



Watersysteemrapportage De Deelen 2000-2012

Evaluatie van herstelmaatregelen t.b.v. de oppervlaktewaterkwaliteit

12 april 2013
Definitief rapport
9X5848 (aangepaste versie)



Entrada 301
Postbus 94241
1090 GE Amsterdam
+31 20 569 77 00

info@amsterdam.royalhaskoning.com
www.royalhaskoningdhv.com
Amersfoort 56515154

Telefoon
Fax
E-mail
Internet
KvK

Documenttitel	Watersysteemrapportage De Deelen 2000-2012 Evaluatie van herstelmaatregelen t.b.v. de oppervlaktewaterkwaliteit
Verkorte documenttitel	Watersysteemrapportage De Deelen
Status	Definitief rapport
Datum	12 april 2013, aangepaste versie 23 mei 2013
Projectnaam	
Projectnummer	9X5848
Opdrachtgever	Wetterskip Fryslân
Referentie	9X5848/R/00001/904438/Amst

Auteur(s)	Frank van Herpen, Jeroen Groenendijk
Collegiale toets	Martijn van Houten
Datum/paraaf	12 april 2013
Vrijgegeven door	Martijn van Houten
Datum/paraaf	12 april 2013



SAMENVATTING

Wetterskip Fryslân streeft naar een betere waterkwaliteit in De Deelen, voortkomend uit doelstellingen vanuit de KRW. Daarnaast is de waterkwaliteit ook van belang voor het behalen van natuurdoelen, onder andere in het kader van Natura 2000 (Vogelrichtlijn); deze hangen in veel gevallen samen met de aanwezigheid van verlandingsvegetaties. In verschillende perioden (vanaf 1992 tot en met 2012) zijn er verschillende maatregelen uitgevoerd ter verbetering van de waterkwaliteit om een meer natuurlijk functionerend hydrologisch en ecologisch systeem te verkrijgen.

In deze rapportage is voor De Deelen een overzicht gemaakt van de waterkwaliteitsontwikkeling in de periode 2000-2012 en van de uitgevoerde maatregelen en experimenten ter verbetering van de waterkwaliteit.

categorie	maatregel
<i>bronmaatregelen</i>	lange aanvoerroute boezemwater vanuit Hooivaart
	flexibel peilbeheer
<i>systeemmaatregelen</i>	enclosures met waterplanten
	doorspoelen petgaten met water uit zandwinplas
<i>interne maatregelen</i>	tijdelijke droogval
	actief visstandbeheer
	stabilisatie legakkers m.b.v. hooibalen
<i>overig (monitoring)</i>	meetsonde

De Deelen kampt na ruim 20 jaar herstelmaatregelen nog steeds met hoge fosfaatgehalten. Externe eutrofiëring door water afkomstig uit de Hooivaart (boezemwater), de zandwinplas en regenwater speelt geen belangrijke rol. De externe belasting met fosfaat is ruim onder de kritische P-belasting. Door interne eutrofiëring komen echter wel veel voedingsstoffen in het oppervlaktewater terecht, met name fosfaat uit de waterbodem en mogelijk ook door erosie van de legakkers. Deze interne eutrofiëring wordt waarschijnlijk versterkt door de verhoogde alkaliniteit van het inlaatwater.

Maatregelen

Lange aanvoerroute

De lange aanvoerroute moet vooral bijdragen aan het verbeteren van de kwaliteit van het inlaatwater uit de boezem. Er zijn te weinig gegevens om de effectiviteit van de lange aanvoerroute goed te beschouwen voor de gehele periode 2000-2012. De meetgegevens van 2011 laten echter wel zien dat de lange aanvoerroute voor het inlaten van boezemwater tot een kwaliteitsverbetering kan leiden.

Flexibel peilbeheer

De waterkwaliteit in De Deelen is in de zomer tijdens het experiment met flexibel peilbeheer slechter dan in de periode voor en na het flexibel peilbeheer. Er treedt nog geen verlanding op en er is geen opkomst van submerse vegetatie zoals verwacht werd van het flexibel peilbeheer. Door de instelling van het flexibel peilbeheer vindt een versnelde erosie van de legakkers plaats. Dit komt doordat het peil vooral fluctueert op het steile deel van het oeverprofiel van de legakkers in De Deelen.

Enclosures waterplanten

Het uitzetten van waterplanten in de enclosures in combinatie met het afschermen van de petgaten in De Deelen is in de zuidelijke petgaten voor Krabbenscheer succesvol gebleken. De overige uitgezette planten werden overgroeid door Smalle waterpest. Indien de maatregel nogmaals wordt toegepast, is een aangepaste uitvoering wenselijk. In de periode van

afschermen voor vis zijn de twee zuidelijke petgaten grotendeels begroeid geweest met onderwatervegetatie. In de twee grotere, diepere en minder beschutte afgeschermdde noordelijke petgaten trad geen vermeerdering van submerse vegetatie op.

Doorspoelen petgaten

Bij het doorspoelen van de petgaten met water uit de zandwinplas neemt het fosfaatgehalte toe vanaf het inlaatpunt in het eerste petgat naar het derde petgat. De reden voor het vrijkomen van fosfaat wordt niet duidelijk uit het experiment. De waterplanten groeien in eerste instantie goed in de petgaten waar wordt doorgespoeld, maar deze positieve trend lijkt zich in het derde jaar van het experiment niet door te zetten.

Tijdelijke droogval

Tijdelijke droogval wordt als potentieel kansrijke maatregel gezien om de waterkwaliteit te verbeteren door het verbeteren van binding van fosfaat aan ijzer, waardoor een betere groeiconditie voor watervegetatie gecreëerd wordt. Metingen aan fosfaat in De Deelen één jaar na het experiment laten echter zien dat de bodem van De Deelen over onvoldoende ijzer beschikt om fosfaat voldoende te kunnen binden.

Actief visstandbeheer

Visstandbeheer heeft niet het beoogde effect gehad op het aquatische ecosysteem in de beide betreffende petgaten in De Deelen. Dit lag mede aan de onvoldoende afsluiting van de petgaten waardoor er weer vis vanuit De Deelen naar de afgeviste petgaten kon komen. De beviste en referentie-petgaten vertonen sterk gelijkende trends voor wat betreft fysisch-chemische toestand. In 2012 kende De Deelen een goede visstand: veel plantminnende vis als snoek en zeelt en weinig brasem. Op dit moment lijkt de noodzaak voor visstandbeheer dan ook niet (meer) aanwezig.

Opbrengen hooibalen

Het aanbrengen van hooibalen op de legakkers werd tot 2009 door Staatsbosbeheer uitgevoerd voor de instandhouding van de legakkers. Nadeel van deze maatregel is dat het hooi in een paar jaar vergaat en daardoor steeds opnieuw aangebracht moet worden. Het afbreken van de hooibalen resulteert lokaal in een toename van onder andere de P-belasting van De Deelen. De waterkwaliteit in relatie met het vrijkomen van voedingsstoffen ten gevolge van de hooiafbraak is gevolgd van 2009 t/m 2012. Voor de waterkwaliteit is het ongewenst om op deze wijze legakkers te beschermen.

Meetsonde

Voor ondersteuning van het waterpeilbeheer ten tijde van het flexibel peil project is in De Deelen gebruik gemaakt van een multivariate meetsonde voor de parameters EGV, O₂, temperatuur, pH en het oppervlaktewaterpeil. Aangetoond is dat de meetresultaten van de sonde vergelijkbaar zijn met de meetgegevens van het laboratorium en met de peilschaalgegevens in De Deelen (bij het boothuis). Voor continumeting is de sonde goed bruikbaar. De effecten op de belangrijkste stuurfactoren voor de waterkwaliteit in De Deelen van de maatregelen zijn in onderstaande tabel samengevat.

Maatregel	Effect op:			
	nutriënten	doorzicht	waterplanten	legakkers
Lange aanvoerroute				
Flexibel peilbeheer				
Enclosures			***	
Doorspoelen	*			
Tijdelijke droogval				
Visstandbeheer				
Hooibalen				**

(groen: positief effect; grijs: neutraal; rood: negatief effect).

** negatief doordat als gevolg van het doorspoelen het fosfaatgehalte in de drie petgaten toeneemt (interne eutrofiëring) Dit fenomeen kan ook als neutraal (grijs) worden beoordeeld.*

*** tijdelijk effect (3-5 jaar).*

**** positief voor Krabbenscheer.*

Waterkwaliteit

Voor de beschrijving van de waterkwaliteit is gekozen voor drie meetpunten waarvan langjarige meetreeksen beschikbaar zijn (218, 221, 628).

Meetpunt 218 is representatief voor de noordelijke petgaten en is van 2003 tot en met 2008 afgesloten vanwege experimenten met enclosures en visstandbeheer. De schermen van de noordelijke petgaten zijn pas in 2011 verwijderd. Het Oud Deel is de watergang van oost naar west in De Deelen waar de noordelijke en zuidelijke petgaten op uit komen. Hierin ligt meetpunt 221, centraal in De Deelen. Bij de uitlaat westelijk deel van De Deelen ligt meetpunt 628.

Bij meetpunt 628 worden hogere concentraties nutriënten gemeten dan bij 221 en 218.

De externe belasting van De Deelen met fosfaat (vanuit inlaatwater afspoeling en neerslag) is relatief laag. Uit de analyse komt naar voren dat de grootste bron van nutriënten in De Deelen interne eutrofiëring is. Dit wordt mogelijk versterkt door de hoge alkaliniteit van het inlaatwater, zowel uit de boezem als uit de zandwinplas. Sulfaat lijkt een minder belangrijke rol te spelen in De Deelen. Het inlaatwater uit de zandwinplas kent lage nutriëntenconcentraties en is voor inlaat daarom beter geschikt dan het boezemwater.

Interne eutrofiëring is op dit moment één van de grootste knelpunten om structureel aan de randvoorwaarden voor helder en plantenrijk water te kunnen voldoen doordat de fosfaatbelasting te hoog blijft. Op basis van waarnemingen van de groei van submerse waterplanten in 2011 en 2012 zit het watersysteem van De Deelen misschien wel dicht tegen een omslag van troebel naar helder aan.

Desondanks is de toestand voor de waterplanten, net als voor fytoplankton, volgens de KRW-systematiek nog steeds "ontoereikend". De visstand in De Deelen is goed en heeft met snoek en zeelt twee soorten met biomassa's indicierend voor vegetatierijk water. Macrofauna wordt sterk gestuurd door beschikbaar habitat. Door het ontbreken van voldoende onderwatervegetatie en een slappe waterbodem met bagger en beperkte geleidelijke overgangen tussen land en water scoort macrofauna matig in De Deelen.

Het flexibel peilbeheer heeft in De Deelen niet geleid tot de waterkwaliteitsverbetering waar vooraf op was gehoopt. Dit komt mede omdat de rol van interne nutriëntenbronnen in De Deelen vele malen belangrijker is dan de externe aanvoer van nutriënten. Mede door het afzwakken van het flexibel peilbeheer en het starten met de doorspoelproef (meer inlaatwater) is vanaf 2009 het fosfaatgehalte gedaald ten opzichte van de periode met flexibel peilbeheer en is het doorzicht sterk verbeterd.

Van maatregelen zoals visstandbeheer en het enten van waterplanten kan pas een blijvend effect worden verwacht als de nalevering vanuit de bodem wordt terug gebracht tot onder de kritische belasting voor De Deelen. Oplossingen voor het waterkwaliteits-probleem in De Deelen zullen dan ook op deze nalevering moeten ingrijpen (bijvoorbeeld door aanvullend fosfaatbindend vermogen door toevoegen van ijzer). Systeemgerichte maatregelen (enclosures met waterplanten, compartimentering) hebben een positief effect gehad op ontwikkeling van de onderwaterplanten in de zuidelijke petgaten totdat de schermen werden verwijderd.

In dit rapport wordt op basis van de analyse een aantal aanbevelingen gegeven:

- Onderzoek naar ijzersuppletie als mogelijkheid om fosfaat vast te leggen.
- Herhalen onderzoek aan tijdelijke droogval in combinatie met bodemchemisch onderzoek om daarvoor de meest kansrijke locaties te selecteren.
- Inlaat via lange aanvoerroute vervolgen en monitoren.
- Onderzoeken menging inlaatwater versus preferente doorstroming via hoofdroute. Dit onderzoek moet inzicht geven in de heterogeniteit (of homogeniteit) en de mate van hydrologische isolatie van de petgaten.
- Bodemchemisch onderzoek i.v.m. heterogeniteit van het gebied: ruimtelijke patronen in interne nalevering van fosfaat.
- Baggeren tot op de zandlaag: beperken van interne nalevering en opwerveling en verbeteren substraat voor waterplanten.
- Verlagen alkaliniteit inlaatwater m.b.v. filters of suppletie chemicaliën.

Inhoudsopgave

blz.

SAMENVATTING	I
1 INLEIDING	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doel en vraagstelling	5
1.3 Leeswijzer	6
2 GEBIEDSBESCHRIJVING EN WATERHUISHOUDING	7
2.1 Gebiedsbeschrijving	7
2.2 Waterhuishouding	8
2.3 Hydrologie	11
2.4 Conclusies periode voor 2000	11
3 BEHANDELDE MAATREGELEN EN MEETGEGEVENS	13
3.1 Behandelde maatregelen	13
3.2 Meetgegevens	14
4 RELEVANTE WETGEVING EN BELEID	16
4.1 Kaderrichtlijn Water	16
4.2 Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen De Deelen	17
5 BRONMAATREGELEN	19
5.1 Lange aanvoerroute: zowel Hooivaart als zandwinplas.	19
5.1.1 Doel en opzet	19
5.1.2 Resultaten	19
5.1.3 Conclusies	22
5.1.4 Aanbevelingen	22
5.2 Flexibel peilbeheer	22
5.2.1 Doel en opzet	22
5.2.2 Resultaten	23
5.2.3 Conclusies	24
5.2.4 Aanbevelingen	24
6 SYSTEEMMAATREGELEN	25
6.1 Enclosures: uitzetten waterplanten	25
6.1.1 Doel en opzet	25
6.1.2 Resultaten	25
6.1.3 Conclusies	26
6.1.4 Aanbevelingen	26
6.2 Doorspoelen petgaten	27
6.2.1 Doel en opzet	27
6.2.2 Resultaten en discussie	27
6.2.3 Conclusies	29
6.2.4 Aanbevelingen	29
7 INTERNE MAATREGELEN	31
7.1 Tijdelijke droogval	31
7.1.1 Doel en opzet	31
7.1.2 Resultaten en discussie	32

7.1.3	Conclusies	33
7.1.4	Aanbevelingen	33
7.2	Visstandbeheer	33
7.2.1	Doel en opzet	33
7.2.2	Resultaten en discussie	34
7.2.3	Conclusie en discussie	36
7.2.4	Aanbevelingen	36
7.3	Legakkerherstel met hooibalen	36
7.3.1	Doel en opzet	36
7.3.2	Resultaten en discussie	37
7.3.3	Conclusies	38
7.3.4	Aanbevelingen	38
8	OVERIGE ONDERZOEKEN	40
8.1	Meetsonde	40
8.1.1	Doel en opzet	40
8.1.2	Resultaten en discussie	40
8.1.3	Conclusies	42
8.1.4	Aanbevelingen	42
9	WATERKWALITEITSONTWIKKELING IN DE PERIODE 2000 - 2012	44
9.1	Gebruikte gegevens	44
9.2	Fysisch-chemische waterkwaliteit	44
9.2.1	Fosfaat	45
9.2.2	Stikstof	47
9.2.3	Sulfaat en alkaliniteit	48
9.2.4	Zuurstof	50
9.2.5	Doorzicht	51
9.2.6	Chloride	52
9.2.7	Zuurgraad	53
9.2.8	Temperatuur	53
9.3	Waterbodem	54
9.4	<i>Biologische toestand</i>	55
9.5	Ontwikkeling watervegetatie 2000-2012	57
9.6	Algemene conclusie waterkwaliteit	59
10	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	61
10.1	Stand van zaken waterkwaliteit	61
10.2	Conclusies maatregelen	62
10.3	Aanbevelingen vervolgonderzoek en maatregelen	62
10.3.1	Bron gerelateerd	62
10.3.2	Systeem gerelateerd	63
10.3.3	Intern	64
10.3.4	Overig	65
10.4	Monitoring	66
11	BRONNEN	71
	BIJLAGEN	75
	1. Overzicht meetperioden per meetpunt: fysisch-chemische parameters	
	2. Ligging van de meetpunten in De Deelen	
	3. Waterkwaliteitsparameters lange aanvoerroute	
	4. Waterkwaliteitsparameters doorspoelproef	

5. Waterkwaliteitsparameters tijdelijke droogval
6. Waterkwaliteitsparameters visstandbeheer
7. Waterkwaliteitsparameters bescherming legakkers met hooibalen
8. Meetsonde
9. Monitoring vanaf januari 2013

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

De Deelen ligt in het Lage Midden van Friesland ten noordoosten van Heerenveen aan de westflank van het Drents Plateau in een keten van laagveenmoerassen. Het laagveenmoeras De Deelen is een natuurgebied van ongeveer 514 hectare¹ groot en bestaat uit een aaneenschakeling van petgaten met legakkers en enkele doorgaande vaarten. Het gebied kent een grote diversiteit aan vogelleven.

De huidige waterkwaliteit is onder andere door het hoge fosfaatgehalte en geringe doorzicht onvoldoende. Hierdoor is de watervegetatie minder goed ontwikkeld dan gewenst. Verlandingsvegetaties zijn nauwelijks aanwezig en ook onderwatervegetatie ontbreekt grotendeels. Wetterskip Fryslân streeft naar een betere waterkwaliteit in De Deelen, voortkomend uit doelstellingen van de KRW. Daarnaast is de waterkwaliteit ook van belang voor het behalen van natuurdoelen, onder andere in het kader van Natura 2000 (als Vogelrichtlijngebied).

In verschillende perioden (vanaf 1992 tot en met 2012) zijn er verschillende maatregelen (aanbrengen en weer opheffen hydrologische compartimentering, toepassen flexibel peilbeheer, visstandbeheer, enclosureproeven, stabiliseren van legakkers met hooibalen, doorspoelen van petgaten) uitgevoerd om een meer natuurlijk functionerend hydrologisch systeem te verkrijgen en de waterkwaliteit te verbeteren. De waterkwaliteit is op verschillende parameters gemonitord vanaf het begin van de jaren '90 van de vorige eeuw.

Een overzicht van waterkwaliteitsonderzoek van 1987 tot en met 2003 is beschreven door Wetterskip Fryslân (Claassen & Thannhauser, 2004). Wetterskip Fryslân heeft aan Royal HaskoningDHV gevraagd de beschikbare gegevens voortkomend uit de basis-, KRW- en projectmatige monitoring in een rapportage vast te leggen voor de periode 2000-2012. Door middel van een overall analyse en interpretatie ontstaat zo meer inzicht in het functioneren van het watersysteem van De Deelen en de effecten van genomen maatregelen.

1.2 Doel en vraagstelling

Het doel van deze rapportage is om voor De Deelen een overzicht te geven van de waterkwaliteitsontwikkeling in de periode 2000-2012 en van de uitgevoerde maatregelen en experimenten ter verbetering van de waterkwaliteit. Centrale vragen van deze rapportage zijn:

- Wat is de waterkwaliteitsontwikkeling in De Deelen geweest in de periode 2000-2012.
- Hoe heeft de waterkwaliteit in De Deelen gereageerd op de diverse maatregelen in de periode 2000-2012.
- Welke vervolgmaatregelen en beheer zijn nodig om de waterkwaliteit (verder) te kunnen verbeteren.
- Welke monitoring is nodig in de nabije toekomst om de waterkwaliteitsontwikkeling te kunnen volgen.

Per maatregel zal worden uitgewerkt wat de invloed van de maatregel is geweest op de waterkwaliteit. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de beschikbare monitoring-gegevens en beschikbare rapportages. Er zijn daarnaast gegevens uit het monitoringprogramma van Wetterskip Fryslân gebruikt om deze invloeden te kunnen duiden:

- fysisch-chemische waterkwaliteit.
- waterplanten.

¹ volgens de ontwerpbegrenzing van het Vogelrichtlijngebied:

http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/gebieden/014/n2k_014_oo_deelen.pdf

- fytoplankton.
- visstand.

Het doel van de maatregelen is het verbeteren van de waterkwaliteit en daardoor het voldoen aan de KRW-doelen. Ook N2000 doelen worden hiermee gediend. De maatregelen, in tabel 1-1 genoemd, zijn gecategoriseerd volgens Jaarsma et al. (2008). Voor een verdere toelichting wordt verwezen naar hoofdstuk 3 en de uitwerking in de hoofdstukken 6 t/m 9.

Tabel 1-1. Maatregelen die zijn genomen in De Deelen en die in deze rapportage behandeld worden.

categorie	Maatregel
<i>Bronmaatregelen</i>	lange aanvoerroute Hooivaart
	flexibel peilbeheer
<i>Systeemmaatregelen</i>	enclosures waterplanten
	doorspoelen petgaten met water uit zandwinplas
<i>Interne maatregelen</i>	tijdelijke droogval
	actief visbeheer
	stabilisatie legakkers m.b.v. hooibalen
<i>Overig</i>	Meetsonde

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het gebied De Deelen, met nadruk op de waterhuishouding. Aan het eind van dit hoofdstuk worden kort de stand van zaken en trends in de waterkwaliteit van het gebied behandeld in de periode voor 2000.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht in tijd en ruimte van de maatregelen die ter verbetering van de waterkwaliteit zijn ingezet in De Deelen. De maatregelen zijn volgens Jaarsma et al. (2008) gecategoriseerd: brongerichte maatregelen (aangrijpend op externe nutriëntenbronnen), systeemmaatregelen (die het watersysteem en de vegetatiesuccessie beïnvloeden) en interne maatregelen (aangrijpend op interne nalevering e.d.).

Hoofdstuk 4 gaat kort in op de voor de waterkwaliteit relevante wetgeving en beleid. Vervolgens worden in de hoofdstukken 5 t/m 8 de maatregelen uitgewerkt, volgens dezelfde indeling als weergegeven in Tabel 1-1 en hoofdstuk 3. In hoofdstuk 9 wordt een uitwerking gegeven van de waterkwaliteitsontwikkeling in De Deelen in de periode 2000-2012, waarbij gebruikt wordt gemaakt van de beschrijving van de maatregelen. Conclusies over de huidige waterkwaliteit en de maatregelen staan ten slotte in hoofdstuk 10. Ook geeft dat hoofdstuk aanbevelingen met betrekking tot toekomstige maatregelen en monitoring.

2 GEBIEDSBESCHRIJVING EN WATERHUISHOUDING

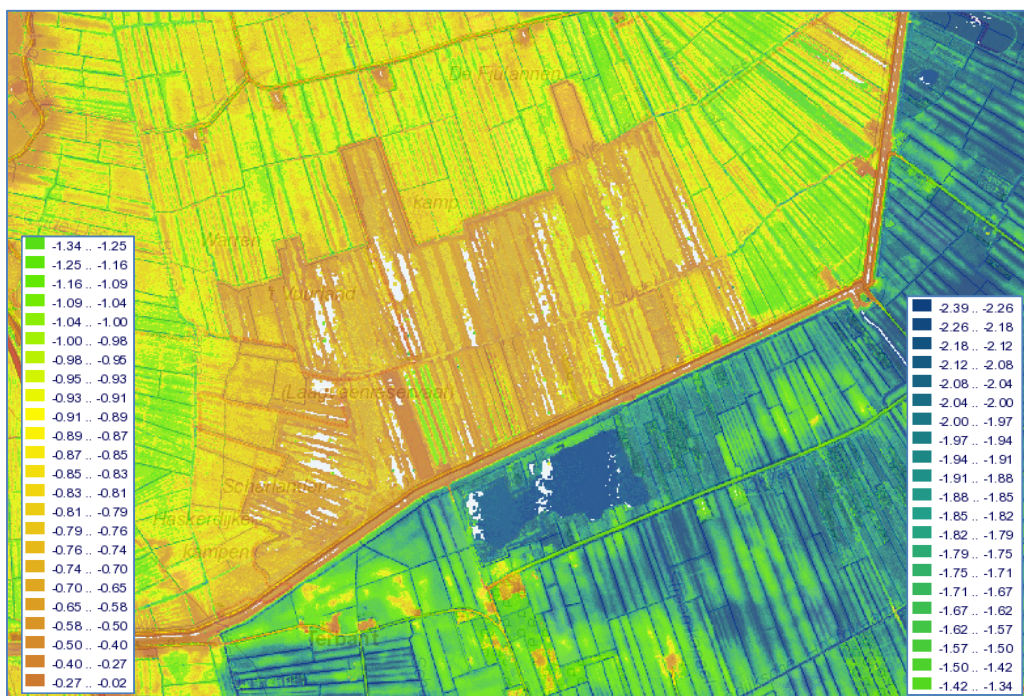
2.1 Gebiedsbeschrijving



Figuur 2-1. Luchtfoto van De Deelen (2010; rood omkaderd).

Het laagveenmoerasgebied De Deelen ligt in het lage Midden van Friesland, ten noordoosten van Heerenveen aan de westflank van het Drents Plateau. Het gebied behoort tot de laatst verveende gebieden in Friesland (vanaf de eerste helft van de 20^e eeuw tot 1964) en bestaat in de huidige situatie grotendeels uit een petgaten- en legakkersysteem. In een gedeelte van het gebied wordt ook nu nog veen afgegraven door een particulier. De westkant van het gebied omvat ook grotere graslandpercelen zonder petgaten.

