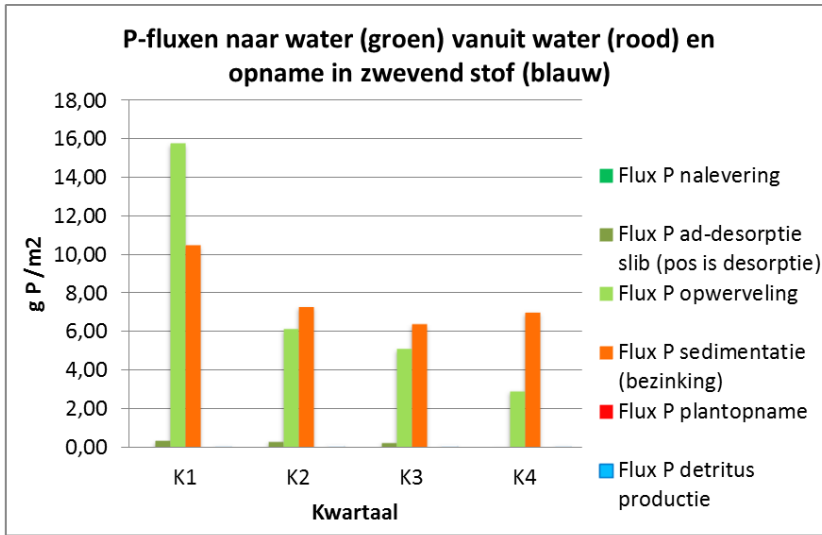
### Resultaten

Maatlat	Huidige situatie KRW-sheet gemeten	Data gemeten	Bodemdiagnose berekend	Autonome ontwikkeling		GEP
				na 2 jaar	na 10 jaar	
Macrofauna	0,51		0,50	0,50	0,50	0,6
Macrofyten	0,48		0,41	0,41		0,55
Vis	0,49		0,31	0,31	0,31	0,53
Fytoplankton	0,57		0,17	0,17	0,17	0,6
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) mg/l	0,13		0,20	0,20	0,20	0,15
Totaal stikstof (zomergemiddelde) mg/l	3,41		2,99	3,87	3,87	3,5
Doorzicht (zomergemiddeld) m	0,42		0,83	0,84	0,83	0,4
Risicozuurstofloosheid door slib	-	-	hoog risico			

### Autonome ontwikkelingen









## Colofon

# BAGGERNUT

## Watersysteemanalyse Westerwolde

### **OPDRACHTGEVER:**

Waterschap Hunze en Aa's

### **STATUS:**

Vrijgegeven

### **AUTEUR:**

L. van der Toorn  
E. Tietema  
H. van de Weerd

### **GECONTROLEERD DOOR:**

H. van de Weerd

### **VRIJGEGEVEN DOOR:**

S. Boland

13 juli 2012  
076299509: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.