De Deelen is omgeven door landbouwgebieden die worden bemalen. Daardoor ligt het gebied tegenwoordig hoger dan de landbouwgronden in de omgeving (Figuur 2-2). De gemiddelde maaiveldhoogte (de hoogte van de legakkers) in het gebied is circa -0,5 tot -0,1 m NAP. Rond 1850 behoorde het hooilandgebied van De Deelen (het gebied ten noorden van de Hooivaart) nog tot de vrij afwaterende boezemlanden. In de periode 1850-1930 zijn grote delen van dat Friese boezemland gevormd, eerst tot zomerpolder, later tot winterpolder. Vanaf circa 1960 startte de diepontwatering in het Lage Midden van Friesland. Door de hoge ligging van De Deelen treedt in de huidige situatie wegzijging op naar de omgeving (Iwaco, 1990).



Figuur 2-2. Relatieve hoogtekaart van De Deelen en directe omgeving (bron: AHN viewer, www.ahn.nl; 2013).

Beheer en eigendom

Het gebied, ongeveer 514 ha groot, is grotendeels in beheer bij Staatsbosbeheer. Slechts een klein gedeelte, ongeveer 35 ha, is in particulier bezit.

Bodem

De veendikte is beperkt tot circa 2 m. De legakkers bestaan uit een 1 à 1,5 m dikke laag veenmosveen met een circa 0,1 à 0,2 m dik kleidek. Daar waar petgaten zijn gegraven bevindt zich dus nog nauwelijks veen. Slechts een dikke sliblaag scheidt het water van de zandondergrond. In het hele gebied treedt wegzijging op, gemiddeld ongeveer 0.55 à 0.65 mm/d (Iwaco, 1990). Er is geen sprake meer van lokale en regionale kwel.

2.2 Waterhuishouding

Sinds de jaren '80 werd 's zomers in het gebied boezemwater vanuit de Hooivaart (vast streefpeil -0,52 m NAP) ingelaten via een duiker in het zuidoosten met een regelbare schuif. Het water stroomt dan onder vrij verval vanuit de Hooivaart via een lange aanvoerweg in De Deelen.

Een teveel aan neerslag in de winter kan op twee plaatsen uit het gebied worden afgevoerd: het water van De Deelen via een balkenstuw aan de oostzijde naar de Veerpolder en het water vanuit de landbouwgronden via een aparte stuw buiten het gebied. Vanaf 2002 wordt het water vrijwel uitsluitend via de balkenstuw aan de westzijde van De Deelen afgevoerd.

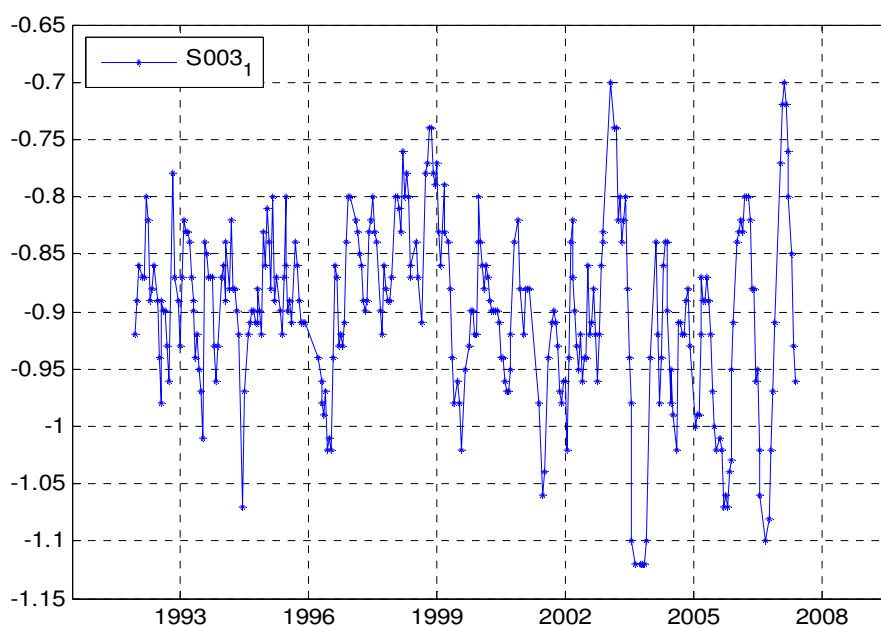
Tot en met 2002 werd er in de Deelen een vast streefpeil van -0,9 m NAP gehanteerd. Op basis van een advies van het OBN deskundigen team laagveen wateren is per 1 januari 2003 tot eind 2010, een meer natuurlijk peil ingesteld met een toegestane fluctuatie van -0,7 m NAP tot -1,2 m NAP. Na januari 2011 is op basis van de evaluatie van het flexibel peilbeheer overgegaan op een variabel peil met een kleine amplitude. Om verdere afkalving van de oevers van de legakkers te voorkomen is er besloten om vanaf januari 2011 een peil te hanteren met een

winterpeil van maximaal -0,70 m NAP en een zomerpeil van minimaal -1,00 m- NAP met een bandbreedte van 10 cm. In een klein deel van het gebied wordt nog verveend. Dat deel heeft een eigen door de vervener ingesteld peil (aangegeven op de kaart in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en Bijlage 2). De peilen staan in onderstaande tabel samengevat.

Tabel 2.1 Overzicht peilregimes in de periode 2000-2012.

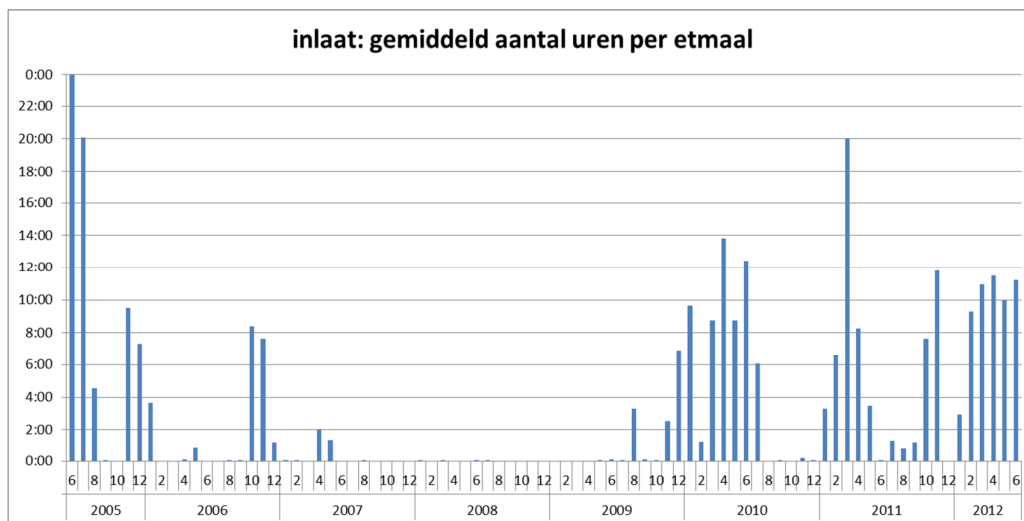
Periode	Peilen
Tot 2002	-0,9 m NAP (vast peil)
2003 – 2010	Maximaal. winterpeil -0,7 m NAP en minimaal zomerpeil - 1,2 m NAP (flexibel peil)
2011 – 2012	Winterpeil -0,7 m NAP en zomerpeil -0,90 m NAP met een bandbreedte van 10 cm

Het meer natuurlijke peil betekende dat er sinds 2003 in principe alleen nog water werd ingelaten vanuit de zandwinplas. Afgesproken is dat wanneer in zeer droge zomers een tekort aan water voor aanvoer vanuit de zandwinplas optreedt, er dan water vanuit de Hooivaart in De Deelen ingelaten wordt. In onderstaande figuur staat het peilverloop weergegeven van het peil in De Deelen (Staatsbosbeheer, 2011). Vanaf 2003 is te zien dat de waterstand verder uitzakt, maar nog niet het laagste peil bereikt, ook niet in het zeer droge jaar 2003 (ongeveer -1.12 m NAP).



Figuur 2-3: Oppervlaktewaterstanden De Deelen 1993 – 2008 (Staatsbosbeheer, 2011).

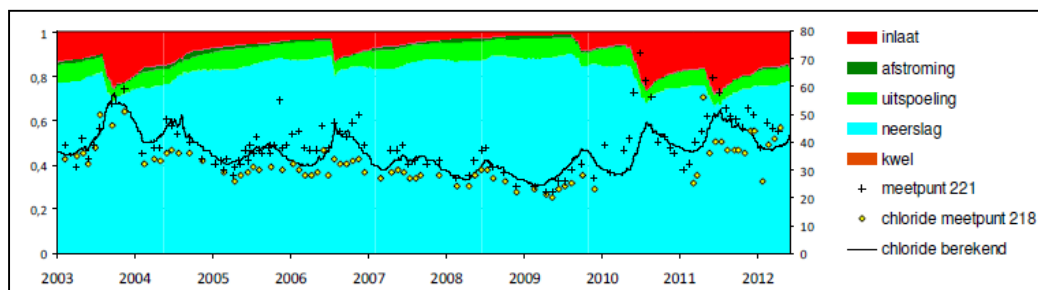
De aanvoer van water uit de zandwinplas wordt gestopt als het waterpeil in de zandwinplas dusdanig laag wordt waardoor de stabiliteit van de oevers van de put in gevaar komt. In figuur 2-4 zijn de draaiuren van het inlaatgemaal (maximaal 12 m³/minuut) vanuit de zandwinplas weergegeven over de periode van 2005 tot en met 2012. Uit de figuur is af te leiden dat in de periode van 2006 tot en met 2009 de inlaat beperkt was. Opgemerkt wordt dat de datareeks gedurende de periode 2008-2009 een lange tijd geen data geeft. Hierdoor is het mogelijk dat de daadwerkelijke inlaat groter is. Vanaf 2010 neemt de inlaat vanuit de zandwinplas toe. Dit heeft te maken met de proef met het doorspoelen van water uit de zandwinplas (2010-2012).



Figuur 2-4: Draaiuren per etmaal inlaat zandwinplas 2005 tot en met 2012.

Witteveen+Bos heeft in 2012 een waterbalans opgesteld van De Deelen. De waterbalans geeft een beeld van de oorsprong van het oppervlaktewater in De Deelen. In Figuur 2-5 is de samenstelling van het oppervlaktewater van De Deelen weergegeven. De figuur geeft weer wat het aandeel is van de verschillende waterbalans onderdelen. Kwel aangegeven (donker rood) dit treedt echter niet op in De Deelen. De berekende (lijn) en gemeten chloridegehaltes zijn gebruikt om het model te kalibreren.

Uit de figuur is af te leiden dat het grootste deel van het water bestaat uit neerslagwater (blauw) dat rechtstreeks op het oppervlaktewater valt (ca. 80%). Het aandeel afstroming (donkergroen) en uitspoeling (lichtgroen) is zeer beperkt (ca. 5%) doordat het oppervlak van de legakkers beperkt is. In de periode van 2003 tot 2010 bedraagt het aandeel inlaatwater (rood) tussen de 5 en 20%. In deze periode met flexibel peilbeheer (2003 tot en met 2010) heeft er geen tot weinig inlaat plaats gevonden. Vanaf 2011 is een duidelijke toename in het aandeel van de inlaat in zomerperiodes te zien. In deze periode is overgegaan op beperkt flexibel peilbeheer. Om verder uitzakken te voorkomen vindt op dat moment inlaat plaats. Het aandeel inlaatwater varieert in deze perioden van 30 tot 40%. Op de momenten dat inlaat plaatsvindt, is een stijging in het chloridegehalte waar te nemen als gevolg van een veranderende samenstelling van het oppervlaktewater. Het chloridegehalte lijkt ook te stijgen in de periode vanaf 2010 op het moment dat er over wordt gegaan op een ander peilregime en er meer water ingelaten wordt (zie ook paragraaf 9.2.6).



Figuur 2-5: Samenstelling oppervlaktewater De Deelen (overgenomen uit Witteveen+Bos, 2012).

2.3 Hydrologie

Van oudsher was het reservaat het laagst gelegen deel van de veenpolder De Deelen en daardoor zeer nat. Via de ondergrond vond (kwel)water voeding plaats vanuit het zuidoosten, vanuit het zandgebied dat gevormd wordt door het Drents Plateau en de Friese uitlopers hiervan. De keileemondergrond en de zandafzettingen, achtergebleven na de ijstijden, vormen de basis van het gevormde veen. Onder invloed van regenwater konden zich dikke (veen)mos pakketten ontwikkelen.

Tot ongeveer 1100 lag dit veengebied boven de zeespiegel. Door stijging van de zeespiegel werd de afwatering steeds meer belemmerd en ging het grondwater stijgen, waardoor de veengroei als gevolg van verdrinking eindigde. Daarnaast verslechterde de afvoer van het regen-, grond- en kwelwater door het opslibben van de kleigronden ten westen van De Deelen.

Het gebied was slecht ontsloten. Daar de overige delen van de polder beter ontsloten waren is dit in cultuur gebracht. Als gevolg van veenaafgraving (ten zuiden van de Hooivaart), oxidatie, mineralisatie en inklinking is het veen hier merendeels verdwenen. Hierdoor is het natuurgebied De Deelen ten opzichte van de omgeving steeds hoger komen te liggen. De kwel is verdwenen en er vindt in het gebied wegzijging plaats.

Een uitgebreide waterbalansstudie is door Iwaco (1990) uitgevoerd, welke bevestigt dat het gebied in de loop der tijd is veranderd van kwelgebied naar wegzijgingsgebied, vooral door de sterk ontwaterde omliggende landbouwpolders. De gronden rondom het reservaat zijn diep ontwaterd en voornamelijk in gebruik als grasland. In deze studie is uitgegaan van peilen -1,90 m NAP in het noorden en in het zuiden -2,35 m tot -2,95 m NAP. Inmiddels zijn de peilen verder verlaagd in het noorden naar -2,0 m NAP en -2,4 m tot -3,1 m NAP in het zuiden. Deze lage peilen leiden tot een wegzijging vanuit het natuurgebied.

Die wegzijging bedraagt op basis van de waterbalans gemiddeld 0,7 +/- 0,5 mm/d. De plaatselijk in het veld gemeten wegzijging is nog aanzienlijk hoger (tot 7 - 14 mm/d). Naast wegzijging zorgt ook verdamping voor een grote wateraanvoerbehoefte 's zomers. Door de verlaagde peilen ten opzichte van de studie van 1990 is het aannemelijk dat de wegzijging is toegenomen.

2.4 Conclusies periode voor 2000

Een overzicht van waterkwaliteitsonderzoek in De Deelen is voor de periode 1987-2003 beschreven door Claassen & Thannhauser-Douwma (2004). De nu voorliggende rapportage richt zich op de periode vanaf 2000 tot en met 2012.

In de periode 1987-2003 was het water in De Deelen sterk eutroof, wat zichtbaar was aan hoge fosfaat-, stikstof- en chlorofylconcentraties. De hoge nutriënten- en chlorofyl-concentraties

werden voor een belangrijk deel bepaald door interne eutrofiëring (Groot, 1991). Er is een langzame afname van de trofiegraad van het oppervlaktewater in De Deelen waargenomen.

In de jaren '90 van de vorige eeuw is een dalende trend waargenomen in fosfaat- en stikstofconcentraties, terwijl de chlorofylconcentratie min of meer constant en relatief hoog bleef. De invloed van inlaat van water uit de zandwinplas – in plaats van inlaat uit de Hooivaart – heeft onder andere gezorgd voor een stijgende chlorideconcentratie. Het chloridegehalte is daar waar zandwinplaswater in De Deelen binnenkomt wel hoger, maar in de winter zijn de waarden vergelijkbaar met het de rest van De Deelen. Juist in De Deelen zien we een dalende chloridegehalte van 1991 t/m 2003. Zie fig. 12 en 13 uit Claassen & Thannhauser-Douwma (2004).

De getroffen herstelmaatregelen (ook de combinatie van de maatregelen niet) van vòòr 2003 hebben niet geleid tot een verbetering van de waterkwaliteit.

- In de vier aanvankelijk aanwezige hydrologische compartimenten (Regiwa fase 1, 1992) binnen De Deelen trad, ondanks verschillen in hydrologie en getroffen maatregelen, zeer traag een geringe vooruitgang van de waterkwaliteit op, echter de waterkwaliteitsdoelen worden niet gehaald (Claassen & Thannhauser-Douwma, 2004).
- Het helofytenfilter (een aanplant van riet op onvergraven veenbodem) heeft met name in de beginperiode juist geleid tot nalevering, in plaats van de beoogde verwijdering van nutriënten uit ingelaten boezemwater. Vermoed wordt dat er te snel na aanleg water doorheen is geleid. Waterinlaat via het aangelegde helofytenfilter leidde destijds (1993 t/m 1997) tot extra nutriëntenaanvoer (naar compartiment 2, in het oosten van De Deelen).

Door Claassen & Thannhauser-Douwma (2004) is geconcludeerd dat, gezien de hogere ligging van De Deelen ten opzichte van de omgeving, een grondwater-gevoede situatie niet langer aan de orde was. Door een combinatie van een verdampingoverschot en wegzijging is 's zomers inlaat van water nodig gebleken. Met het oog op de lagere nutriëntengehalten en het relatief lithotrofe karakter is besloten zoveel mogelijk water uit de zandwinplas in te laten en zo weinig mogelijk boezemwaterinlaat (uit de Hooivaart). Vanwege de sterke overeenkomst in waterkwaliteit van de verschillende hydrologische componenten is de compartimentering in 2003 opgeheven. en wordt het gebied zoveel mogelijk als één aaneengesloten waterhuishoudkundige eenheid beheerd met een hydrologische gradiënt van oost naar west in het gebied.

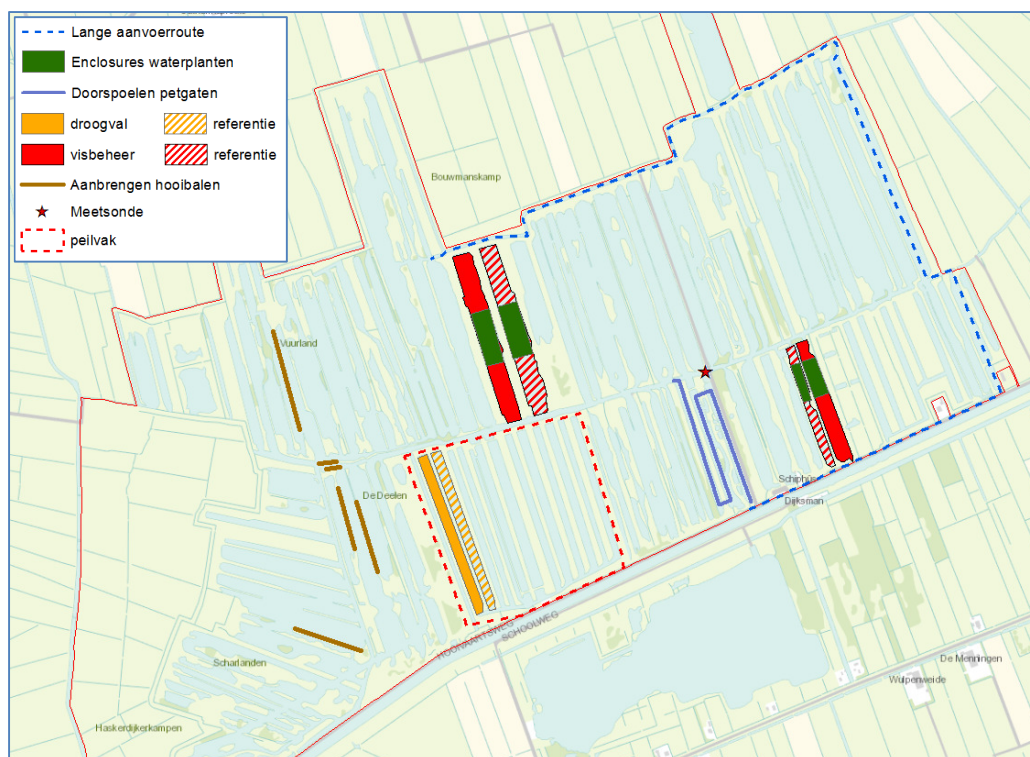
Tabel 2-2. Globaal overzicht van trends van enkele (bio)chemische waterkwaliteitsparameters in de periode 1987-2003, in De Deelen en directe omgeving. Overgenomen uit Claassen & Thannhauser-Douwma (2004). Codes corresponderen met meetpunten van het monitoringprogramma, weergegeven op de kaart in Bijlage 2.

code	locatie	chloride	fosfaat	stikstof	chlorofyl	trend	concentratieniveau
77	BUITENRINGVAART boezemwater	+	0	+	+	+	dalend
79	NOKVAART polderwater zuid	+	+	+	0	0	vrijwel onveranderd
215	HOOIVAART boezemwater	+	0	0	0	-	stijgend
217	DE DEELEN verlengde aanvoerweg	+	+	0	0		concentratieniveau hoger dan boezemwater
218	DE DEELEN deelgebied 4 noord	+	+	0	0		concentratieniveau gelijk aan boezemwater
219	DE DEELEN deelgebied 4 west	+	+	+	0		concentratieniveau lager dan boezemwater
368	DE DEELEN deelgebied 4 west	0	+	+	0		eerst hoger daarna lager dan boezemwater
369	DE DEELEN deelgebied 4 west	0	+	+	0		eerst lager daarna hoger dan boezemwater
370	DE DEELEN deelgebied 4 west	0	+	+	0		
220	DE DEELEN deelgebied 2	+	+	+	0		
203	ZANDWINPLAS P.G. Ottenweg	0	+	+	0		
267	DE DEELEN deelgebied 1 zuid	-	+	+	+		
268	DE DEELEN deelgebied 1 midden	-	+	+	0		
221	DE DEELEN deelgebied 3	0	+	+	0		

3 BEHANDELDE MAATREGELEN EN MEETGEGEVENS

3.1 Behandelde maatregelen

In de afgelopen jaren zijn op verschillende locaties binnen De Deelen maatregelen uitgevoerd ter verbetering van de waterkwaliteit, onder andere op advies van het OBN-deskundigenteam laagveenwateren. De ruimtelijke verspreiding en de perioden in de tijd waarin de maatregelen zijn uitgevoerd c.q. gestart, staan weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3-1. Overzicht in ruimte en tijd van behandelde maatregelen in De Deelen (periode 2000-2012). De kleuren in de kaart komen overeen met die in de tabel, waarin de tijdspanne van de maatregelen staat aangegeven. De rode stippellijn geeft het aparte peilvak weer.

categorie	Maatregel	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
bron-maatregelen	lange aanvoerroute ¹													
	flexibel peilbeheer ²													
systeem-maatregelen	enclosures waterplanten													
	doorspoelen petgaten ⁴													
interne maatregelen	tijdelijke droogval													
	actief visbeheer													
	aanbrengen hooibalen ³													
Overig	Meetsonde													

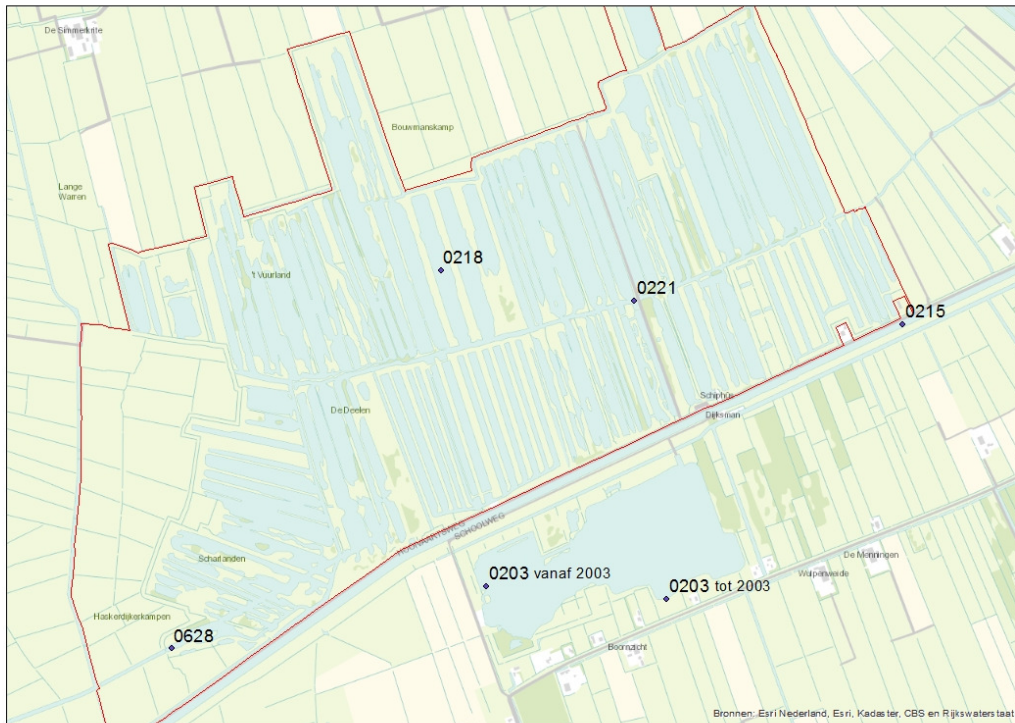
1. al vanaf 1992; inlaat uit Hooivaart vanaf 2011 aanpassing peilregime (zie paragraaf 5.2).

2. In 2007/2008 en 2008/2009 veel meer hooibalen opgebracht dan voorheen.

3. doorspoelproef met water uit zandwinplas.

3.2

Alle locaties waar waterkwaliteitsmetingen zijn uitgevoerd in De Deelen zijn op kaart weergegeven in bijlage 2. Voor een vijftal van deze punten geldt dat er langdurig een groot aantal parameters gemonitord is; dit zijn de zogenaamde “vaste” meetpunten (zie figuur 3.2 en hoofdstuk 9). Een overzicht van welke parameters er gemeten zijn per meetpunt en over welke periode staat in **Tabel 3-1** voor de “vaste” meetpunten en in bijlage 1 voor alle gebruikte meetpunten. Meetlocatie 221 ligt in het Oud Deel en wordt ook voor KRW-monitoring gebruikt; 218 ligt in een noordelijk relatief nieuw petgat; 628 ligt bij de uitlaat. De punten 215 (Hooivaart, boezemwater) en 203 (zandwinplas) zijn representatief voor de kwaliteit van het in te laten water.



Figuur 3-2. De belangrijkste meetpunten met meerjarige reeksen in De Deelen voor de waterkwaliteit van het gebied.

Tabel 3-1: Overzicht beschikbare gegevens per meetpunt in de periode 2000-2012. De frequentie van de metingen staat weergegeven in Bijlage 1.

Code	Fysisch	Chemisch		Biologisch				
	Veldparameters	Nutriënten	Macro-ionen	Waterplanten	Fytoplankton	Chlorofyl-A	Macrofauna	Vissen
203	2000-2012	2000-2001 2003-2012	2000-2012	2000, 2003, 2008	2000, 2003, 2004, 2006, 2008, 2011	2000-2001 2003-2012	2000	-
215	2000 2003-2012	2000 2003-2012	2000 2003-2009 2011-2012	-	-	2000 2003-2009	-	-

Code	Fysisch	Chemisch		Biologisch				
218	2000- 2001 2003- 2009 2011- 2012	2000- 2001 2003- 2009 2011- 2012	2000- 2001 2003- 2009 2011- 2012	2000-2001 2003-2009 2011	2000-2001 2003-2009 2011	2000- 2001 2003- 2009 2011- 2012	2001, 2006	2004, 2005, 2009, 2012
221	2003- 2012	2003- 2012	2003- 2012	2005-2011	2003 2005-2011	2003- 2012	2005- 2006	-
628	2001 2003- 2012	2001 2003- 2012	2001 2003- 2012	-	2001, 2003	2001 2003- 2012	-	-

4 RELEVANTE WETGEVING EN BELEID

In dit hoofdstuk wordt de wetgeving en het beleid weergegeven die van toepassing is op De Deelen en relevant voor de waterkwaliteit. De doelstellingen vanuit de KRW en de aanwijzing als Natura 2000-gebied dienen als richtlijnen voor behoud c.q. verbetering van waterkwaliteit. Er zal dan ook zo concreet mogelijk een beeld worden geschetst van de waterkwaliteitseisen voor De Deelen.

4.1 Kaderrichtlijn Water

De Deelen maakt deel uit van het KRW-waterlichaam 'Laagveenplassen Friesland' (hierna Laagveenplassen). Het waterlichaam omvat vijf geïsoleerde laagveenplassen met een oppervlakte groter dan 250 ha: Alde Feanen, De Deelen, Lindevallei, Rottige Meente/Brandemeer en Easterskar. De Deelen is het representatieve waterlichaam dat wordt gemonitord en beoordeeld voor de KRW.

De Deelen is volgens de KRW-systematiek getypeerd als "matig grote ondiepe laagveenplassen" (M27). Voor natuurlijke wateren zijn deze typen beschreven in Van der Molen & Pot (2007 en 2012), waar ook referentiewaarden (maatlaten) worden gegeven voor een goed functionerende, natuurlijke vorm van ieder type. De Friese wateren worden sterk beïnvloed door menselijke activiteiten en zijn daarom niet meer als natuurlijk te beschouwen. De natuurlijke referentiesituatie is dus geen haalbaar doel. De Deelen hebben in de KRW-systematiek dan ook de status 'sterk veranderd' gekregen (Wetterskip Fryslân, 2009).

Bij de sterk veranderde wateren is de doelstelling aangepast. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de gekwantificeerde doelstellingen. In de blauw gekleurde vakjes staan de gewijzigde Friese doelstellingen ten opzichte van de landelijke maatlat. Voor De Deelen betreft dit een doelverlaging voor de kwaliteitselementen overige waterflora en vissen.

Tabel 4-1: De KRW- doelen en beleidsdoelen 2015 voor De Deelen. Blauw: aanpassingen t.o.v. de GET. Oranje: Friese afwijking beleidsdoelen 2015 t.o.v. GEP.

Maatlat	Biologische kwaliteitselementen (als EKR)				Fysisch-chemische parameters						
	Fytoplankton	overige waterflora	Macrofauna	Vissen	Totaal fosfaat (mg/l)	Totaal stikstof (mg/l)	Zuurstof (%)	Doorzicht (m)	Temperatuur (°C)	Chloride (mg/l)	Zuurgraad
Referentie M27 (GET)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,09	1,3	60-120	0,9	25	200	5,5-7,5
Doel De Deelen (GEP)	0,6	0,4	0,6	0,45	0,09	1,3	60-120	0,9	25	200	5,5-7,5
Beleidsdoel 2015	0,5	0,3	0,6	0,45	0,09	1,8	60-120	0,6	25	200	5,5-7,5

Nieuwe- versus oude maatlaten

In het najaar van 2012 is de geactualiseerde versie van het document Referenties en maatlaten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water (STOWA, 2012) beschikbaar gekomen. De doelen die in dit document genoemd worden, zijn van toepassing bij de voorbereiding van de volgende planperiode (2015-2021). De landelijke actualisatie van de maatlaten heeft voor het watertype M27 met name gevolgen voor de maatlaten macrofyten en vissen.

Vanuit de aanwijzing van De Deelen als Natura 2000-gebied gelden instandhoudingsdoelstellingen voor een aantal vogelsoorten en de gestreepte waterroofkever. Deze soorten zijn in meer of mindere mate afhankelijk van de oppervlaktewaterkwaliteit. Roerdomp, purperreiger, zwarte stern, rietzanger en nonnetje zijn gebaat bij verlandingsvegetaties en helder water.

De gewenste verlandingsvegetaties zijn krabbenscheervelden (voor zwarte stern) en rietlanden (reigersoorten en rietzanger). Deze ontstaan bij mesotrofe tot matig eutrofe situaties. Onder sterk eutrofe omstandigheden zullen dergelijke vegetaties niet ontstaan. Ook is dan niet te verwachten dat in De Deelen het oppervlaktewater helder genoeg is om voor zichtjagers, waaronder zwarte stern en nonnetje, als foerageergebied te kunnen dienen.

Tabel 4-2: Natura 2000- instandhoudingsdoelstellingen voor De Deelen. De doelstelling voor populaties betreft een indicatie voor de draagkracht van leefgebied, geen exacte aantallen. De huidige omvang van populatie betreft de laatste 10 jaar (Dienst Landelijk Gebied, 2011). De rietzanger is alleen in 2003 geteld.

		oppervlakte	kwaliteit	doelstelling populatie*	huidige omvang populatie*
Habitatsoorten (complementair)					
H1082	Gestreepte waterroofkever	>	>	>	?
H1318	Meervleermuis	=	=	=	?
Broedvogels					
A021	Roerdomp	=	=	5	1-2
A029	Purperreiger	=	=	5	3-10
A081	Bruine kiekendief	>	>	5	1-3
A197	Zwarte stern	>	>	50	30-65
A295	Rietzanger	=	=	200	198
Niet-broedvogels					
A027	Grote zilverreiger	=	=	40	>40
A041	Kolgans	=	=	17600	>19000
A043	Grauwe gans	=	=	480	>600
A045	Brandgans	=	=	9900	>12000
A050	Smient	=	=	1700	500-1500
A056	Slobeend	=	=	80	~80
A068	Nonnetje	=	=	20	>30

* voor broedvogels: aantallen broedparen; voor niet-broedvogels: aantallen individuen.

= behoud; > uitbreiding/verbetering; ? onbekend.

In het ontwerpbeheerplan Natura 2000 voor De Deelen (Dienst Landelijk Gebied, 2011) worden de volgende knelpunten genoemd voor de (te) lage aantallen broedparen:

- Gebrek aan waterriet door te steile oevers, afslag van legakkers, ganzenvraat en te zure bodems (roerdomp, purperreiger).
- Gebrek aan overhangend wilgenstruweel (purperreiger).
- Onzeker perspectief voor ontwikkeling riet en ruigte (bruine kiekendief, rietzanger).
- Gebrek aan krabbenscheervelden (zwarte stern).
- Onvoldoende helder water voor zichtjagers (purperreiger, zwarte stern).

Voor de meeste niet-broedvogels is de waterkwaliteit van ondergeschikt belang, aangezien ze overwegend op land foerageren en/of De Deelen voornamelijk als rustplaats gebruiken. Uitzondering is het nonnetje dat wel gebaat is bij helder water; de instandhoudingsdoelstelling wordt echter gehaald voor deze soort.

De gestreepte waterroofkever is gebaat bij helder water en een goed ontwikkelde water- en oevervegetatie. De populatiegrootte is weliswaar niet bekend, maar er geldt een verbeterdoelstelling voor deze soort in De Deelen.

Vanuit Natura 2000 gezien is het dus wenselijk om de waterkwaliteit op een aantal punten te verbeteren, teneinde verlandingsvegetaties (met name waterriet) te bevorderen en het doorzicht voor zichtjagers te vergroten.

5 BRONMAATREGELEN

5.1 Lange aanvoerroute: zowel Hooivaart als zandwinplas.

5.1.1 Doel en opzet

Al voor 2000 wordt als lange aanvoerroute het inlaatwater uit de boezem (Hooivaart) via de petgaten en sloot aan de oost- en noordzijde De Deelen in geleid en komt centraal in De Deelen uit. (Claassen & Thannhauser-Douwma, 2004). De aanliggende petgaten zijn in het noorden en oosten met gronddammen geïsoleerd van deze aanvoerroute.

De onderliggende hypothese van de lange aanvoerroute is als volgt:

- Neerslag/wegvangen van zwevend stof zodat doorzicht beter wordt en vegetatie zich kan ontwikkelen.
- Gebruik maken van zuiverende werking waardoor inlaatwater schoner wordt (opname nutriënten door waterplanten). In de noordelijke sloot is veel onderwatervegetatie aanwezig.

Naast inlaat vanuit de boezem (Hooivaart) wordt vanaf 2002 primair in De Deelen water ingelaten uit de zandwinplas. Deze aanvoer wordt westelijk geleid in een aanvoersloot parallel aan de boezem om via een sloot aan de oostzijde van het helofytenfilter in het Oud Deel te stromen. Vanaf de periode 2010 loopt de aanvoer via een afsluitbare buis vanuit de zandwinplas tegenover het gemaal in De Deelen en is de lange aanvoerroute afgesloten. Deze korte route is in gebruik genomen voor de proef doorspoelen van drie petgaten (zie paragraaf 6.2).

Tabel 5-1. Herkomst water in aanvoerroute door de jaren heen.

Jaren	situatie	peilbeheer	Herkomst water in aanvoerroute
Voor 2000-2002	Nulsituatie	Vast streefpeil -0,90 m NAP	inlaat boezemwater
2003-2010	Lange aanvoerroute	Flexibel peil: -1,20/-0,70 m NAP	Beperkte inlaat; grotendeels uit zandwinplas met klein deel aanvulling uit boezem
2011-2012	Lange aanvoerroute; Doorspoelproef	Vast streefpeil -0,80 m NAP,	Inlaat uit boezem; water uit zandwinplas wordt gebruikt voor doorspoelproef
> 2012	Lange aanvoerroute	bandbreedte -0,90/-0,70 m NAP	Grotendeels inlaat uit zandwinplas aangevuld met boezemwater indien nodig

In principe wordt vanaf 2002 alleen water uit de zandwinplas ingelaten. Alleen wanneer het peil in de zandwinplas te laag dreigt te worden, wordt er indien nodig water uit de Hooivaart via de lange aanvoerroute geleid.

5.1.2 Resultaten

Er zijn vijf meetpunten beschikbaar om de effecten van de lange inlaatrouten (noorden en oosten) te beoordelen. Deze meetpunten staan in Tabel 5-2. Voor ligging van de meetpunten zie bijlage 2.

Tabel 5-2. Meetpunten relevant voor de lange aanvoerroute.

Meetpuntcode	Meetgegevens beschikbaar	Relevantie
203	2000-2012	ingelaten water uit zandwinplas
215	2000-2012; 2010 ontbreekt	ingelaten boezemwater
217	2000-2012	nabij begin aanvoerroute
580	2000	halverwege aanvoerroute
581	2000	uitlaat aanvoerroute in gebied

De effecten van de aanvoerroute op de waterkwaliteit zijn lastig te beoordelen doordat:

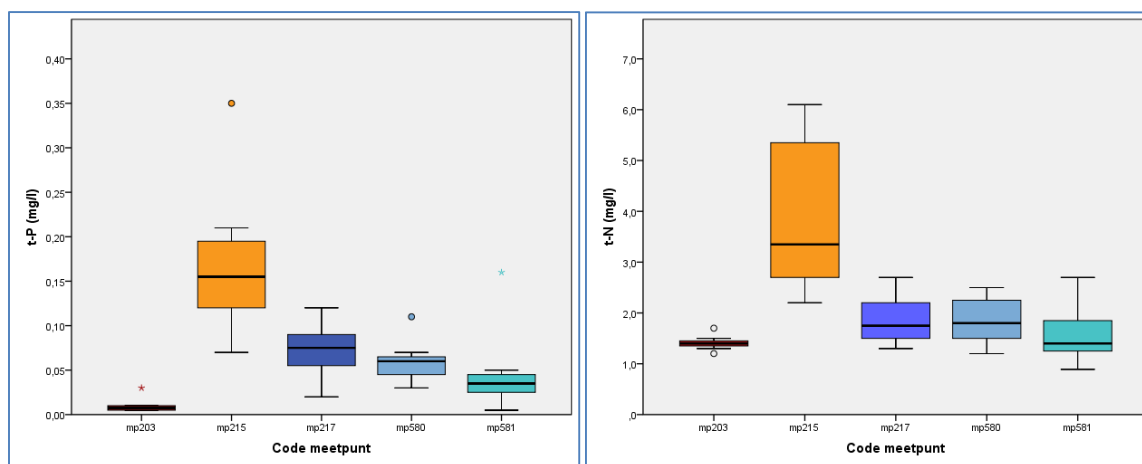
- Er nogal wat wisselingen zijn geweest van de samenstelling van het water in de lange aanvoerroute door de experimenten in de periode 2000-2012, waaronder beperking van de inlaat door instellen flexibel peil.
- Er alleen in 2000 meetgegevens beschikbaar zijn voor het middelste (mp 580) en laatste traject (mp 581) in de aanvoerroute.
- Er geen meetgegevens zijn voor meetpunt 215 (boezem) in 2010.
- De nutriëntenbelasting van het water uit de zandwinplas zeer laag is; voorzuivering in de aanvoerroute is voor nutriënten dus eigenlijk niet nodig.

De analyse is daarom gesplitst in twee delen:

- Nulsituatie zonder lange aanvoerroute (2000); alle meetpunten.
- Situatie met aanvoer uit boezemwater via lange aanvoerroute via oosten en noorden (2011); alleen meetpunten 215 (boezemwater) en 217 (in aanvoerroute).

Nulsituatie 2000

De waterkwaliteit in is in 2000 een stuk beter dan de waterkwaliteit van de boezem. Voor totaal-P, chlorofyl-a en zwevend stof zijn er kleine verschillen in de waterkwaliteit binnen de toekomstige aanvoerroute. De meetpunten met de grootste afstand tot de boezem hebben in 2000 een iets betere kwaliteit (zie figuur 5-1 en bijlage 3).



Voorstel de P en N figuren bij elkaar te plaatsen, dan kunnen de verschillen afgelezen worden. Dit pas als alle wijzigingen zijn geaccepteerd. Nu gaat dat niet zo gemakkelijk. Figuur 5-1. Ontwikkeling totaal-P (links) en totaal-N (rechts) in inlaatwater (mp 203 en 215) en de lange aanvoerroute (mp 217 en 580/581) in 2000 (jaargemiddelde).

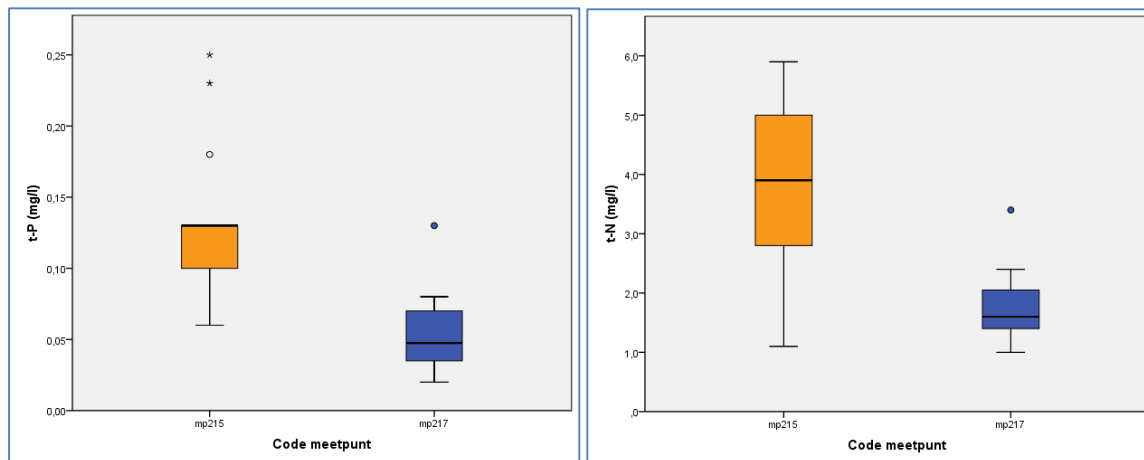
Toelichting boxplot

Meetwaarden worden in deze rapportage soms gepresenteerd in een *boxplot*. Een *boxplot* is een grafische weergave van de verdeling van een variabele op basis van de mediaan (zwarte streep) en het eerste en derde kwartiel (boven- en ondergrens van de gekleurde *box*). De lengte van de *box* komt dus overeen met de interkwartielafstand (*IQR*). De helft van alle meetwaarden ligt dus in deze *box*. De horizontale strepen boven en onder de *box* (de *whiskers*) markeren de hoogst en laagst voorkomende waarden binnen 1,5 *IQR*. Waarden op 1,5-3,0 *IQR* van de *box* zijn *outliers* (aangegeven met een rondje o). Waarden op meer dan 3 *IQR* zijn *extremes* (aangegeven met een asterisk *). Boxplots zijn handig om de verdeling van verschillende groepen te vergelijken. In deze rapportage zijn boxplots vooral toegepast om resultaten van experimenten te beschrijven als er maar voor een beperkt aantal jaren meetwaarden beschikbaar zijn. In dat soort gevallen geeft een gemiddelde te vaak weinig informatie. Door het toepassen van boxplots is het toch mogelijk om verschillen inzichtelijk te maken. De verschillende kleuren van de boxplots zijn gebruikt ter onderscheiding van de meetpunten. Indien er voor een meetpunt geen meetgegevens beschikbaar zijn dan zal de boxplot voor dat meetpunt ontbreken.

Inlaat boezemwater via aanvoerroute 2011

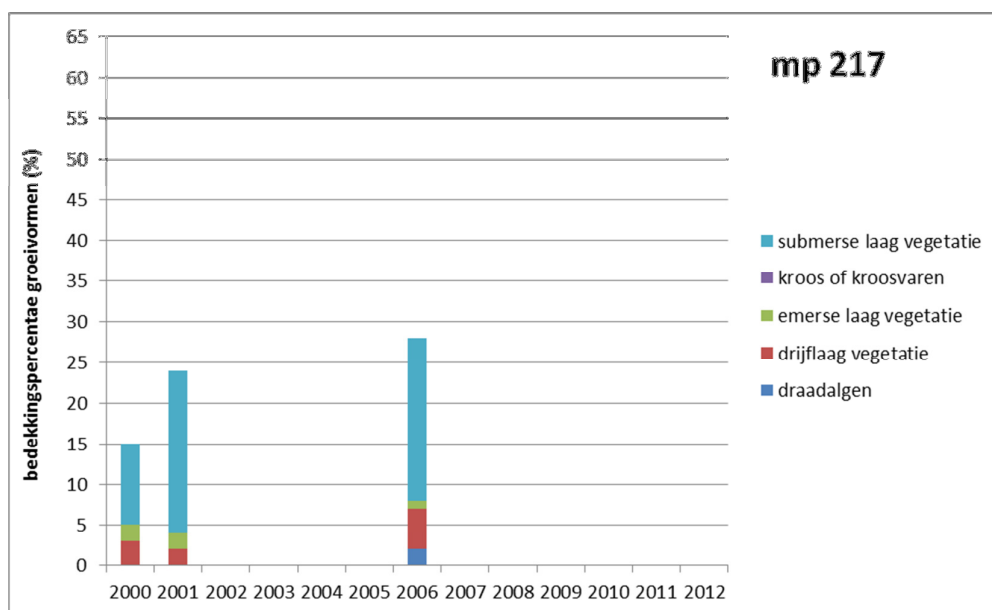
Al voor 2000 is de lange aanvoerroute aangelegd en in gebruik genomen. De aanvoerroute vertoont in 2011 veel overeenkomsten met de kwaliteit van het inlaatwater als wordt gekeken naar sulfaat en geleidbaarheid (zie bijlage 3). Als wordt gekeken naar nutriënten (Voorstel de P en N figuren bij elkaar te plaatsen, dan kunnen de verschillen afgelezen worden. Dit pas als alle wijzigingen zijn geaccepteerd. Nu gaat dat niet zo gemakkelijk. Figuur 5-12) zijn er wel opvallende verschillen: de nutriëntengehalten liggen lager halverwege de aanvoerroute ten opzichte van het inlaatwater. Daarnaast verbeteren de zuurstofomstandigheden en doorzicht wel in de aanvoerroute ten opzichte van het inlaatwater (bijlage 3). Overigens neemt de kwaliteit van het inlaatwater uit de boezem ook toe in de tijd (zie paragraaf 9.1).

Het lijkt erop dat door het invangen van zwevend materiaal in de lange aanvoerroute de waterkwaliteit beter wordt. De toename aan zuurstof laat zien dat er sprake is van productie van zuurstof door vegetatie en/of algen, waarbij de verbetering van doorzicht een indicatie is dat dit grotendeels te danken is aan vegetatie. Helaas zijn er geen vegetatieopnamen beschikbaar voor 2011 op meetpunt 217. Gegevens uit 2000, 2001 en 2006 (figuur 5.3) laten een positieve trend zien in vegetatieontwikkeling. Als deze zich heeft doorgezet, kan dit de waterkwaliteitsverbetering verklaren.



Figuur 5-2. Vergelijking inlaatwater uit de boezem (mp215) met water in de aanvoerroute (mp 217) in 2011; totaal-P (links) en totaal-N (rechts).

Doordat het sulfaatgehalte van het inlaatwater en de aanvoerroute ongeveer gelijk is en er sprake is van een positieve ontwikkeling van de vegetatie, geeft dit een indicatie dat de interne eutrofiëring door veenafbraak in de aanvoerroute beperkt blijft. Overigens was deze afname in nutriënten er ook al in 2000.



Figuur 5-3. Ontwikkeling vegetatie op meetpunt 217.

5.1.3 Conclusies

Er zijn te weinig gegevens om de effectiviteit van de aanvoerroute van boezemwater goed te beschouwen voor de gehele periode 2000-2012. De meetgegevens laten zien dat de lange aanvoerroute voor het inlaten van boezemwater qua nutriënten tot een kwaliteitsverbetering leidt van het inlaatwater. De lange aanvoerroute voor het boezemwater is daarmee een goede maatregel geweest voor de waterkwaliteit van De Deelen.

5.1.4 Aanbevelingen

1. Het inlaatwater uit de boezem via de lange aanvoerroute laten verlopen draagt bij aan betere kwaliteit van het inlaatwater en kan worden voortgezet.
2. Gezien de betere waterkwaliteit van de zandwinplas is inlaten van zandwinplaswater een betere optie dan het inlaten van Hooivaartwater.

5.2 Flexibel peilbeheer

5.2.1 Doel en opzet

In het peilbesluit voor De Deelen van 2001 is bepaald dat voor het gehele gebied een flexibel peil ingesteld wordt (uitgezonderd enkele delen waar nog verveend wordt). Dit is gerealiseerd vanaf 2003 (Jellema, 2010). De onderzoeksdoelstelling voor het instellen flexibel peil is tweeledig:

- Draagt flexibel peil bij aan betere waterkwaliteit
- Draagt flexibel peil bij aan een betere oeverontwikkeling

In theorie heeft flexibel peilbeheer tot gevolg dat er minder gebiedsvreemd water in het gebied binnengelaten hoeft te worden waardoor de externe eutrofiëring afneemt. Echter, minder inlaatwater kan er ook voor zorgen dat de interne eutrofiëring toeneemt. Verder zorgt flexibel peilbeheer door droogvallende oevers voor gunstige omstandigheden voor de ontwikkeling van water- en oevervegetatie.

Voor 2003 lag het streefpeil jaar rond op -0,90 meter NAP. In de periode 2003-2010 was het winterpeil maximaal - 0,70 meter NAP en het zomerpeil mocht tot -1,20 meter NAP uitzakken. Het flexibel peilbeheer is in 2010 gewijzigd om erosie van de oevers van de legakkers te beperken. Vanaf januari 2011 wordt jaar rond een streefpeil gehanteerd van -0,80 m NAP, met een bandbreedte van 0,10 m daarboven (-0,70 m NAP in de winter) en eronder (-0,90 m NAP in de zomer).

5.2.2 Resultaten

Waterkwaliteit

In de periode met flexibel peilbeheer (2003-2010) is geen tot weinig gebiedsvreemd water ingelaten in De Deelen (zie hoofdstuk 2). Het systeem is in deze periode sterk regenwater gestuurd. De waterbalans berekeningen (figuur 2.5) laten een aandeel zien van 20% van inlaat water in de periode 2011 tot 2012, terwijl in de voorgaande perioden de inlaat ca. 5 tot 10% bedraagt. De externe belasting van De Deelen met nutriënten is in de periode met flexibel peilbeheer (2003-2010) lager dan in de periode na 2010 met minder flexibel peil. Externe belasting speelt in deze periode in De Deelen een minder belangrijke rol dan de interne belasting (zie paragraaf 9.3).

Nalevering van fosfaten uit de bodem is de grootste bron van interne belasting (zie paragraaf 9.2.1). Het effect van verlaging van de externe belasting door het instellen van flexibel peil valt geheel weg ten opzichte van blijvende (grote) nalevering uit de bodem en de versnelde erosie van de legakkers (zie volgende pagina). Bosma (2011) concludeert dat sinds de instelling van het flexibele peilregime de trofiegraad van het oppervlaktewater in De Deelen is gestegen: gehalten van fosfaat en totaal stikstof zijn toegenomen en het doorzicht is verminderd. Deze trends zijn ook zichtbaar op de meetpunten 218, 221 en 628 (zie **Figuur 9-1** en paragraaf 9.2).

In de periode met flexibel peilbeheer daalt het sulfaatgehalte in De Deelen (zie figuur 9.3) door de beperking de aanvoer sulfaat via het inlaatwater en de binding aan de bodem. Ook alkaliniteit daalt geleidelijk in de periode met flexibel peil. In de periode vanaf 2010, als er weer water wordt ingelaten vanuit de zandwinplas en (in mindere mate) de boezem, stijgt de alkaliniteit en het sulfaatgehalte weer.

Overigens blijkt uit landelijk onderzoek in het kader van STOWA Watermozaïek dat flexibel peilbeheer in de meeste onderzoeksgebieden in tegenstelling tot De Deelen wel kan bijdragen aan een betere waterkwaliteit door vermindering van de externe belasting met nutriënten en sulfaat (Schep *et al.*, 2012).

Oeverontwikkeling

Het flexibel peil kan hebben gezorgd voor afname van de oeverstabiliteit door versnelde erosie van de legakkers. Golfslag en wind hebben bij een lager peil meer vat op de oevers. Hierdoor zou de verlanding niet op gang zijn gekomen (Bosma, 2011). Daarnaast draagt het wegzakken van het peil bij aan oxidatie (afbraak) van de legakkers (Witteveen+Bos, 2012). Mogelijk heeft vraat (ganzen/muskusratten) en oxidatie van de oever (afkalving) een belangrijke rol gespeeld bij het niet tot ontwikkeling komen van de vegetatie in De Deelen (Schep *et al.* 2012). De oevererosie die optreedt bij flexibel peilbeheer heeft overigens op de lange termijn wel een positief effect voor de oevervegetatie in meren. Door de erosie worden de oevers namelijk minder steil. waardoor er meer geschikt areaal komt voor oevervegetatie (Coops *et al.*, 2004). Echter deze situatie is ongewenst voor de legakkers en petgatengebieden.

Vegetatie

De ruimte voor een goed ontwikkelde oeverzone als gevolg van flexibel peilbeheer is beperkt omdat het peil vooral fluctueert op de steile delen van de oevers (Witteveen+Bos, 2012). Zowel

de oever- als de onderwatervegetatie is gedurende het experiment met flexibel peilbeheer dan ook niet goed tot ontwikkeling gekomen.

Lokaal is de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten in De Deelen (tijdelijk) beter geworden, met name in de buurt van het inlaatpunt en in de zuidelijke petgaten die in verband met een proef met visstandbeheer en uitzetten van waterplanten een periode afgesloten geweest van De Deelen. De verbeterde groei van de waterplanten heeft waarschijnlijk te maken met verbeterde lichtomstandigheden door de (tijdelijke) afsluiting en de aangepaste visstand (zie paragraaf 6.1 en 7.2) en niet zozeer met flexibel peilbeheer.

5.2.3 Conclusies

De waterkwaliteit in De Deelen is tijdens het experiment met flexibel peilbeheer minder goed dan in de periode daarna (met inlaatwater). De bijdrage van externe P-belasting vanuit inlaatwater in De Deelen is verwaarloosbaar ten opzichte van de nalevering uit de bodem (zie paragraaf 9.2). Door de instelling van het flexibel peilbeheer vindt mogelijk een versnelde erosie van legakkers plaats. De vegetatieontwikkeling blijft achter bij de verwachtingen van het flexibel peilbeheer. Dit komt met name door de steile oevers in De Deelen. Tegelijkertijd remt het slechte doorzicht de onderwater vegetatieontwikkeling.

De effecten van flexibel peilbeheer op de waterkwaliteit in De Deelen worden dan ook als negatief aangeduid. Voor de ontwikkeling van de vegetatie is de marge van het flexibele peil onvoldoende groot (met alleen fluctuatie op steile delen oevers).

5.2.4 Aanbevelingen

Het experiment met flexibel peilbeheer is afgerond en ingeperkt tot een nauwere marge. Gelet op de geringe bijdrage aan de ontwikkeling van de oevervegetatie en de verslechtering van de waterkwaliteit door veenafbraak is de keuze om een ander peilregime te hanteren logisch. Aandachtspunt hierbij is wel om de kwaliteit van de zandwinplas en het boezemwater te blijven volgen nu weer meer inlaatwater nodig is voor handhaven van het peil (bv. sulfaatgehalte en alkaliniteit; zie paragraaf 9.2.3).

6 SYSTEEMMAATREGELEN

6.1 Enclosures: uitzetten waterplanten

6.1.1 Doel en opzet

De groei van waterplanten in De Deelen en de mogelijkheden van ontwikkeling van verlandingsvegetaties zijn zeer beperkt. In 2003 is een experiment gestart met uitzetten van waterplanten in enclosures om de groei van watervegetatie te stimuleren en om te onderzoeken of de chemische waterkwaliteit wellicht beperkend is voor groei van waterplanten.

Er zijn in totaal 8 enclosures geplaatst, paarsgewijs in 4 petgaten (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor de ligging van de betreffende petgaten in De Deelen). In elke enclosure zijn steeds drie waterplanten-soorten geënt: stompbladig fonteinkruid (*Potamogeton obtusifolius*), groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*) en krabbenscheer (*Stratiotes aloides*). Twee van de petgaten zijn leeggevestigd en in de andere twee petgaten is een standaardvisbestand terug aangebracht passend bij een gewenste situatie voor De Deelen.

De petgaten van dit experiment zijn in de periode 2003-2011 door middel van schermen afgesloten geweest van de rest van De Deelen. De schermen zijn vooral bedoeld om vissen tegen te houden, maar zorgen ook voor luwte (vermindering strijklengte/golfslag) en nauwelijks uitwisseling van water met de rest van De Deelen.

6.1.2 Resultaten

In de noordelijke petgaten van het experiment waren de geënte waterplanten over het algemeen volledig verdwenen in 2005. Krabbenscheer hield het in een aantal van de enclosures nog vol in 2004. Enting van groot blaasjeskruid en stompbladig fonteinkruid was nauwelijks succesvol. In één van de enclosures in het onbeviste petgat is een sterke opkomst van smalle waterpest waargenomen in de jaren t/m 2008.

In de zuidelijke petgaten van het experiment zijn de resultaten vergelijkbaar met de noordwestelijke petgaten, met het verschil dat de waterplanten in jaar na de enting het wel beter deden. Daarnaast was er in de zuidelijke petgaten sprake van sterke groei van waterplanten buiten de enclosures.

Krabbenscheer is zeer goed aangeslagen in 2005 en 2006 en heeft in de zuidelijke enclosures standgehouden. Groot blaasjeskruid en stompbladig fonteinkruid deden het met name in de onbeviste petgaten redelijk tot goed in 2004: ze hielden stand of breidden iets uit (tot 50% bedekking van stomp fonteinkruid in een onbevist petgat). In de jaren t/m 2006 was in alle enclosures sprake van veel bijgroei van met name smalle waterpest en kroos. Smalle waterpest is een snelgroeende soort die goed stand houdt bij hoge nutriëntengehalten.

6.1.3 Conclusies

De noordelijke petgaten zijn over het algemeen voedselrijker en troebeler dan de zuidelijke gelegen petgaten waardoor de groei van vegetatie in de noordelijke petgaten minder goed is geweest dan de zuidelijke petgaten (Lamers et al., 2006). Er bestaat twijfel, vanwege het geringe succes, over de hoeveelheid geënte blaasjeskruid en stomp fonteinkruid en over de manier van enten.

Het uitzetten van waterplanten in de enclosures in De Deelen is op de lange termijn niet succesvol gebleken. Direct na enting zijn wel positieve resultaten gezien, maar deze hebben geen stand gehouden. Het experiment met enten van waterplanten had wel succesvol kunnen zijn indien:

- Er grotere hoeveelheden waren gebruikt (Thannhauser-Douwma, 2010).
- Als er een andere wijze van uitzetten (verankeren) was toegepast.
- Indien enclosures tijdig waren vergroot, zodat deze geen beperking vormden voor de groei van waterplanten (m.n. Krabbenscheer). Dan had de geënte vegetatie meer mogelijkheden gehad om uit te breiden en mogelijk ook te handhaven.

Stompbladig fonteinkruid (*Potamogeton obtusifolius*) en groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*) hebben in geen van de petgaten stand gehouden. Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) heeft geen stand gehouden in de noordelijke petgaten, maar wel in de zuidelijke petgaten. Van krabbenscheer werd verondersteld dat deze gevoelig is voor hoge nutriënten en sulfaatgehalten, maar deze blijken in de Deelen niet beperkend (toxisch) te zijn voor groei van Krabbenscheer (en de andere soorten).

6.1.4 Aanbevelingen

Uit de onderzoeken beschreven in hoofdstukken 5 (Flexibel peilbeheer) en de waterkwaliteitsontwikkeling in hoofdstuk 9, blijkt dat in De Deelen sprake is van een eutrofe toestand door nalevering van fosfaat uit de bodem (hoofdstuk 9.3). Deze voedselrijke omstandigheden biedt voordelen voor de concurrentiepositie van algen en niet wortelende waterplanten (kroos) ten opzichte van submerse vegetatie. Daarnaast is het lichtklimaat door de aanwezigheid van zwevend stof (en de groei van algen) niet optimaal voor submerse vegetatie.

1. Een aanbeveling is om het experiment te herhalen in een petgat met een schone (gebaggerde) waterbodem om te zien of waterplanten daar wel aanslaan en ook stand kunnen houden. De aanwezige baggerlaag van ca. 1 m is meer dan voldoende om de planten in de winter te laten wegzinken en nooit meer boven te laten komen. De gewenste dikte van de baggerlaag voor krabbenscheer is 20-50 cm (De Jong, 2000).

Zolang de waterkwaliteit (nutriënten) en lichtklimaat in De Deelen niet verbetert, zal ook in de toekomst het enten van waterplanten weinig succesvol zijn. Uitzonderingen hierop zijn de zuidelijke, kleine en ondiepe petgaten, mits er sprake is van beperkte nalevering. Vaak komt hier de submerse vegetatie al spontaan tot ontwikkeling. Deze waterplanten helpen wel om het water helder te houden door zwevend stof te filteren en met algen om de nutriënten te concurreren.

2. Het experiment met enten van waterplanten in 2005 en de spontane opkomst van waterplanten in 2011 heeft voldoende aanknopingspunten opgeleverd om het nog een keer te herhalen. Hierbij is het wel zaak om juiste petgaten te selecteren (klein, ondiep, luw, lage nalevering vanuit bodem en oevers). Misschien is het mogelijk om minder kritische soorten te gebruiken om door plantengroei helderder water te krijgen en op

deze manier verlanding op gang te helpen. Voorbeelden van dergelijke soorten zijn aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*) en grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*); deze soorten hebben ondergedoken bladeren en gedijen relatief goed in slib- en voedselrijke veenwateren. Opgemerkt moet worden dat deze soorten niet voorkomen in De Deelen.

6.2 Doorspoelen petgaten

6.2.1 Doel en opzet

De Deelen wordt 's zomers van inlaatwater voorzien uit een zandwininput. In dit experiment wordt nagegaan wat de invloed is van dit schone water indien enkele petgaten uitsluitend dit schone water uit de zandwininput krijgen en tevens een korte verblijftijd wordt gerealiseerd. Wetterskip Fryslân heeft berekend dat het pompen van 60 m³ zandwinplaswater per uur ervoor zorgt dat de 3 petgaten in 18,5 dagen volledig zijn doorgespoeld. Twee van de drie petgaten zijn van het Oude Deel afgesloten door een dam. De drie petgaten zijn in serie geschakeld. De proef is opgezet voor de periode 2010 tot en met 2012.

Chemische parameters zijn maandelijks gemonitord (chlorofyl in de maanden april t/m september). Fytoplankton wordt in het voorjaar, de zomer en de nazomer/herfst gemonitord, watervegetatie één maal in de zomer.



Figuur 6-1. Locatie van het doorspoelexperiment.

6.2.2 Resultaten en discussie

In Tabel 6-1 staan de vijf beschikbare meetpunten om de effecten van de maatregel te beoordelen. Het doorspoelwater uit de zandwinplas passeert de meetpunten in de volgorde: 1742 – 1743 – 1703 (zie Figuur 6-1).

Tabel 6-1. Meetpunten doorspoelproef.

meetpuntcode	Relevantie
203	ingelaten water (zandwinplas)
1742	1 ^e petgat doorspoeling
1743	2 ^e petgat doorspoeling
1703	3 ^e petgat doorspoeling
221	ten oosten van de uitlaat (Oude Deel); referentie voor De Deelen

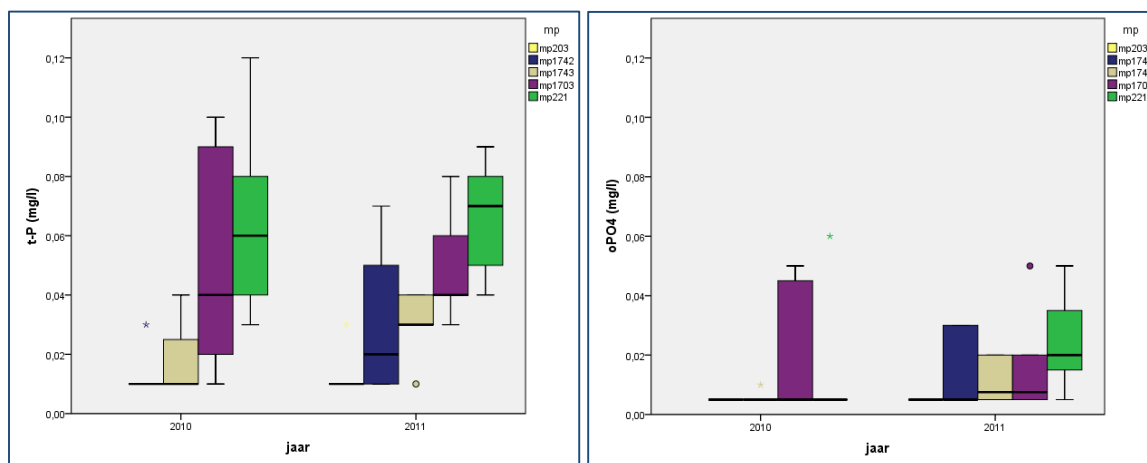
Waterkwaliteit

Het chloridegehalte (en in mindere mate de geleidendheid; zie bijlage 4) in de doorgespoelde petgaten is vergelijkbaar met dat van de zandwinplas. Dit is in overeenstemming met de geringe berekende verblijftijd van 18,5 dagen van het zandwinplaswater in de petgaten. Het experiment wordt dus niet beïnvloed door gebiedseigen water.

Op meetpunt 221 (buiten het experiment gelegen) wordt de kwaliteit vermoedelijk beïnvloed door menging met het inlaatwater uit de zandwinplas. In periodes met waterinlaat (zomer) zal weinig water worden uitgelaten. Stroming van oost naar west (uitlaatpunt) zal daardoor minder aanwezig zijn. Het is dus aannemelijk dat water vanuit de doorspoelproef ook van invloed zal zijn op meetpunt 221.

Wat betreft totaal-P is er duidelijk een toename zichtbaar naar mate het inlaatwater uit de zandwinplas "langer onderweg" is. Er klein deel daarvan is als ortho-fosfaat beschikbaar (figuur 6.2). Het fosfaatgehalte in het 3^e petgat is vergelijkbaar met het gehalte in De Deelen. Het totaal-stikstofgehalte in de drie petgaten blijft ongeveer gelijk (bijlage 4). Analyses van nitraat, nitriet, ammonium en Kjeldahl-stikstof laten zien dat het stikstof vooral in organische vorm aanwezig is (gebonden aan zwevend stof en algen).

In 2010 is er geen sprake van verschil in algenbiomassa tussen de drie petgaten op basis van het chlorofyl-a gehalte. Soorten en groepen zijn niet vergeleken. In 2011 is er een duidelijk verschil in chlorofyl-a gehalte in het eerste en tweede petgat (lager) en het derde petgat (hoger).



Figuur 6-2. Zomerwaarden totaal-P (links) en ortho-P (rechts) in de petgaten met doorspoeling. Indien er geen gegevens zijn dan ontbreken de balken voor die meetpunten. Indien alleen een zwarte lijn dan liggen bijna alle meetwaarden op de detectielimiet en vormen alle meetwaarden de mediaan.

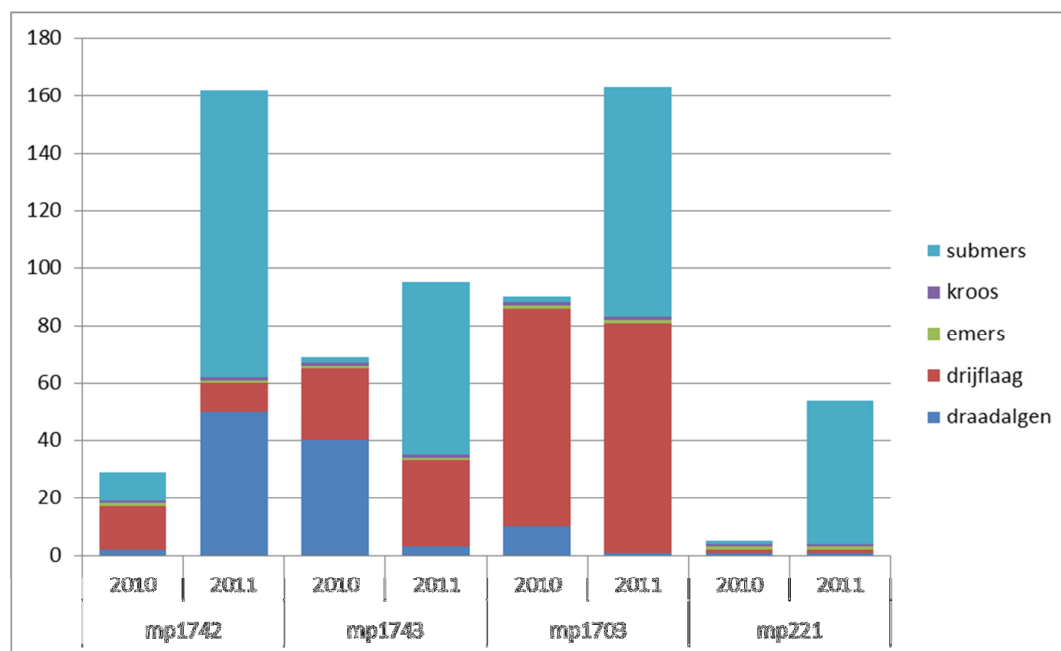
Bij het doorspoelen met water uit de zandwinplas komt er fosfaat vrij in de petgaten. Gezien de lage sulfaatgehalten (5-10 mg/l) speelt interne eutrofiëring als gevolg van sulfaatreductie hierbij geen grote rol. Vermoedelijk ligt de oorzaak in de hoge alkaliniteit van het inlaatwater (zie Jaarsma et al., 2008 en paragraaf 9.1.3). De alkaliniteit neemt af naarmate inlaatwater langer onderweg is.

Daarnaast is er te weinig ijzer aanwezig in de bodem van de petgaten waar wordt doorgespoeld om dit fosfaat kan binden. Dit blijkt uit meetgegevens in De Deelen die zijn verzameld in het kader van het OBN-onderzoek (Lamers et al., 2006; 2010).

Vegetatie

Er zijn geen gegevens van vòòr de start van de doorspoelproef over de vegetatie in de drie petgaten. In 2012 zijn de waterplanten in de petgaten van de doorspoelproef wel gemonitord.

Ten opzichte van 2010 is in alle drie petgaten in 2011 de submerse vegetatie toegenomen (fig. 6.2). In de 1^e twee petgaten een uitbreiding van de drijfbladplanten (m.n. *Nuphar lutea*), in het 3^e petgat is de bedekking min of meer gelijk gebleven. De emergente vegetatie laat geen veranderingen zien. In het 1^e petgat zijn de draadalgren beduidend toegenomen, terwijl er in het 2^e en 3^e petgat een afname is.



Figuur 6-2. Bedekkingspercentages groeivormen in doorspoelproef en referentie in het Oud Deel in 2010-2011. Bedekkingspercentages kunnen boven de 100% uit komen (bijvoorbeeld submerse vegetatie kan groeien onder een drijfslag).

6.2.3 Conclusies

Bij het doorspoelen van de petgaten lijkt er fosfaat vrij te komen uit de petgaten. Dit fosfaat komt terecht in de rest van De Deelen. De reden voor het vrijkomen van fosfaat wordt niet duidelijk uit het experiment. Wel is bekend dat de bodemsamenstelling en de nalevering van De Deelen sterk heterogeen verdeeld zijn over het gebied (Groot 1991). Mogelijk dat hier een oorzaak in te vinden is. De waterplanten lijken te profiteren van het doorspoelen (vergelijk 2011 met 2010).

Tegelijkertijd zijn door de afdamming van de petgaten van het Oud Deel de 1^e twee petgaten beschutten komen te liggen. Hierdoor heeft de wind minder vat op de petgaten en zal er een geringere golfslag zijn. Door meer rust in het water kan het doorzicht verbeteren en de onderwatervegetatie beter ontwikkelen.

6.2.4 Aanbevelingen

Om het peil in De Deelen te handhaven is er inlaatwater nodig. Dit inlaatwater kan komen uit de boezem of uit de zandwinplas. Het boezemwater heeft hogere gehalten aan fosfaat en sulfaat dan het water uit de zandwinplas. In die zin brengt het inlaten van boezemwater meer risico's op versterken van de eutrofiëring met zich mee dan de inlaat van water uit de zandwinplas. De bijdrage van externe eutrofiëring is ten opzichte van de interne eutrofiëring wel beperkt (zie hoofdstuk 7.2). Echter: de alkaliniteit voor zowel water uit de zandwinplas als uit de boezem is aan de hoge kant, waardoor er toch sprake is van interne eutrofiëring.

Onderzoek in 1991 aan fosfaat-nalevering vanuit de waterbodem in de petgaten in de buurt van de doorspoelproef liet zien dat deze hoger was dan in andere gebieden van De Deelen (Groot, 1991). Het is onbekend of en hoe de waterbodem en ijzergehaltes in de waterbodem zich de afgelopen 20 jaar hebben ontwikkeld in dit gebied.

Wel is bekend dat De Deelen in vergelijking met andere laagveengebieden (de Wieden, het Hol, Botshol) relatief lage ijzerconcentraties in de bodem heeft (Lamers et al., 2006). Omdat het gebied een wegzijgingsgebied is, vindt er geen aanvoer van ijzerrijke kwel meer plaats waarmee de ijzervoorraad kan worden aangevuld.

1. Een aanbeveling is om het water uit de zandwinput voorlopig via de zuidelijke inlaatroute in te laten in De Deelen en niet meer via de drie petgaten. Een actualisatie van het bodemchemisch onderzoek kan inzicht verschaffen over het fosfaatbindend of fosfaalnaleverend vermogen van de petgaten.

De mate van menging van het inlaatwater met het water in De Deelen is onbekend. Bekend is dat globaal (jaar rond) de stroming van oost naar west (uitlaatpunt) is. In de zomer echter wordt weinig water uitgelaten. Stroming en menging van het inlaatwater zal dan anders zijn dan in de winter.

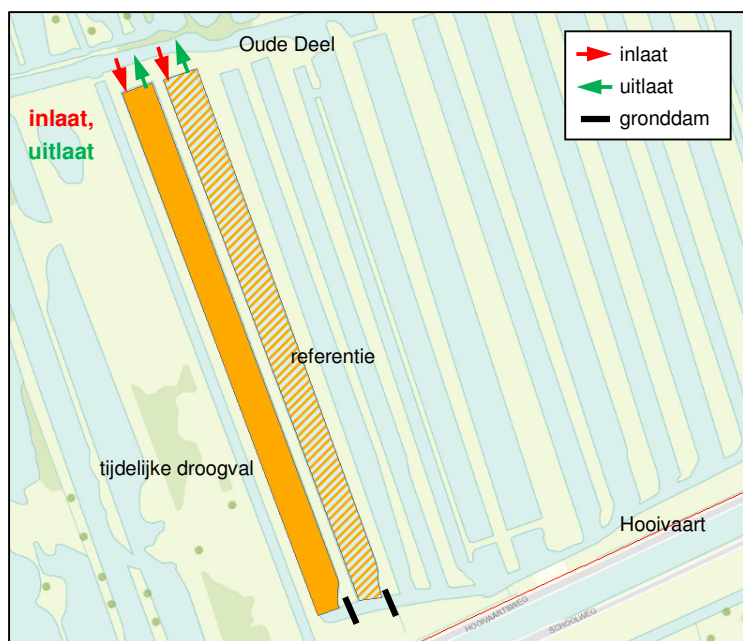
2. Aanbeveling is om de verspreiding van het inlaatwater in De Deelen te onderzoeken. Dit onderzoek kan bijvoorbeeld worden uitgevoerd met tracers (bv. met gadolinium; zie Rozemeijer et al., 2011) In bijlage zou een uitleg over deze tracer kunnen.

7 INTERNE MAATREGELEN

7.1 Tijdelijke droogval

7.1.1 Doel en opzet

Vanaf de zomer van 2011 wordt in één petgatpaar in De Deelen gebruikt voor de droogvalproef (Figuur 7-1). Het betreft de petgaten 1785 (droogval) en 1786 (referentie). Hiervoor is door AgentschapNL subsidie verleend aan STOWA als KRW innovatieproject (Watermozaïek).



Figuur 7-1. Locatie van de petgaten waar tijdelijke droogval experimenteel is toegepast.

Naast De Deelen is dit experiment uitgevoerd in drie andere plassen: de Rottige Meente (laagveen) en in Groningen een kleiplas en een zandplas. De verwachting van de tijdelijke droogval was dat door oxidatie van in bodemaanwezige ijzerverbindingen (o.a. ijzersulfide) de bindingscapaciteit voor fosfaat toeneemt. De interne nalevering van fosfaat uit de waterbodem zou hierdoor sterk geremd worden na de droogval. Voor de periode van de droogval zijn alle vissen alleen uit het droog te vallen petgat verwijderd. Naast vastlegging van fosfaat zouden zaden van water- en oeverplanten als gevolg van meer droogvallende oppervlakte de gelegenheid krijgen te kiemen (Westendorp et al. 2012).

De droogvalperiode duurde van half augustus tot eind oktober (2011). Na de periode met droogval werd geleidelijk het peil weer verhoogd. In De Deelen is het uiteindelijke peil geheel bereikt door regenwater.

Bodem

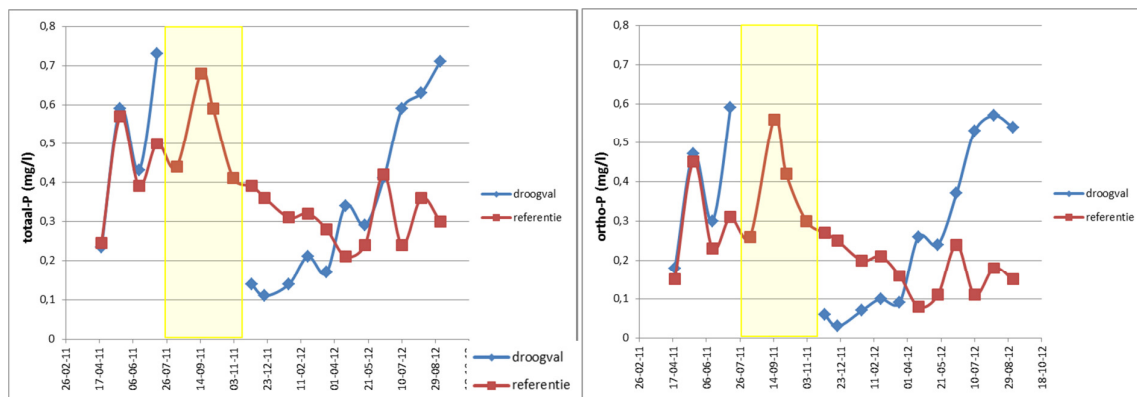
In De Deelen daalde de waterbodemoogte door inklinking en nivellering met 10 cm. Daarnaast traden ook geringe maaiveld dalingen in de legakkers op (Westendorp et al., 2012).

Waterkwaliteit

Uit het KRW-innovatie onderzoek bleek dat een tijdelijke droogvalperiode leidt tot het vastleggen van fosfaat aan ijzer in de bodem mits:

- de bodem voldoende uitdroogt (voldoende drooglegging).
- voldoende ijzer aanwezig is in de bodem.

Het proces van vastleggen van fosfaat aan het ijzer in de waterbodem is reversibel. Dit blijkt ook in duidelijk in De Deelen. Direct na de droogvalperiode zijn de totaal-P gehalten in het drooggeval petgat een stuk lager dan in het referentiepetgat. In het voorjaar na de droogval (in 2012) liggen de totaal-P gehalten in het drooggeval petgat boven de gehalten gemeten in het referentie petgat (zie figuur 7.2). Dit komt waarschijnlijk doordat het drooggelegde petgat langzaam gevuld is met regenwater. Een groot deel van het totaal aanwezige fosfaat in de beide petgaten is aanwezig als ortho-P (dus vrij beschikbaar) en ligt niet vast in zwevend stof of algen. Bij het experiment in De Deelen bleek het lastig om tot volledige drooglegging van de waterbodem te komen. Dit heeft mogelijk geleid tot niet goed vastleggen van P in de waterbodem waardoor na terug opzetten van het peil het P-gehalte weer is toegenomen tot het niveau van voor de droogval.



Figuur 7-2: Verloop concentraties totaal-P (links) en ortho-fosfaat (rechts) in drooggeval en referentie. Tijdens de periode met droogval (geel gemarkeerd) zijn geen waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd.

In het drooggeval petgat zorgde de oxidatie van sulfiden in de drooggeval oevers voor uitspoeling van sulfaat naar het oppervlaktewater na afloop van de droogvalperiode. Door na de droogval bij het vullen van het petgat met regenwater het eerste sulfaatrijke water af te voeren kan het sulfaat uit het petgat worden verwijderd. Dit is niet gedaan in De Deelen. Als gevolg daarvan is er direct na het terug opzetten van het peil sprake van hoge sulfaatgehalten. Na verloop van tijd als er meer water in het petgat komt wordt de concentratie lager. Als het petgat weer op peil is, is de sulfaatconcentratie bijna verdubbeld ten opzichte van de periode voor droogval (zie bijlage 5). Waarschijnlijk vervangt het sulfaat het fosfaat aan de ijzercomplexen in de waterbodem.

Vegetatie

In De Deelen is nog geen positief effect van droogval gevonden op de ontwikkeling van submerse en emerse vegetatie. Mogelijk heeft hierbij de relatief korte duur van het experiment

een rol gespeeld. Het effect van maatregelen op vegetatie is niet altijd al na één jaar zichtbaar. De ontwikkeling van vegetatie gaat namelijk traag. Mesocosmos-experimenten met sediment uit De Deelen lieten zien dat vegetatie wel tot ontwikkeling kan komen na droogval. Dit heeft mogelijk te maken met het lichtklimaat dat beter is geweest bij de mesocosmos-proeven dan in het veld (diepte, zwevend stof). Het chlorofyl-gehalte in het drooggeval petgat ligt een jaar na uitvoering van de proef nog wel onder de chlorofyl-gehalten in het referentiepetgat (zie bijlage 5). De blauwalgen waren aanzienlijk afgenomen na de droogval (Westendorp, 2012).

7.1.3 Conclusies

Tijdelijke droogval wordt in het eindrapport over de vier onderzoekslocaties als potentieel kansrijke maatregel gezien om fosfaatbinding te vergroten en betere groeicondities voor watervegetatie te creëren. Metingen aan fosfaat in De Deelen één jaar na het experiment laten een ander beeld zien. Het lijkt erop dat de bodem van De Deelen over onvoldoende ijzer beschikt om fosfaat goed te kunnen binden (zie ook paragraaf 9.2). In het verleden werd de ijzervoorraad in de bodem in laagveengebieden aangevuld vanuit het grondwater (kwel). De Deelen is in de recente geschiedenis door ontginning van de omgeving en verdroging veranderd in een gebied met wegzijging waardoor de aanvulling van ijzergehalte in de waterbodem via het grondwater is weggefallen. Vergelijkend onderzoek in verschillende laagveengebieden bevestigt dat De Deelen relatief lage ijzerconcentraties in de bodem hebben.

7.1.4 Aanbevelingen

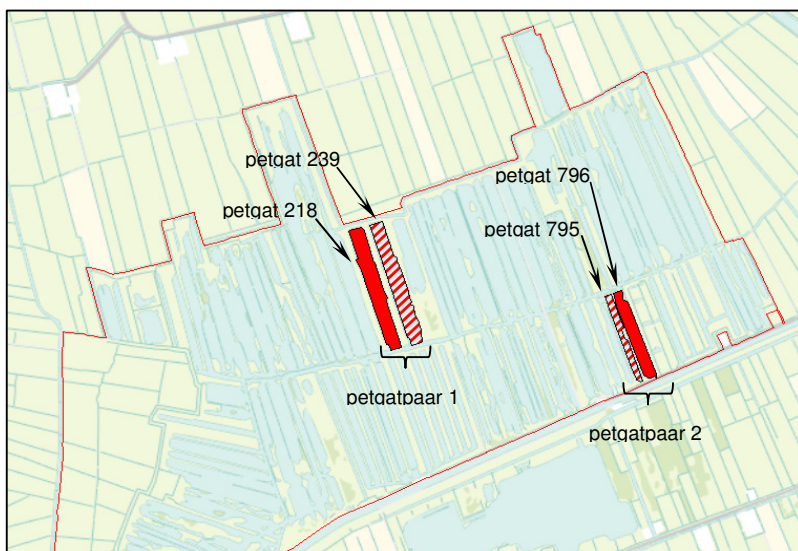
Het effect van tijdelijke droogval in De Deelen heeft (nog) niet tot afname van fosfaatgehalte geleid en ook (nog) niet tot een goede groei van waterplanten. Het bleek ook lastig om te zorgen voor een goede drooglegging van het petgat. Vooralsnog lijkt een herhaling van deze maatregel zonder voorbereidend onderzoek weinig zinvol. Voortzetten van de monitoring in deze proeflocatie is wel aan te raden. In de andere onderzoekslocaties zijn wel positieve effecten gezien van tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel (Westendorp et al., 2012). Mogelijk kunnen op basis van bodemchemisch onderzoek wel petgaten worden geselecteerd waar tijdelijke droogval als maatregel kansrijk is voor De Deelen.

7.2 Visstandbeheer

7.2.1 Doel en opzet

Het OBN-deskundigenteam laagveenwateren (Lamers et al., 2002) heeft onder andere voorgesteld om in De Deelen middels visstandbeheer (ABB, actief biologisch beheer) in te grijpen in het watersysteem. Brasem is een benthivore soort; het foerageren van de volwassen dieren gaat gepaard met sterke omwoeling van bodemsediment waardoor het doorzicht (sterk) vermindert, waardoor watervegetatie minder ontwikkelingskansen krijgt, de bodemstructuur verandert en de nalevering van fosfaat uit de waterbodem naar de waterkolom kan stijgen. Doel van de ingreep is geweest om door uitdunning van het visbestand te komen tot een streefsamenstelling in de referentiepetgaten (Bonhof et al., 2006):

brasem:	125 kg/ha
blankvoorn:	10 kg/ha
snoek:	8 kg/ha
baars:	3 kg/ha
zeelt:	2 kg/ha



Figuur 7-3. Petgaten waar de uitdunningsvisserij is uitgevoerd (rood). Referentiepetgaten zijn met rode arcering aangegeven.

Er zijn in het kader van het experiment in De Deelen twee petgatparen uitgekozen, waarbij telkens één petgat zoveel mogelijk is leeggevist en het andere is bevist tot een “ideale” referentie-visstand werd bereikt. Het leegvissen respectievelijk terugbrengen tot referentie-visstand is uitgevoerd in maart 2004. In **Figuur 7-3** is weergegeven op welke locaties er petgaten zijn bevist. Bij de uitdunningsbevissing is vooral veel brasem weggevangen. Indien de omstandigheden gunstig genoeg worden voor ontwikkeling van ondergedoken watervegetatie, kunnen zichtjagers als snoek duurzaam voortbestaan en de dichtheden van benthivore en planktivore vis relatief laag houden. Alle vier petgaten zijn in 2003 afgesloten met een viswerend scherm. In de winter van 2006/2007 zijn de visschermen in de zuidoostelijke petgaten weer weggehaald.

7.2.2

Resultaten en discussie

Relevante meetpunten:

meetpuntcode	relevantie	Kenmerken
218	petgatpaar 1, afgevist	Groot, diep, onbeschut
239	petgatpaar 1, referentie-visstand	Groot, diep, onbeschut
795	petgatpaar 2, referentie-visstand	Klein, ondiep, beschut
796	petgatpaar 2, afgevist	Klein, ondiep, beschut

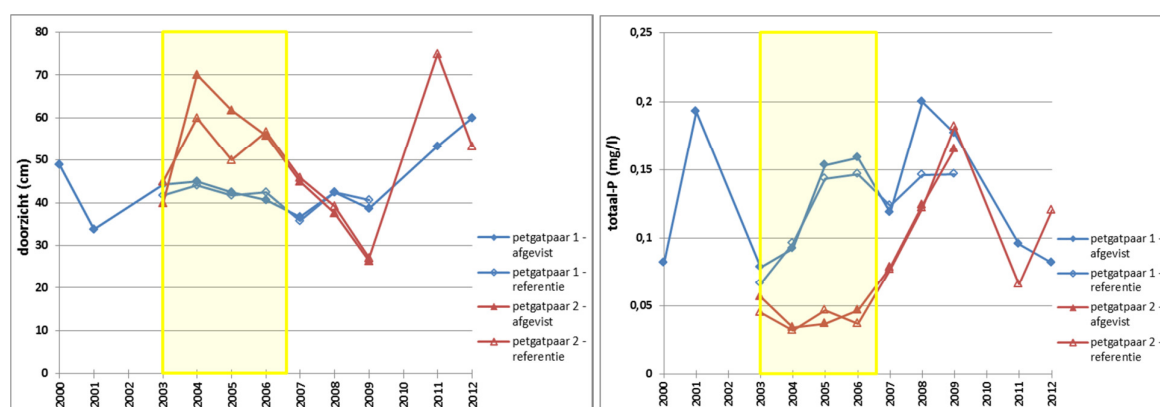
De uitdunning heeft plaatsgevonden in vier afgesloten petgaten. De streefsamenstelling in de referentiepetgaten (239 & 795) is na een herhaling van de bevissing in 2004 gehaald (Bonhof et al., 2006). In de twee jaren na de afvising zijn geen eenduidige effecten op de chemische waterkwaliteit waargenomen. Er zijn geen verklaarbare veranderingen in helderheid, ammonium- en fosfaatgehalten in de leeggeveste petgaten (218 en 796) (Lamers et al. 2006).

De ontwikkeling van de waterkwaliteit in de betreffende petgaten staat, in termen van nutriënten, doorzicht en chlorofylgehalte, weergegeven in figuur 7.4 en bijlage 6.

In de eerste plaats wordt duidelijk dat de petgatparen onderling sterk verschillen in de ontwikkeling van de waterkwaliteit. Met name voor het zuidoostelijke petgatpaar (de petgaten 795 en 796) geldt dat de gehalten totaal N en P, ortho-fosfaat, doorzicht en chlorofyl-A concentratie nagenoeg samenvallen. Het al dan niet wegvangen van brasem heeft dus op deze parameters geen effect gehad. In het noordwestelijke petgatpaar is dit alleen voor doorzicht en N-totaal het geval. De beide petgatparen verschillen onderling juist sterk voor wat betreft deze

parameters. De petgaten van het noordwestelijke petgatpaar vertonen geen duidelijke trends; de concentraties ortho-fosfaat en totaal P verschillen sterk van jaar tot jaar. In het zuidoostelijke petgatpaar wordt de periode 2004-2009 gekenmerkt door sterk dalend doorzicht. In de winter van 2006 op 2007 is de viswering verwijderd in het zuidoostelijk petgatpaar.

Het vermoeden bestaat dat de leeftijd van de petgaten en verschillen in trofiegraad van de waterbodem van grotere invloed is op de waterkwaliteit dan de soortensamenstelling en abundantie van vissen (Lamers et al., 2006). Het geringe doorzicht wordt waarschijnlijk niet zozeer door algen bepaald, maar eerder door zwevend stof. Het noordwestelijke petgatpaar is groter, dieper en minder beschermd dan het zuidoostelijke petgatpaar. De impact van golfslag (opwervelen sediment; erosie oevers) door windwerking is in dit petgatpaar groter.



Figuur 7-4. Verloop zomergemiddelde doorzicht (links) en zomergemiddelde totaal-P (rechts) in de afgevisde petgaten en de petgaten met de referentie-visstand. Gele blok markeert de periode met aanwezigheid viswering in petgatpaar 2. Viswering in petgatpaar 1 is pas in 2011 verwijderd.

Vissen

De brasem is een jaar na uitdunning in beide ABB-petgaten weer toegenomen tot net iets boven het gewenste uitdunningsniveau van 25 kg/ha (Bonhof et al., 2006).

Daarnaast is er het vermoeden dat na het ABB al sprake geweest van intrek van witvis door gaten in de keringen. Bij de bestandsschatting in 2009 (enkele jaren na verwijderen viswering) bleek dat de geformuleerde streefvisstand van maximaal 125 kg/ha voor brasem nog niet bereikt is.

Tabel 7-1). Het aandeel plantminnende vis (m.n. snoek en zeelt) zit boven de streefsamenstelling. Beide resultaten zijn positief voor de visstand in De Deelen. Ook in 2012 was het algemene beeld van de visstand positief; de biomassa van brasem was nog verder geslonken tot 11,4 kg/ha, terwijl die van blankvoorn, snoek, baars en zeelt ongeveer een factor 3 tot 12 boven de streefbiomassa lagen.

Tabel 7-1. Streefvisstand ABB en gerealiseerde visstand in 2009 en 2012.

soort	streefsamenstelling (Bonhof et al., 2006)	Bestandschatting 2009 (Koole et al., 2010)	Bestandschatting 2012 (Koole & Koopmans, 2013)
brasem	125 kg/ha	60,7 kg/ha	11,4 kg/ha
blankvoorn	10 kg/ha	27,0 kg/ha	31,6 kg/ha
snoek	8 kg/ha	32,8 kg/ha	22,9 kg/ha
baars	3 kg/ha	14,3 kg/ha	14,7 kg/ha
zeelt	2 kg/ha	69,9 kg/ha	24,2 kg/ha

7.2.3 Conclusie en discussie

De samenstelling van biomassa per soort in 2009 en 2012 is gunstig ten opzichte van de streefsamenstelling. Anno 2012 is de visstand goed en kenmerkend voor plantenrijke systemen. Brasem is in lage dichtheden aanwezig. Echter, gelet op de waterkwaliteit kan gesteld worden dat visstandbeheer niet het beoogde effect heeft gehad op het aquatische ecosysteem in de betreffende petgaten in De Deelen. De beviste en referentie-petgaten vertonen sterk gelijkende trends voor wat betreft fysisch-chemische toestand.

7.2.4 Aanbevelingen

Visstandbeheer is in de huidige situatie in De Deelen niet meer nodig als maatregel om een omslag naar helder en kwalitatief goed water te bewerkstelligen. De externe en interne nutriëntenbelasting is nog te hoog. Bovendien laat de KRW-visstandopname van 2012 een goede, gewenste visstandsamenstelling zien.

7.3 Legakkerherstel met hooibalen

7.3.1 Doel en opzet

In De Deelen zijn veel legakkers gevoelig voor erosie. Vooral de legakkers noordelijk van de Oude Deel en in het westen van het gebied zijn door wind en golfslag aangetast. Reeds sinds 1987 zijn door Staatsbosbeheer incidenteel hooibalen geplaatst om afslag van legakkers te compenseren (Bouius & Meijer, 2010). In de jaren 2007-2009 is ongeveer 500 ton hooibalen geplaatst op enkele legakkers in het westen van De Deelen



Figuur 7-6(zie Figuur 7-5. Claassen et al., 2009).



Figuur 7-6. Hooibalen op legakkers in De Deelen (overgenomen uit Claassen et al., 2009).

Gedeelten van de hooibalen zijn in 2011 en 2012 afgedekt met bagger, plaggen en kokosmatten, gericht op het tegengaan van de afbraak. Omdat de hooibalen in korte periode (3-5 jaar) volledig worden afgebroken, werd vermoed dat aanbrengen van hooibalen een negatief effect zou kunnen hebben op de waterkwaliteit. De waterkwaliteitsmetingen doen vermoeden dat de afbraakproducten in het oppervlaktewater terecht zijn gekomen. De afbraakproducten zijn in de eerste plaats nutriënten (N en P). Mogelijk leidt de afbraak ook tot vertroebeling (via zwevend stof en verbeterde groeiomstandigheden algen) en zuurstoftekorten. Wetterskip Fryslân is vanaf 2010 gericht gaan monitoren op de effecten van opbrengen van de hooibalen op de waterkwaliteit.

7.3.2 Resultaten en discussie

Relevante meetpunten voor beschrijving van de effecten van het herstellen van legakkers met hooibalen staan in tabel 7.2 (voor ligging meetpunten zie bijlage 2).

Tabel 7-2. Meetpunten relevant voor monitoring waterkwaliteit legakkerherstel met hooibalen.

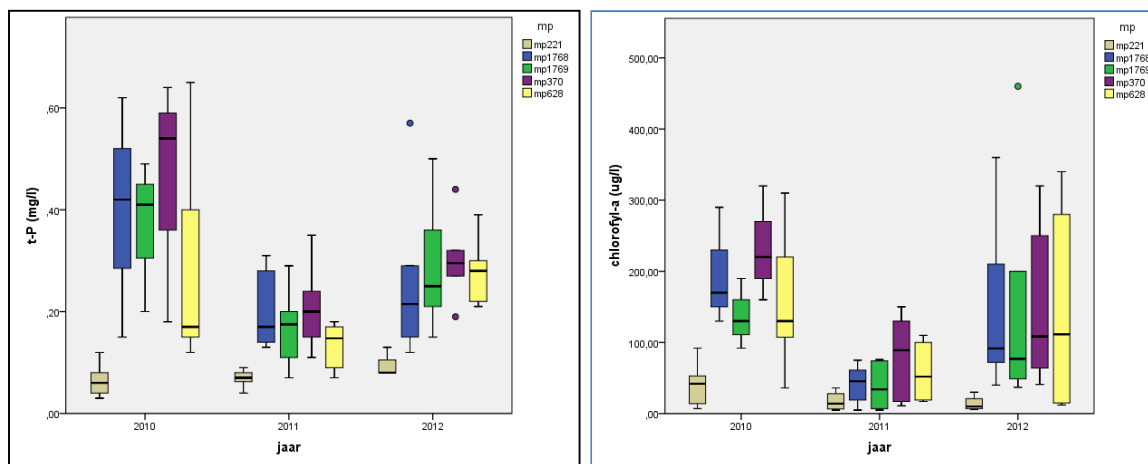
meetpuntcode	meetgegevens beschikbaar	Relevantie
221	2001-2012	Oud Deel, referentie
1768	2010-2012	In gebied met hooibalen
1769	2010-2012	In gebied met hooibalen
370	2010-2012	In gebied met hooibalen
628	2001-2012	Uitlaat

Chemische parameters werden vier tot acht keer per jaar gemonitord, met accent op het voorjaar en de zomer. Fytoplankton werd in het voorjaar, de zomer en de nazomer/ herfst gemonitord, watervegetatie één maal in de zomer. In deze paragraaf gaan wordt alleen ingegaan op de meetgegevens vanaf 2010 in verband met beperkte beschikbaarheid van de meetgegevens in het gebied met de hooibalen voor deze periode.

Een analyse van waterkwaliteit in 2009 suggereert dat het water in de directe nabijheid van de geplaatste hooibalen (tot 20 meter afstand) meer ammonium en fosfor, en minder zuurstof bevat dan een referentiepunt in de centrale dwarssloot (Claassen et al. 2009). Voor de periode 2010-2012 wordt dit beeld bevestigd op basis van meetgegevens voor totaal-P en in mindere mate voor totaal-N (figuur 7.7 en bijlage 7).

Het zuurstofverzadigingspercentage ligt in de gebieden met de hooibalen hoger dan in de referentie. Het biologisch zuurstofverbruik is een maat voor de hoeveelheid zuurstof die nodig is om in het water aanwezig organisch materiaal door micro-organismen tot CO₂ en water af te laten afbreken. Net zoals voor zuurstofverzadiging is er ook voor BZV een duidelijk verschil te zien tussen het gebied met de hooibalen en de referentie (bijlage 7). Deze verschillen kunnen worden verklaard door de hoge concentratie chlorofyl-a (maat voor algenbiomassa). Algengroei zorgt namelijk overdag voor oververzadiging maar resulteert ook in een hoog BZV. Het lijkt erop alsof de bij de hooiafbraak vrijgekomen nutriënten meteen door de algen worden benut.

De stijging van nutriëntenconcentraties door opbrengen van de hooibalen in 2010-2012 komen niet terug in de meetgegevens op meetpunt 221 (concentraties blijven laag). De stromingsrichting is van 221 langs de legakkers met hooibalen naar 628 (uitlaat).



Figuur 7-7. Waarden zomerhalfjaar voor totaal-P (links) en chlorofyl-A (rechts) nabij de hooibalen. mp 221 is referentiepunt in het Oud Deel.

7.3.3 Conclusies

Het opbrengen van de hooibalen is slechts tijdelijk (3-5 jaar) een zinvolle maatregel voor de bescherming van de legakkers. Het opbrengen van de hooibalen resulteert lokaal in een toename van P-belasting van De Deelen en een flinke toename van de algenbloei. Gelet op de heterogeniteit van De Deelen is het is wel lastig om deze effecten apart te beschouwen ten opzichte van mogelijk lokaal sterk optredende interne eutrofiëring en de effecten van golfslag (hooibalen worden opgebracht in open, onbeschermt gebied).

7.3.4 Aanbevelingen

1. Om het effect van de hooibalen te kunnen onderscheiden van de grote interne variatie in voedselrijkdom kan lokaal bodemchemisch onderzoek worden uitgevoerd.
2. De plaatsing van hooibalen is vanuit het oogpunt van de waterkwaliteit ongewenst als methode om de legakkers te beschermen.
3. Verder onderzoek door het Wetterskip en Staatsbosbeheer zal moeten resulteren in een structurele oplossing voor bescherming van de legakkers zonder verslechtering van de waterkwaliteit.
4. Doorspoelen van het westelijk deel van De Deelen (door bevorderen circulatie in De Deelen of inlaat van water uit de zandwinplas) kan verlichting bieden bij optredende

waterkwaliteitsproblemen. Echter, het risico dat dit met zich mee brengt is dat extra belasting met sulfaat en bicarbonaat optreedt als gevolg van verhoogde inlaat.

8 OVERIGE ONDERZOEKEN

8.1 Meetsonde

8.1.1 Doel en opzet

Vanaf het najaar van 2004 tot het voorjaar van 2006 heeft in het Oud Deel bij de brug in het hoofdonderhoudspad (naast meetpunt 221) een meetsonde gestaan die het oppervlaktewaterpeil en de fysisch-chemische parameters zuurstof, EGV, pH, temperatuur en troebelheid heeft gemonitord. De meetsonde werd gebruikt om:

- Het nieuwe beheer te volgen (flexibel peil) en tussentijds te kunnen anticiperen op het peilregime.
- Effecten van het nieuwe peilregime op eutrofiering in de tijd te kunnen volgen.
- Relaties vastleggen tussen waterstanden en enkele waterkwaliteitsparameters.
- Ter ondersteuning van de lopende (OBN)-onderzoeken.

Data zijn om de 3 uur, dus 8 maal per etmaal, opgenomen in de periode september 2004 t/m december 2005. Het apparaat is in 2006 gestolen.

Wetterskip Fryslân wil weten of de meetsonde waarden geeft die overeenkomen met de monsternamen en laboratoriumanalyse. Om deze vraag te beantwoorden is een vergelijking gemaakt van de meetsonde-data met die van monitoring-meetpunt 221 (voor fysisch-chemische parameters) en met de peilschaal-data (beschikbaar 2002 tot en met 2008) van Staatsbosbeheer bij het Schiphuis, om vervolgens een uitspraak te doen over de betrouwbaarheid van de meetsonde-data.

Van de parameters zijn de meetresultaten van de meetsonde en de monitoring onderling vergeleken. De onderlinge correlatie is als maat genomen voor de representativiteit van monsteranalyse van de meetsonde. Van beide dataseries zijn de data zo dicht mogelijk bij het middaguur gekozen, variërend van 12:00 tot 13:05 u.

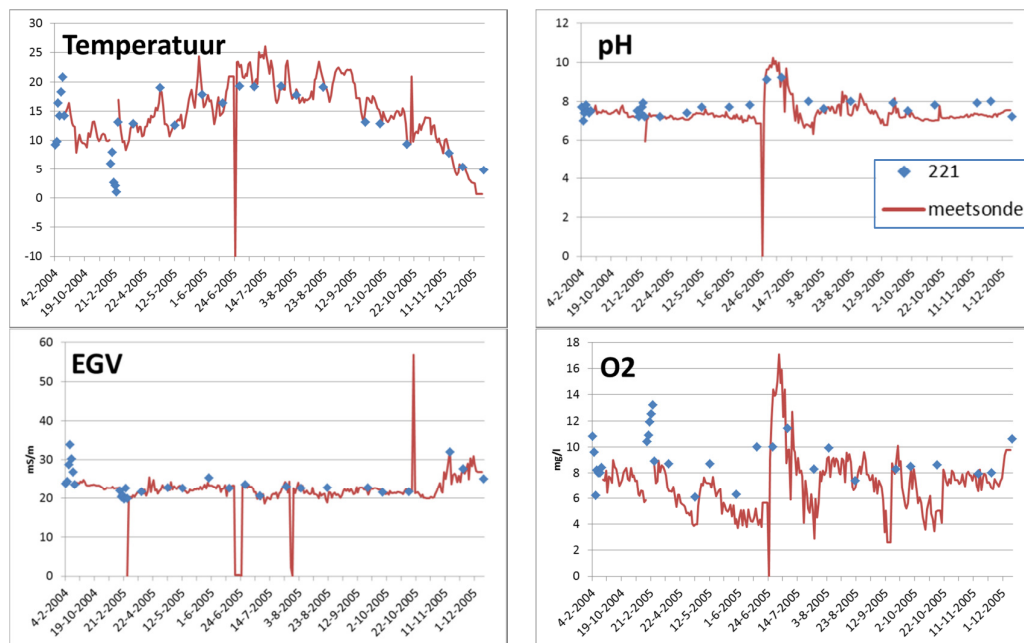
8.1.2 Resultaten en discussie

In figuur 8.1 is te zien dat het verloop van de gemeten parameters in alle gevallen tamelijk constant is. In 2004 moest de meetsonde nog gekalibreerd worden; dit verklaart wellicht de afwijkingen bij temperatuur, EGV en O_2 . Er zijn uitschieters omlaag bij alle vier de parameters, die wellicht te maken hebben met tijdelijk disfunctioneren (bijvoorbeeld op 24 juni 2005). De aansluiting met de gemeten waarden van de monsternamen op punt 221 is goed vanaf het begin van 2005, dus na kalibratie.

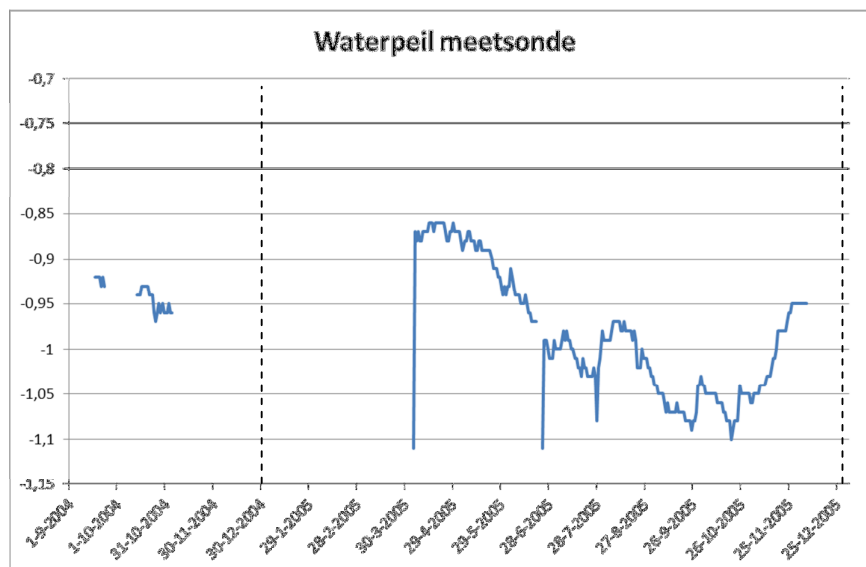
Op basis van deze vergelijking kan gesteld worden dat de betrouwbaarheid van de metingen van T, EGV, pH en O_2 in deze periode voldoende is geweest.

In bijlage 8 staan figuren met daarin de meetwaarden voor parameters gemeten door de meetsonde uitgezet tegen het waterpeil. Hierbij zijn de meetgegevens met vreemde uitschieters uit de datasets verwijderd. Uit de figuren in bijlage 8 blijkt dat er geen duidelijke relatie te vinden tussen de meetwaarden en het gemeten waterpeil.

De relatie tussen het peilbeheer en de eutrofiering is zeer beperkt vanuit de meetsonde af te lezen. Dit is enigszins mogelijk via zuurstof. De belangrijkste parameters voor eutrofiering (nutriënten; chlorofyl-a) worden echter niet door de meetsonde bepaald.

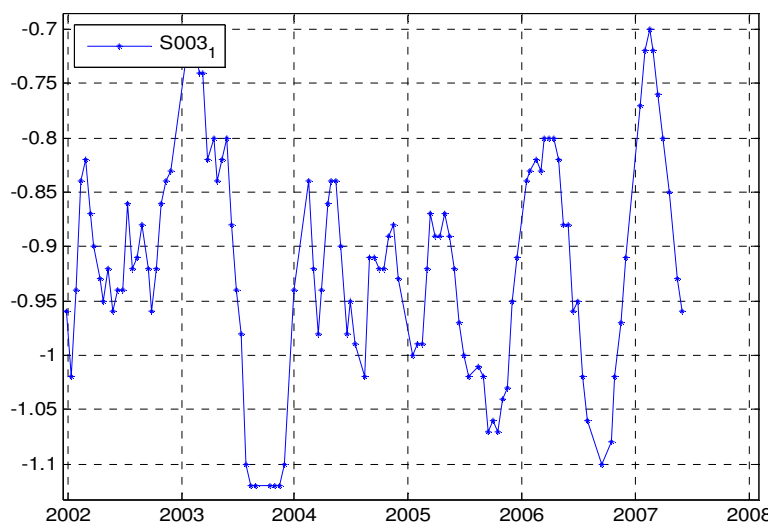


Figuur 8-1. Vergelijking van meetgegevens van vier fysisch-chemische waterparameters in de periode september 2004 t/m december 2005: de monitoring via monsternamen en lab-analyse (blauw) versus de meetsonde (rood).



Figuur 8-2. Metingen van het waterpeil in de periode september 2004 t/m december 2005 volgens de meetsonde.

De berekende waterpeilen volgens de meetsonde komen goed overeen met die van de SBB-meetreeks (zie Figuur 8-2 en Figuur 8-3). De SBB-meetreeks is een afgelezen waarde van de peilschaal. De metingen in het najaar van 2004 komen niet helemaal overeen met de peilschaaldata; ook hier kan eventueel gebrek aan kalibratie een mogelijke verklaring zijn. In 2005 komen de meetgegevens en de afgelezen data van de meetsonde en peilschaal goed overeen.



Figuur 8-3. De (maandelijks) meetgegevens van de peilschaal bij het Schiphuis (gegevens Staatsbosbeheer).

8.1.3 Conclusies

De meetsonde is, in de korte periode dat gegevens zijn opgenomen, voor wat betreft EGV, O_2 , temperatuur, pH en het oppervlaktewaterpeil voldoende stabiel en betrouwbaar gebleken. De data zijn vergelijkbaar met de meetwaarden zoals bepaald in het veld en laboratorium, hiermee kan de meetsonde in worden gezet voor het monitoren van deze data.

Doelstelling	Resultaat
Het nieuwe beheer te volgen (flexibel peil) en tussentijds te kunnen anticiperen op het peilregime	Het monitoren van het peil is goed mogelijk; aandachtspunt is de kalibratie van de meetsonde
Effecten van het nieuwe peilregime op eutrofiering in de tijd te kunnen volgen	Beperkt via O_2 . Belangrijkste parameters voor eutrofiering (nutriënten; chlorofyl-a) worden niet door de meetsonde bepaald.
Relaties vastleggen tussen waterstanden en enkele waterkwaliteitsparameters	Er zijn geen relaties gevonden tussen de waterstand en de parameters bepaald met de meetsonde.
Ter ondersteuning van de lopende (OBN)-onderzoeken	Beperkt. Bepaalde parameters zijn niet de belangrijkste stuurvariabelen en daardoor maar beperkt bruikbaar.

8.1.4 Aanbevelingen

In principe heeft monitoring met behulp van meetsondes het voordeel dat veel data in hoge frequentie en langdurig kunnen worden gemeten tegen relatief lage kosten. Het waterpeil en parameters T, EGV, O_2 en pH kunnen goed worden bepaald met de meetsonde.

Tegenwoordig zijn er ook bemonsteringsmethoden waarmee gemiddelde concentraties van nutriënten over een bepaalde tijdperiode kunnen worden bepaald. Deze methode geeft een goed beeld van de gemiddelde concentratie en zorgt ervoor dat niet per ongeluk extreme waarden worden gemeten. Een voorbeeld hiervan is de SorbiSense methodiek.

Het volgende wordt aanbevolen:

- Meetsonde gebruiken voor volgen waterpeilen om inzicht in het hydrologisch functioneren van De Deelen te blijven behouden.

- Afweging maken van kosten en inspanning; mogelijk dat veldbezoeken worden verminderd in frequentie of in te bepalen parameters (bv geen zuurstof/pH/EGV metingen meer doen in het veld).
- Afweging maken of het inzetten van bemonsteringstechnieken die gemiddelde (nutriënten) concentraties bepalen meerwaarde bieden voor monitoring in De Deelen.

9 WATERKWALITEITSONTWIKKELING IN DE PERIODE 2000 - 2012

9.1 Gebruikte gegevens

De waterkwaliteitsontwikkeling in de periode 2000-2012 in De Deelen wordt in dit hoofdstuk beschreven aan de hand van de meetpunten met langjarige meetseries (zie figuur 3.2). In de onderstaande tabel staan deze vijf meetpunten weergegeven.

Twee van deze punten geven informatie over de kwaliteit van ingelaten water. Punt 203 ligt in de zandwinplas, welke jaar rond een grondwaterkarakter heeft (Grontmij, 1991). Deze diepe plas trekt regionale kwel aan. Daarnaast wordt water ingelaten vanuit de Hooivaart als het waterpeil in de zandwinplas te laag is. De Hooivaart (meetpunt 215) is een boezemwater waarop water uit de omliggende kwelpolders wordt uitgeslagen. De polders rondom de Deelen zijn grotendeels in gebruik als weidegrond/grasland.

Meetpunt 221 ligt centraal in De Deelen (in het Oud Deel). Dit meetpunt is het KRW-meetpunt van De Deelen. Meetpunt 218 is representatief voor de noordelijke petgaten en is van 2003 tot en met 2008 afgesloten vanwege experimenten met enclosures en visstandbeheer. Na 2008 bleef het scherm staan tot en met 2011, echter in slechte staat.

Meetpunt 628 geeft een beeld van de waterkwaliteit nabij de "uitlaat" van het gebied. In de figuren wordt indien van toepassing de GEP-doelstelling aangegeven voor De Deelen. De doelstelling voor de zandwinplas (een heel ander watertype) wijkt af van de GEP's voor De Deelen. Deze doelstellingen zijn niet opgenomen in de figuren, omdat de focus ligt op de waterkwaliteit in De Deelen.

Tabel 9-1: De vijf belangrijkste meetpunten van waterkwaliteit in De Deelen.

Meetpunt	locatiebeschrijving	indicatieve waarde
203	zandwinplas	kwaliteit van ingelaten water
215	Hooivaart	kwaliteit van inlaatwater uit de boezem
218	petgat	petgat met beperkte menging/uitwisseling met de rest van De Deelen
221	Oud Deel	KRW-meetpunt
628	uitlaat westzijde	"eindresultaat" van waterkwaliteit in De Deelen; wordt uitgelaten

9.2 Fysisch-chemische waterkwaliteit

Bij de beschrijving van de fysisch-chemische waterkwaliteit wordt ingegaan op de voor de relevante parameters voor de problemen met de waterkwaliteit in De Deelen: totaal fosfaat, totaal stikstof, sulfaat, alkaliniteit en doorzicht, aangevuld met zuurstof, temperatuur, chloride en zuurgraad.

Altenburg & Wymenga (2011) hebben voor alle Friese waterlichamen de KRW-toetsing voor de periode 2006-2010 uitgevoerd. De uitkomst daarvan is samengevat in tabel 9-2. De KRW-toetsing is uitgevoerd op basis van meetgegevens uit meerdere jaren (2006-2010). De Deelen voldoet aan de normen voor zuurstof, temperatuur en chloride. Fosfaat, stikstof, zuurgraad en vooral doorzicht scoren onvoldoende (zie tabel 9.2).

Uit de KRW-toetsing blijkt dat de concentraties nutriënten (totaal P en totaal N) in de afgelopen jaren eerder toe- dan afgenomen zijn. Een zelfde trend is zichtbaar door het doorzicht, wat nauw samenhangt met de concentraties nutriënten in het oppervlaktewater. Alleen in 2010 is een sterke verbetering van deze parameters te zien. Of dit een trendbreuk betekent zal moeten blijken uit de waterkwaliteitsgegevens van de komende jaren.

In de hierna volgende paragrafen volgt een uitwerking van de gemeten relevante parameters en worden de trends nader toegelicht.

Tabel 9-2: Resultaten van de KRW-toetsing voor De Deelen (type M27) (overgenomen uit Altenburg & Wymenga, 2011). Kleuren geven het KRW-oordeel aan: groen = goed; geel = matig; oranje = ontoereikend; rood = slecht. Voor meer informatie over de uitvoering van de KRW-toetsing zie Altenburg & Wymenga (2011).

Jaar	Temp (°C)	O ₂ (%)	Cl (mg/l)	pH	tP (mg/l)	tN (mg/l)	Zicht (m)
GEP	25	60-120	200	5,5-7,5	0,09	1,3	0,9
Doel 2015	25	60-120	200	5,5-7,5	0,09	1,3	0,9
2006	27,2	94	42	7,7	0,11	1,9	0,48
2007	20,5	84	36	7,6	0,11	1,9	0,35
2008	21,5	83	33	7,5	0,15	2,1	0,35
2009	19,4	96	26	7,4	0,23	2,7	0,26
2010	21,8	74	52	7,8	0,06	1,4	0,69
2006-2010	21,5	84	37	7,5	0,15	2,1	0,43

9.2.1 Fosfaat

Over de afgelopen 12 jaar vertonen de fosfaatconcentraties voor de meeste meetpunten een licht stijgende trend. In 2009 is een opvallende piek in de fosfaatconcentratie bij de meetpunten Oud Deel (mp 221) en de uitlaat (mp 628) te zien.

Het inlaatwater uit de zandwinplas kent lage fosfaatconcentraties die in alle meetjaren onder de KRW-doelstelling liggen (meetpunt 203; KRW-doelstelling voor dit type wateren ligt overigens ook lager). Doordat het water in De Deelen maar voor een relatief klein deel uit inlaatwater bestaat (zie hoofdstuk 2) en er vanuit De Deelen zelf veel fosfaat vrijkomt (interne eutrofiëring) is de invloed van de goede kwaliteit van het inlaatwater op de resulterende waterkwaliteit in De Deelen gering.

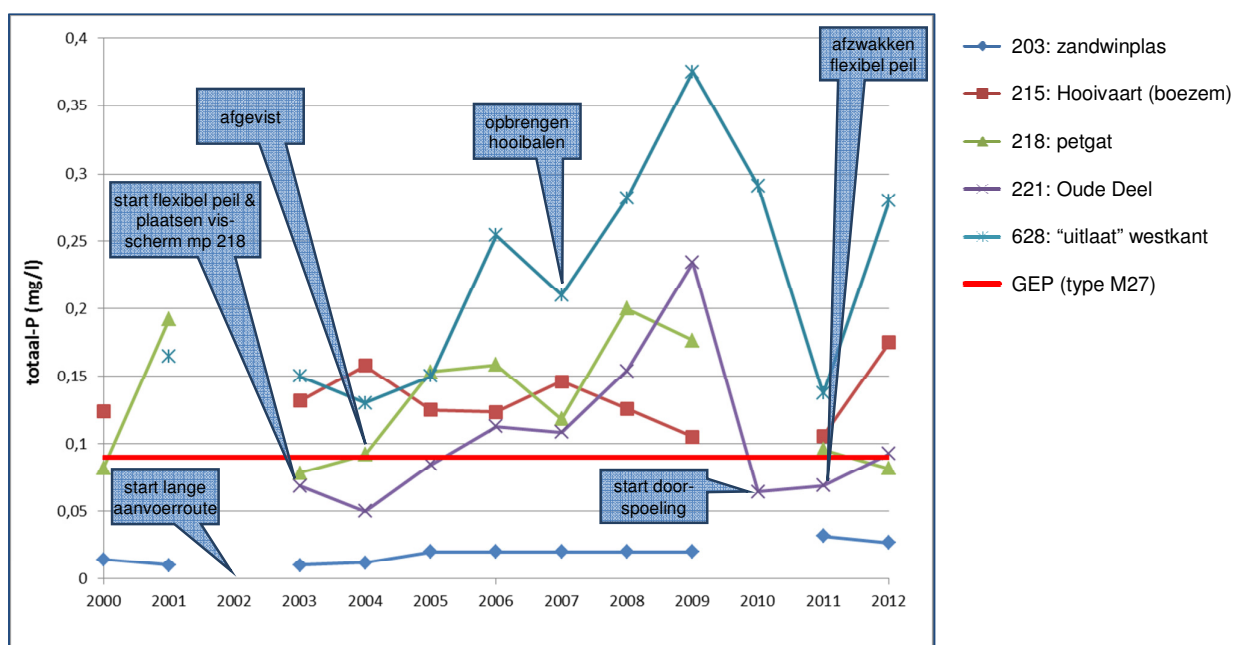
Het water uit de Hooivaart (meetpunt 215) is fosfaatrijk als gevolg van uit- en afspoeling van de agrarische percelen die op de Hooivaart afwateren en blijft redelijk stabiel in de periode 2000-2012 (0,15-0,20 mg/l). Echter: de externe P-belasting in De Deelen ligt wel ruim onder de kritische grens voor een verwachte omslag naar helder water (Witteveen+Bos, 2012). Dit betekent dat een heldere en plantenrijke toestand op basis van inlaatwater uit boezem (en zeker vanuit de zandwinplas) in principe mogelijk moet zijn (Jaarsma et al., 2008). De interne belasting met fosfaat die vanuit De Deelen zelf vrij komt zorgt ervoor dat de kritische grens wel wordt overschreden (zie paragraaf 9.3).

De zomergemiddelde fosfaatgehalten in De Deelen op meetpunt 221 liggen tot 2006 en na 2009 nog onder de KRW-doelstelling (Goed Ecologisch Potentieel, GEP) van 0,09 mg/liter (Figuur 9-1). In de periode 2006-2009 is er sprake van overschrijding van de doelstelling met in 2009 een uitschieter naar zomergemiddelde van 0,23 mg P per liter. In 2009 is er weinig water ingelaten in De Deelen (zie figuur 2.4) waardoor vooral de interne processen in De Deelen hebben bijgedragen aan het vrijkomen van fosfaat.

De zomergemiddelden van de twee meetpunten centraal in De Deelen komen niet overeen. Fosfaatconcentraties op meetpunt 218 liggen met uitzondering van 2009 en 2012 boven de waarden voor meetpunt 221. Dit petgat lijkt dus wat meer eutroof te zijn dan de centrale vaart in De Deelen. Op meetpunt 221 en 628 (en mindere mate meetpunt 218) is er vanaf 2004 sprake van een stijging in totaal-P gehalte. Deze stijging hangt waarschijnlijk samen met het toepassen van flexibel peilbeheer. De afbraak van de legakkers wordt daarmee groter door golfslag en winderosie en doordat door beperking van hoeveelheid inlaatwater er geen sprake

meer is van verdunning (zie paragraaf 5.2). Hierdoor neemt gedurende de looptijd van het flexibel peilbeheer het P-gehalte toe in De Deelen. De grootte van deze bron is echter onbekend. Petgat 218 is onderdeel geweest van het experiment met visstandbeheer (zie paragraaf 7.2). Hiervoor is het petgat afgesloten met viswerend scherm en is de aanwezige vis verwijderd. Dit experiment heeft geen positief effect gehad op P-totaal (concentratie is gestegen).

De kwaliteit van water nabij het uitlaatpunt (meetpunt 628) is een stuk slechter dan de rest van De Deelen en ligt ruim boven de KRW-doelstelling. Dit wijst er op dat binnen De Deelen aanrijking van het water plaatsvindt en dat er dus een interne bron van fosfaat aanwezig is. Mogelijke interne bronnen zijn veenafbraak (door verdroging of interne eutrofiëring) en af- of uitspoeling vanaf percelen. De piek in zomergemiddelde P-totaal op dit meetpunt heeft waarschijnlijk ook deels te maken met het op grote schaal toepassen van hooibalen om legakkers te beschermen in het zuidwestelijk deel van De Deelen in de periode 2007-2009. (zie paragraaf 7.3). Echter, ook voor meetpunt 221 is in 2009 een piek gemeten in fosfaatgehalte. Uit de analyse van de waterkwaliteit bij de hooibalen blijkt dat de stijging in nutriënten in mindere mate optreedt bij meetpunt 221.



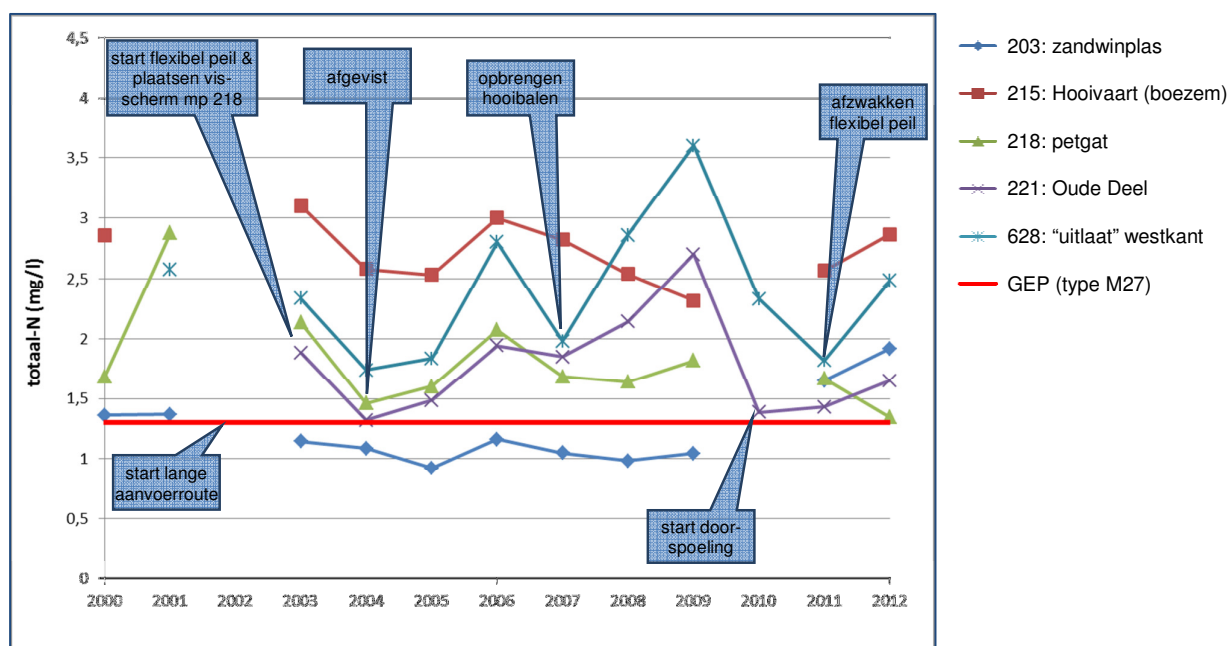
Figuur 9-1. Zomergemiddelde totaal-P (mg/l) in De Deelen.

Het watersysteem van De Deelen is wat fosfaat betreft dus heterogeen van aard. In de noordelijke petgaten (meetpunt 218) is sprake van meer nalevering vanuit de waterbodem, terwijl in de hoofdwatgang (meetpunt 221) door het gebied inlaatwater dominant is (Witteveen+Bos, 2012). Het westelijk deel van De Deelen (nabij uitlaatpunt) is voedselrijker dan het centrale gedeelte van De Deelen). De stijgende trend in fosfaatgehalte is met het aanpassen van de doorspoelproef en het flexibel peilbeheer (dus meer inlaten van schoon water; zie paragraaf 6.2) en het rustige voorjaar in 2011 terug gebracht tot de concentraties van voor het instellen van het flexibele peil. 2012 laat echter wel weer een stijging zien voor fosfaat in De Deelen ten opzichte van 2011.

9.2.2 Stikstof

De totale stikstofconcentraties liggen voor vrijwel alle meetpunten ruim boven de KRW-doelstelling. Alleen in de zandwinplas liggen de concentraties onder de doelstelling. Er is geen duidelijke trend zichtbaar. Het is opvallend dat de meetpunten die in De Deelen zelf gelegen zijn een duidelijk piek vertonen in 2009. Deze piek valt samen met de piek in fosfaat en wordt mede veroorzaakt doordat in 2009 warm en droog was.

Het stikstofgehalte van de zandwinplas lag tot 2009 onder de GEP van De Deelen maar vertoont sinds 2011 wel een duidelijke toename. De redenen hiervan zijn niet specifiek onderzocht in de zandwinplas. Een mogelijke oorzaak kan zijn dat door de toegenomen behoefte aan inlaatwater (ook door de doorspoelproef van de drie petgaten gestart in 2010, door het verkleinen van peilverschil bij flexibel peilbeheer) het waterpeil in de zandwinplas verder uitzakt waardoor er meer (nitraatrijk) grondwater naar de zandwinplas toestroomt. Het eutrofe inlaatwater uit de Hooivaart is naast fosfaat ook rijk aan stikstof en schommelt gedurende periode 2000-2012 globaal tussen 2,5 en 3 mg/l.



Figuur 9-2. Gehalten totaal stikstof (mg/l, zomergemiddelden).

Voor de drie meetpunten in De Deelen (218, 221 en 628) liggen de zomergemiddelde totaalgehalten stikstof ruim boven de KRW-doelstelling van 1,3 mg/l. De piek in 2009 komt overeen met de piek gezien bij totaal-P en komt waarschijnlijk door de hooibalen (paragraaf 7.3) in combinatie met warme weer in dat jaar. Het oppervlaktewaterpeil is op dat moment niet

dieper uitgezakt dan in een reguliere zomer. Net als voor totaal-P geldt dat ook voor totaal-N het meetpunt in de zuidwesthoek bij de uitlaat hogere gehalten heeft dan de meetpunten midden in De Deelen. Blijkbaar vindt er tussen die twee meetpunten een sterke aanrijking van het water plaats. Net als bij P-totaal neemt gehalte N-totaal in De Deelen ook toe vanaf 2004. Dit komt waarschijnlijk door de afbraak van het veen onder invloed van het flexibel peilbeheer (Witteveen+Bos, 2012). De afbraak van de hooibalen kan ook van invloed zijn.

Petgat 218 is onderdeel geweest van het experiment met visstandbeheer (zie paragraaf 7.2). Hiervoor is het petgat afgesloten met viswerend scherm en is de aanwezige vis verwijderd. Dit experiment heeft geen positief effect gehad op P-totaal (concentratie is gestegen). Net zoals voor totaal-P geeft ook totaal-N sinds het starten van de doorspoelproef voor een verlaging van de concentratie in De Deelen (daling van 2009 op 2010) te zien. Na 2010 neemt de concentratie weer geleidelijk toe.

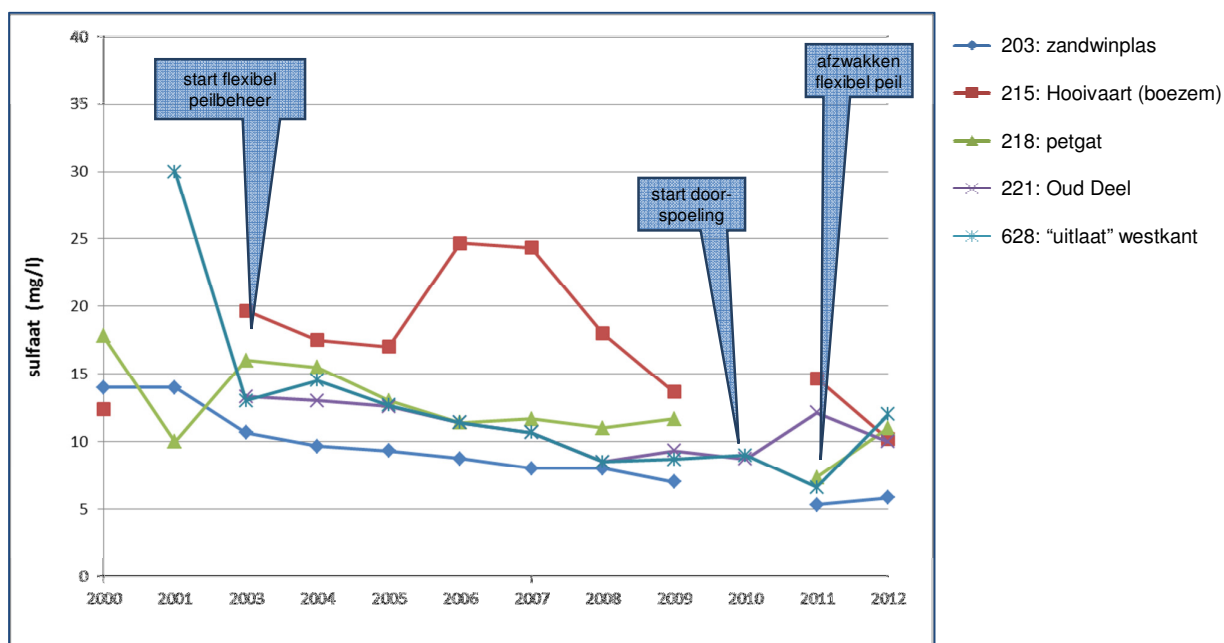
9.2.3 Sulfaat en alkaliniteit

Zowel sulfaat als de alkaliniteit (met name bicarbonaat) spelen een belangrijke rol bij het optreden van interne eutrofiëring (eutrofiëring door mobilisatie van nutriënten, met name fosfaat, vanuit het systeem zelf zonder dat externe nutriënten worden aangevoerd; Brouwer et al., 1999; Smolders et al., 2006). In deze overzichtsrapportage wordt niet verder ingegaan op de precieze mechanismen hierachter. Voor meer informatie verwijzen wij naar Smolders et al. (2006). Voor dit rapport is het belangrijk om te beseffen dat:

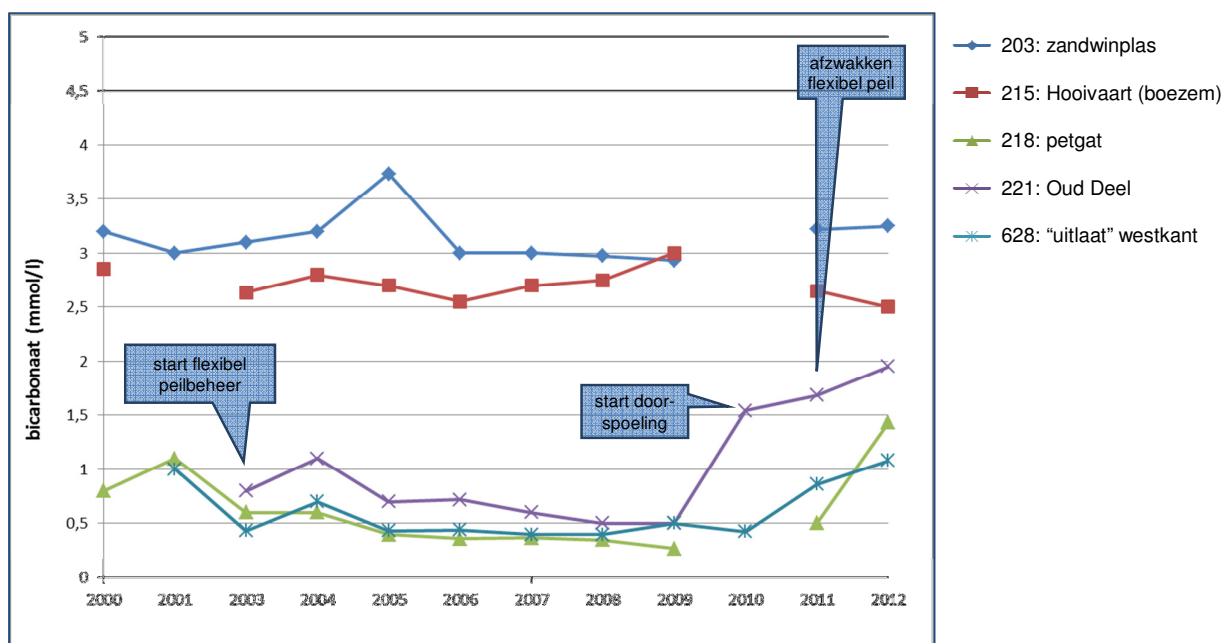
- Sulfide (wordt onder anaerobe omstandigheden gevormd uit sulfaat) beter bindt aan van nature in de waterbodem aanwezige ijzer dan fosfaat. Bij toename van zwavel (o.a. in de vorm van sulfaat) kan dit aan ijzer gebonden fosfaat onder zuurstofloze (anaerobe) omstandigheden vrij komen.
- In zure bodems wordt de natuurlijke afbraak afgeremd (conservering). Door het verhogen van de buffercapaciteit worden de bodems minder zuur waardoor de afbraak wordt versneld. De buffercapaciteit wordt verhoogd door een stijging van het bicarbonaatgehalte (alkaliniteit). Dit is een zichzelf versterkend proces, omdat bij veenafbraak ook alkaliniteit wordt gegenereerd.

Sulfaat en bicarbonaat kunnen in verhoogde mate worden aangevoerd naar De Deelen via inlaatwater (zoals uit de Hooivaart en zandwinplas). Sulfaat kan ook via grondwater bijdragen aan interne eutrofiëring maar dit is door de wegzijging in De Deelen geen belangrijke aanvoerroute. In de jaren '80 was zure depositie van zwaveloxides (zure regen) een belangrijke bron voor sulfaat, maar inmiddels is de depositie van zwavelverbindingen zeer sterk gereduceerd waardoor dit geen belangrijke bron meer is. Wel kan er veel sulfaat in de bodem opgeslagen liggen, met name in gebieden met oude mariene afzettingen. Overigens vormen hoge sulfaatconcentraties vooral een risico in gebieden waar veel aan ijzer gebonden fosfaat in de bodem voorkomt. In De Deelen is dit niet het geval (Lamers et al., 2006).

In de STOWA-rapportage "Van helder naar troebel en weer terug" (Jaarsma et al., 2008) worden grenswaarden aangegeven voor sulfaat en alkaliniteit waarboven veenafbraak en fosfaatomobilisatie mogen worden verwacht. Voor sulfaat ligt deze grens 10-19 mg sulfaat (SO_4)/l. Voor alkaliniteit wordt een maximumwaarde van 1 meq/l aangehouden (voor bicarbonaat: 1 meq/l = 1 mmol/l).



Figuur 9-3. Gehalten totaal sulfaat (mg/l, zomergemiddelden).



Figuur 9-4. Gehalten bicarbonaat (mmol/l, zomergemiddelden).

Het sulfaatgehalte in De Deelen schommelt in de periode 2000-2012 grotendeels tussen de 10 en 15 mg/l en valt daarmee binnen range voor de grenswaarde waarbij fosfaatmobilisatie vanuit de waterbodem mag worden verwacht. Er bestaat dus mogelijk risico op interne eutrofiëring. Uit onderzoek in laagveengebieden (Lamers et al., 2006; Geurts et al., 2008) blijkt dat de grens voor fosfaatmobilisatie meestal ergens binnen deze range ligt. In de periode 2003-2010 (flexibel peilbeheer) neemt het sulfaatgehalte in De Deelen af (geen aanvoer meer vanuit inlaatwater) en neemt het fosfaatgehalte in De Deelen toe (zie paragraaf 9.1). De lage sulfaatgehalten in de zandwinplas vormen een gering risico op interne eutrofiëring bij inlaten

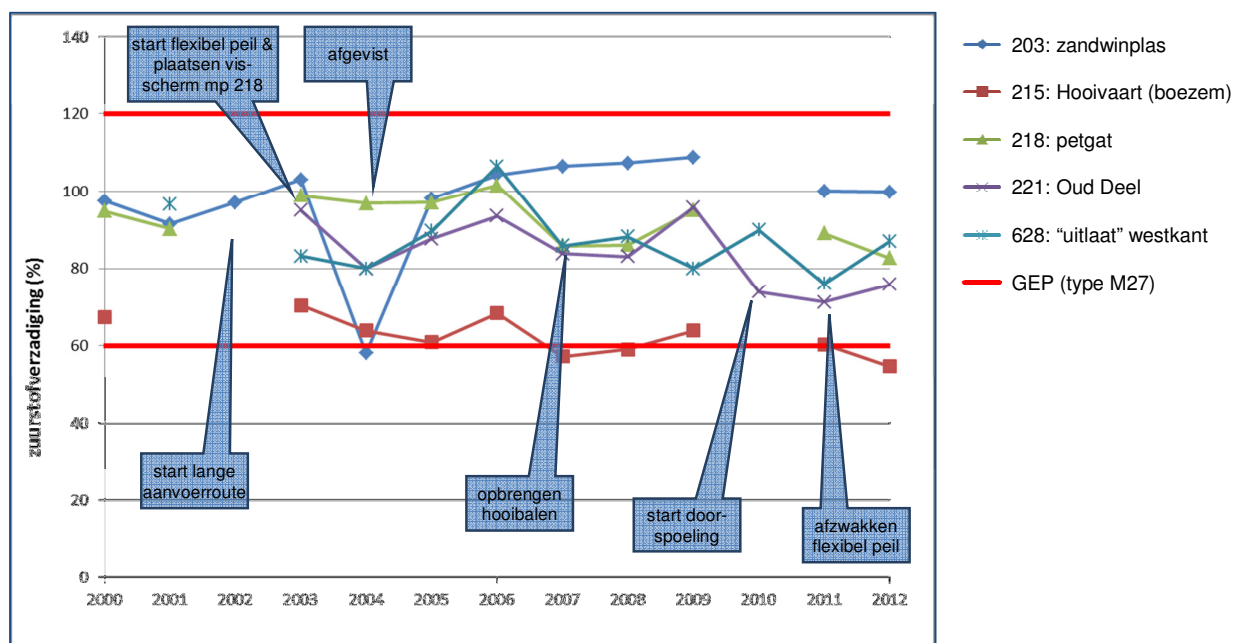
van dat water ten opzichte van inlaat van boezemwater (blijft onder de grenswaarde van Jaarsma et al., 2008). Het inlaten van sulfaatrijk boezemwater uit de Hooivaart brengt mogelijk wel een risico op versterking van interne eutrofiëring met zich mee, hoewel de sulfaatconcentraties in 2012 niet hoger zijn dan elders in het gebied. Wel is er sprake van toename van sulfaat-concentratie na het afzwakken van het flexibel peilbeheer: er wordt weer water vanuit de Hooivaart ingelaten. Na het afzwakken van het flexibel peilbeheer is er een toename van de sulfaatconcentratie.

De drempelwaarde voor het voorkomen van een soortenrijke onderwatervegetatie (start voor het verlandingsproces) ligt rond 10-15 mg/l $\text{SO}_4\text{-S}$ (Vermaat et al., 2012). De 15 mg/l SO_4 die in 2012 is gevonden in De Deelen (Figuur 9-3, meetpunt 218) komt omgerekend neer op ongeveer 5 mg/l $\text{SO}_4\text{-S}$ en is daarmee niet belemmerend voor het voorkomen van de soortenrijke onderwatervegetatie.

De hoge alkaliniteit van het water uit de boezem en de zandwininput brengen wel risico's met zich mee voor fosfaatmobilisatie in De Deelen. In beide meetpunten ligt de alkaliniteit ver boven de gewenste grenswaarde (1 meq/l). Het vervolgen van de proef met een aangepast flexibel peilbeheer en de inlaat van water uit de zandwinplas voor de doorspoelproef heeft dan ook gezorgd voor een toename van de bicarbonaat-gehalten tot boven de grenswaarde (Jaarsma et al., 2008). (zie figuur 9-4). Tijdens de periode met flexibel peilbeheer (en beperken van de inlaat) nam de alkaliniteit in De Deelen juist af en bleef onder de grenswaarde van 1 meq/l.

9.2.4 Zuurstof

De zomergemiddelden van het percentage zuurstof in het oppervlaktewater voldoen over het algemeen aan de KRW-doelstelling. Enkele verschillen zijn duidelijk: de Hooivaart (meetpunt 215) is zuurstofarmer dan de zandwinplas (meetpunt 203). Dit hangt waarschijnlijk samen met de grotere zuurstofvraag in de Hooivaart door een hoger percentage organische stof in de bodem. De drie meetpunten in De Deelen laten zien dat de zuurstofhuishouding in het water op orde is, ondanks de hoge productiviteit van de algen (wat kan leiden tot oververzadiging, vandaar ook de GEP bovengrens op 120 %) en zuurstofvraag voor veenaafbraak. De zuurstofverzadiging in het oosten van De Deelen is hoger dan bij de rest van De Deelen. Dit verschil kan worden verklaard door de hoge concentratie chlorofyl-a als gevolg van de nutriëntenbelasting vanuit de hooibalen (zie paragraaf 7.3). Het starten van de doorspoeling in 2009 zorgt voor verlaging van de zuurstofverzadiging in De Deelen, maar dit blijft binnen de KRW-doelstellingen.



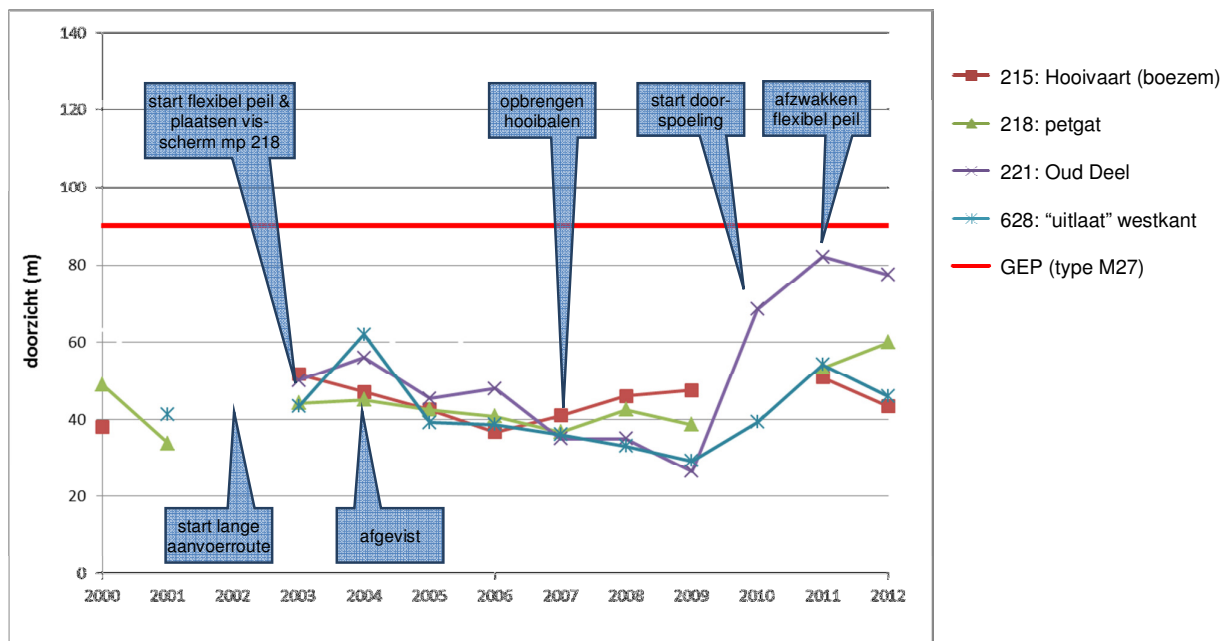
Figuur 9-5. Zomergemiddelde O₂-verzadiging (%), Rode lijnen = bandbreedte GEP voor type M27.

9.2.5 Doorzicht

Doorzichtwaarden liggen in De Deelen bijna steeds onder het KRW-doelstelling van 90 centimeter. Het doorzicht is sterk gerelateerd aan de hoge nutriëntenconcentraties, die zorgen voor algenbloei, en veenafbraak, wat zorgt voor fijner sediment dat gemakkelijk opwervelt. De waarschijnlijke oorzaak voor afnemende doorzicht in De Deelen in de periode 2003-2009 is het experiment met flexibel peilbeheer wat zorgde voor toename van nutriënten (zie paragraaf 5.2). Daarnaast speelt ook opwerveling door wind en golfslag een rol.

Het doorzicht in De Deelen is sinds 2010 sterk verbeterd: tussen 70 cm en 85cm gemiddeld voor de zomerperiode. De toename van doorzicht op meetpunten 221 en 628 valt samen met afname van de hoeveelheid chlorofyl-a (figuur 9-11) en de explosieve groei van waterplanten in 2011 (zie paragraaf 9.3). Deze verbetering van doorzicht is waarschijnlijk te danken aan het rustige (windstille) en betrekkelijk warme voorjaar in 2011. Na het starten met de doorspoelproef verbetert het doorzicht op locatie 221 in het Oude Deel, maar ook in petgat 218 en nabij de uitlaat (628).

Het doorzicht in de zandwinplas is meestal meer dan 2 m. Daarom staan de meetwaarden van de zandwinplas niet uitgezet in Figuur 9-6.

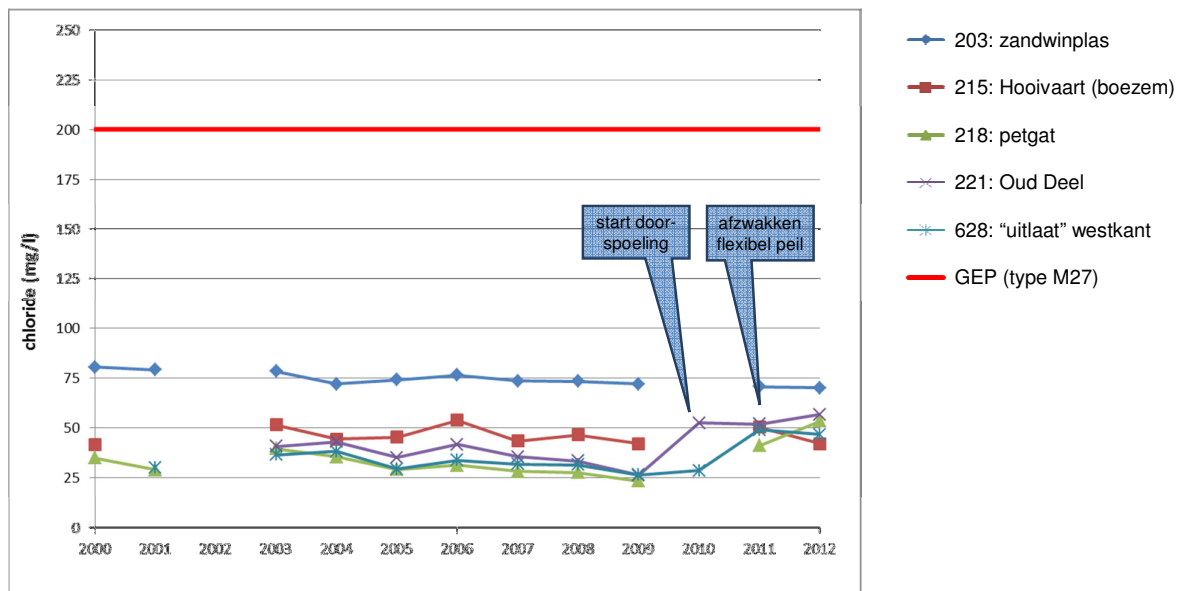


Figuur 9-6. Doorzicht (centimeters, zomergemiddelden) in De Deelen.

9.2.6

Chloride

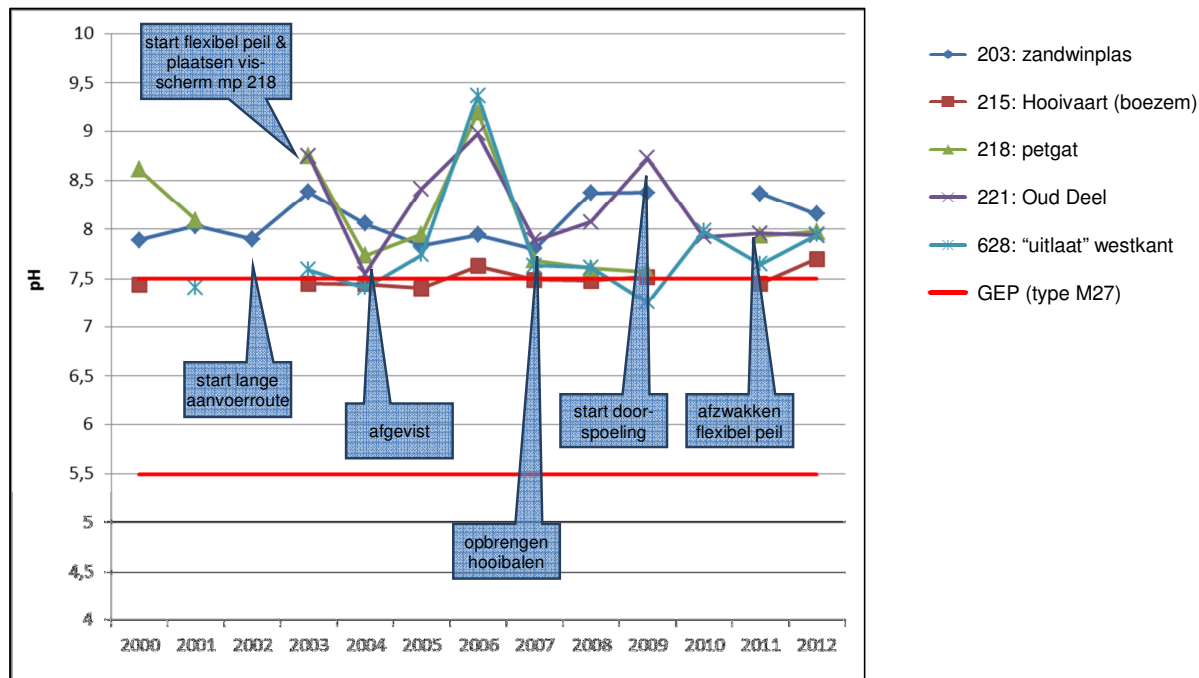
Chloridegehalten liggen binnen De Deelen tussen 20 en 55 mg/liter. Dit betekent dat het water een sterk zoet karakter heeft. De zandwinplas (meetpunt 203) heeft een hoger chloridegehalte dan de boezem (meetpunt 215) en De Deelen. Alle waarden liggen echter ruim onder de KRW-bovengrens van 200 mg/l. Het stoppen met het flexibel peilbeheer en de daarbij horende grotere behoefte aan inlaatwater vertaalt zich in een lichte stijging van de chlorideconcentraties vanaf 2010.



Figuur 9-7. Zomergemiddelde gehalten chloride (mg/l) in De Deelen.

9.2.7 Zuurgraad

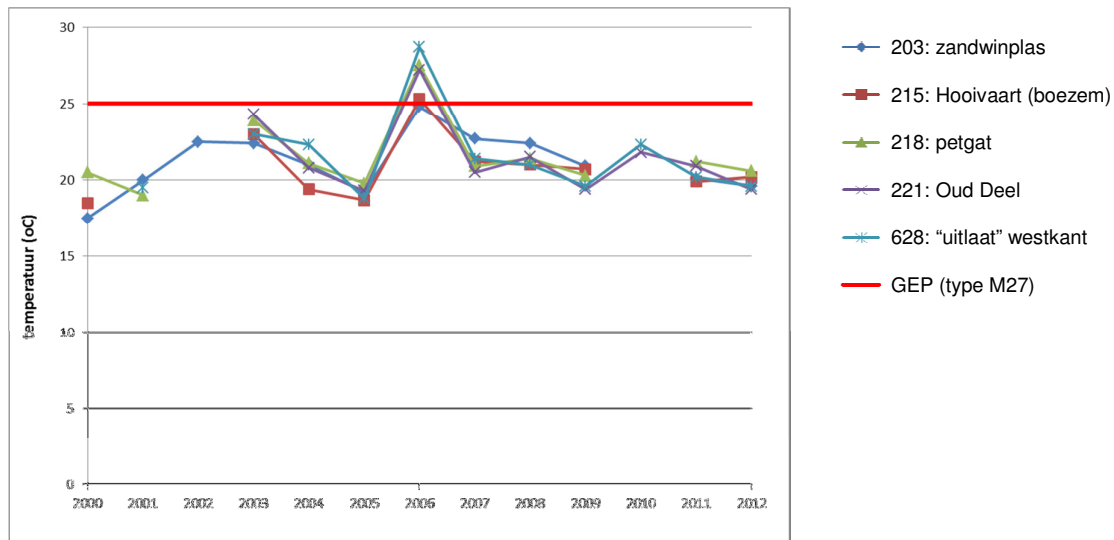
De zomergemiddelde zuurgraad (Figuur 9-8) ligt voor alle meetpunten boven de KRW-doelstelling. Dit heeft te maken met fotosynthese van algen en/of ondergedoken waterplanten. Door opname van CO₂ uit het water stijgt de pH. Vooral wanneer er sprake is van een gesloten vegetatiedek, kan hierdoor de pH flink stijgen. Na het opbrengen van de hooibalen is er sprake van differentiatie in pH in De Deelen: het oostelijk deel en het noordelijke petgat hebben een wat lagere pH (rond pH 7,5) terwijl pH van het Oud Deel (mp 221) wat hoger ligt. Na het starten van de doorspoelproef en het afzwakken van het peilbeheer neemt dit ruimtelijk verschil in zuurgraad weer af.



Figuur 9-8. Zomergemiddelde pH in De Deelen. Het gebied tussen de rode lijnen is de KRW-doelstelling.

9.2.8 Temperatuur

De maximumtemperaturen in de zomer liggen voor alle meetpunten onder de KRW-doelstelling. De uitzondering is de zomer van 2006. Hoge luchttemperatuur in combinatie met afgenomen watervolume door flexibel peilbeheer heeft in dat jaar gezorgd voor een opwarming tot boven de KRW-doelstelling. Het warme en droge jaar 2009 heeft daarentegen niet geleid tot een overschrijding van de KRW-doelstelling.



Figuur 9-9. Maximumtemperatuur in zomerhalfjaar in De Deelen.

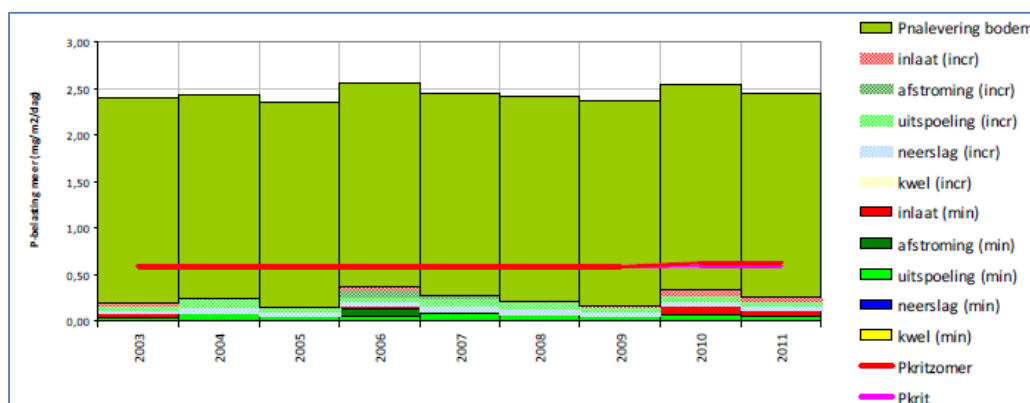
9.3 Waterbodem

In 2004 is door Staatsbosbeheer de dikte van de baggerlaag ingemeten in alle petgaten, op meerdere dwarsprofielen. De baggerdikte in de petgaten ligt overal rond 1 meter (data Staatsbosbeheer, 2004), vaak nog iets dikker. De waterkolomhoogte in de petgaten lag op het meetmoment ook steeds rond 1 meter. Vermoedelijk is er veel organisch bodemslib in het gebied dat herstel van de waterkwaliteit in de weg staat (verstorend voor lichtklimaat, vorming van sulfide en sterke nalevering van P) (Witteveen+Bos, 2012). Daarnaast wervelt de bagger gemakkelijk op, wat het doorzicht vermindert en de vegetatieontwikkeling tegenhoudt.

Een andere mogelijke verklaring is dat de data van De Groot niet representatief of op verkeerde aannames/metingen zijn gebaseerd of dat er een andere methode is gebruikt. Bovendien kan er tussen 1991 en 2012 een totaal andere situatie zijn ontstaan. Ver afgebroken bagger bevat vaak weinig nutriënten meer omdat al het organisch materiaal al is afgebroken. De sliblaag anno 2012 kan daarom van andere samenstelling zijn dan gemeten in 1991.

Uit een quickscan van de waterbodem en het porievocht die in het kader van het project "tijdelijke droogval" is uitgevoerd, komt naar voren dat er in De Deelen niet of nauwelijks fosfaat vanuit de waterbodem wordt nageleverd (Witteveen+Bos, 2012). Deze conclusie komt niet overeen met gegevens die door De Groot in 1991 zijn verzameld. Mogelijk komt dit door de grote heterogeniteit van De Deelen waarbij analyses voor het project tijdelijke droogval niet representatief zijn geweest voor De Deelen als geheel. Het tijdelijke droogvalproject is namelijk uitgevoerd in een gebied dat hydrologisch gescheiden is van de rest van De Deelen waar nog wordt verveend. Hiervoor wordt in dit deel van De Deelen door de vervener een ander peil gevoerd.

Witteveen+Bos (2012) schat in dat de interne belasting de externe belasting ver overstijgt (zie **Figuur 9-10**). De extra hoeveelheid nutriënten die via het inlaat water na 2010 binnenkomt in De Deelen (na aanpassen van het peilbeheer) is zeer gering ten opzichte van de interne eutrofiëring.



Figuur 9-10. Externe P belasting (rode lijn), geschatte interne belasting (groene kolommen; op basis van gegevens De Groot, 1991) en de theoretisch bepaalde kritische P-belasting voor de periode 2003-2011 (Witteveen+Bos, 2012).

Samengevat komt gezien de bodemgesteldheid het erop neer dat door de grote nalevering van fosfaat (interne belasting) het bereiken van een heldere toestand in de huidige situatie in De Deelen niet mogelijk is, ondanks dat de externe belasting wel onder de kritische belasting ligt. Voor meer toelichting op kritische en interne belasting zie Jaarsma et al. (2008).

9.4 Biologische toestand

In 2011 is door Altenburg & Wymenga de ecologische toestand van alle 24 Friese waterlichamen in de periode 2006 tot en met 2010 getoetst aan de KRW-maatlatten. In dit rapport is beschreven welke data zijn gebruikt, welke bewerkingen hebben plaatsgevonden en hoe de toetsing in het programma QBwat verloopt (Altenburg & Wymenga, 2011).

Tabel 9-3. Berekende EKR waarden voor de periode 2006 – 2010 (Altenburg & Wymenga, 2011) voor De Deelen. Kleuren geven het KRW-oordeel aan: groen = goed; geel = matig; oranje = ontoereikend; rood = slecht.

	Fytoplankton	overige waterflora	Macrofauna	Vissen
GEP	≥ 0,60	≥ 0,40	≥ 0,60	≥ 0,45
Beleidsdoelstelling 2015	≥ 0,50	≥ 0,30	≥ 0,60	≥ 0,45
2006	0,76	0,50	0,46	0,36
2007	0,26	0,23		
2008	0,22	0,17		
2009	0,17	0,15		0,58
2010	0,44	0,19		
Gemiddelde 2006-2010	0,37	0,25	0,46	0,47

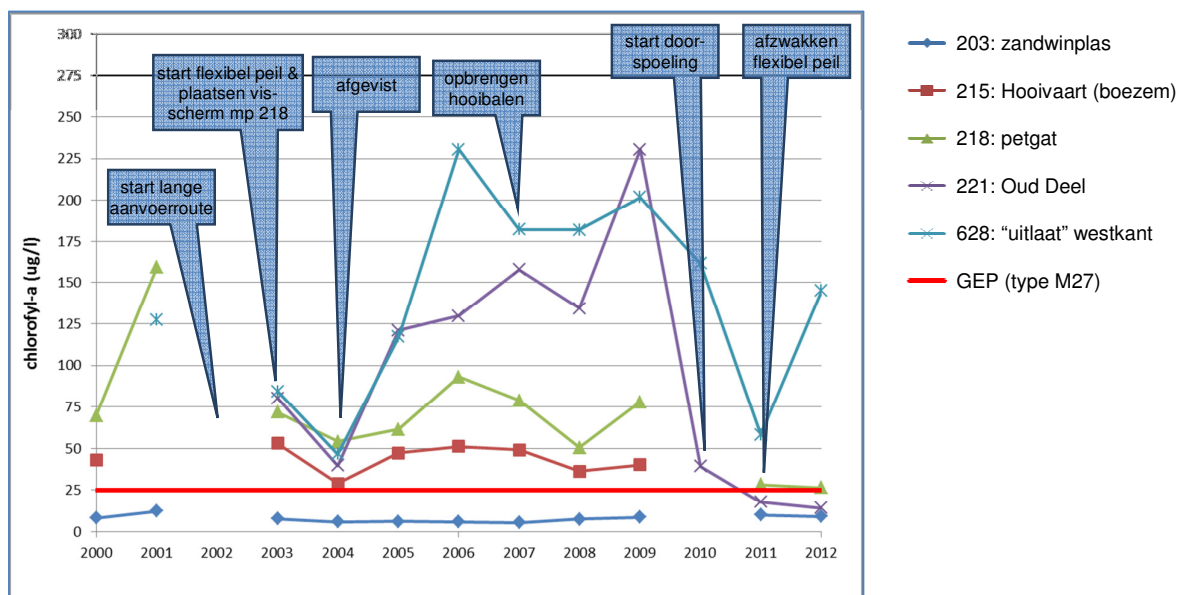
Voor De Deelen is per maatlat de EKR waarde (EKR =Ecologische KwaliteitsRatio, score op schaal 0 – 1) bepaald aan de hand van een aantal meetpunten. De resultaten (berekende EKR waarden) hiervan zijn weergegeven in Tabel 9-3.

Toelichting fytoplankton

De Deelen wordt in de periode 2006 – 2010 gemiddeld als ontoereikend beoordeeld voor de maatlat fytoplankton (combinatie van oordeel over chlorofyl-a en aanwezigheid van plaagsoorten). In Figuur 9-11 is weergegeven hoe het verloop van de chlorofyl-gehalten op de vijf belangrijkste meetpunten in De Deelen is. In het waterlichaam bestaat een grote variatie tussen de meetpunten. Duidelijk te zien is dat na instellen van het flexibel peilbeheer in 2003 in

de meetpunten 221 en 628 het chlorofyl-a gehalte sterk toeneemt. Dit hangt samen met de toename van nutriënten (zie paragraaf 5.2 en Figuur 9-1), lange verblijftijden in de zomer (geen inlaatwater) en opwarming (lager peil, minder volume, snellere opwarming).

De lage concentratie chlorofyl-a in 2011 is waarschijnlijk een gevolg van het uitzonderlijk rustige voorjaar. In Bosma (2011) wordt een explosieve groei van submerse waterplanten beschreven, waardoor er minder opwerveling van bodemsediment plaatsvond waardoor de algenconcentraties in 2011 laag gebleven zijn. De zomer van 2006 was erg warm (zie ook figuur 9-9) wat heeft gezorgd voor een explosieve algengroei.



Figuur 9-11. Gehalten chlorofyl-a (µg/l, zomergemiddelden) in De Deelen in de periode 2000-2012: de vijf meetpunten.

Toelichting overige waterflora

De Deelen wordt in de periode 2006 t/m 2010 als ontoereikend beoordeeld voor de maatlat overige waterflora (water- en oevervegetatie). Binnen De Deelen lijkt sprake te zijn van een neerwaartse trend in EKR over de meetjaren, maar deze is niet significant ($p = 0,12$). In 2010 waren de chlorofyl-a gehalten aan het dalen in De Deelen. Dit heeft niet geresulteerd in een onmiddellijke verbetering van de beoordeling van de waterflora. Dit kan komen doordat er wel waterplantengroei optreedt maar dat de soortenrijkdom nog te laag is (vooral massale groei van met name smalle waterpest) en doordat ecosystemen vaak trager reageren (rekolonisatie).

Overigens is landelijk onderkend dat de KRW-maatlatten voor overige waterflora (water- en oeverplanten) bijgesteld dienden te worden. In december 2012 zijn aangepaste maatlatten verschenen (STOWA, 2012) met daarin ingrijpende veranderingen voor de deelmaatlat macrofyten. Zo is het begrip "begroeibaar areaal" eenduidiger gedefinieerd, zodat er geen ruimte meer is voor verschillende interpretaties. Daarnaast is de score minder afhankelijk gemaakt van de monitoringsinspanning. Het resultaat is een meer consistente beoordeling. De internationale intercalibratie heeft bovendien geleid tot kleine aanpassingen aan de maatlatgrenzen. Uit een landelijke analyse blijkt dat er geen eenduidig verband bestaat tussen de resultaten van de oude en de nieuwe maatlatten (Royal HaskoningDHV, 2012). Om de toestand voor het kwaliteitselement overige waterflora te bepalen voor De Deelen kan dus geen uitspraak worden gedaan op basis van de scores op de oude maatlatten, maar is het nodig om de toetsing opnieuw uit te voeren met de nieuwe maatlatten. Het Wetterskip is tijdens

opstellen van de rapportage bezig met het opnieuw uitvoeren van de KRW-toetsing op basis van de nieuwe maatlaten. De toetsing is echter nog niet afgerond, dus zijn de veranderingen in KRW-scores niet opgenomen in deze overzichtsrappportage.

Toelichting macrofauna

De macrofauna is alleen getoetst in 2006 en is voor de periode 2006-2010 als matig beoordeeld (EKR 0,46). De macrofauna-maatlat voor watertype M27 bevat vooral soorten van groot water met organische, venige bodems, verlandingsmilieus en een complete vegetatiezonering (Van der Molen et al, 2012). In de huidige situatie ontbreken de verlandingsmilieus en complete vegetatiezonering grotendeels in De Deelen waardoor het niet de verwachting is dat trend voor macrofauna positief zal zijn (tenzij de vegetatiezonering wordt hersteld).

Toelichting vissen

De Deelen behaalt over de periode 2006 t/m 2010 de KRW-doelstelling. Het aantal soorten is weliswaar relatief laag en ook is het biomassa-aandeel brasem relatief hoog, maar door een goed bestand aan zeelt wordt dit via de deelmaatlat zuurstoftolerante vis gecompenseerd (zie tabel 5.4). De visstand is dus gevarieerd en bevestigt het beeld dat ook volgt uit de waterkwaliteitsmetingen en watervegetatie dat er in De Deelen zowel plekken zijn met ondergedoken waterplanten (o.a. door aanwezigheid zeelt) als plekken waar het water troebel is (Witteveen+Bos, 2012). De visbiomassa scoort met 242 kg/ha erg hoog. De draagkracht voor helder en plantenrijk water ligt rond de 100-150 kg/ha (Jaarsma et al., 2008).

Tabel 9-4. Visbemonstering 2009 in De Deelen (en Rottige Meente): gevangen totaalgewicht per soort (overgenomen uit Koole, 2010).

Gilde	Vissoort	DRM	DDP1	DDP2	DDP3	DDP4	GMDD
Eurytoop	Aal/Paling	3,0	-	4,2	-	-	0,9
	Baars	9,0	10,4	7,4	13,4	20,9	14,3
	Blankvoorn	18,7	79,8	34,9	7,9	21,3	27,0
	Brasem	129,0	75,6	52,9	56,5	64,2	60,7
	Kleine modderkruiper	0,0	0,6	0,1	0,0	0,1	0,1
	Pos	2,4	58,4	27,0	24,1	38,6	33,8
	Snoek	34,0	10,6	10,7	69,1	18,9	32,8
Limnofiel	Rietvoorn/Ruisvoorn	0,4	5,5	1,5	0,2	-	1,0
	Vetje	0,8	2,6	3,6	0,2	1,2	1,5
	Zeelt	50,0	13,6	42,5	172,1	6,3	69,9
Rheofiel	Riviergrondel	-	-	-	-	0,1	0,0
Totaal		247,3	257,1	184,8	343,5	171,6	242,0

0,0 = <0,05 kg/ha; - = niet aangetroffen
 DRM= De Rottige Meente; DDP1= De Deelen petgat 1; DDP2 = De Deelen petgat 2; DDP3 = De Deelen petgat 3; DDP4 = De Deelen petgat 4; GMDD= gewogen gemiddelde De Deelen.

9.5 Ontwikkeling watervegetatie 2000-2012

De watervegetatie in De Deelen wordt gedomineerd door gele plomp, met name in de smallere petgaten. Andere drijvende of ondergedoken soorten zijn schaars: witte waterlelie, smalle waterpest en diverse fonteinkruiden komen op enkele plaatsen spaarzaam voor, met lage bedekkingsgraden. Kroossoorten zijn nagenoeg afwezig (Thannhauser-Douwma, 2010).

In 2011 is in De Deelen een vegetatie explosie van de onderwaterplanten Smalle waterpest (dominant) en Stompbladig fonteinkruid. In 2011 is minder onderwatervegetatie waargenomen, maar nog wel verspreid over geheel De Deelen.

Dit plaatst de resultaten van de analyse op basis van fysisch-chemische informatie in een iets ander perspectief. De fysisch-chemische resultaten laten een systeem zien dat nog eutroof is en niet in de buurt zit van het omslagpunt van troebel naar helder. Metingen van het

Wetterskip in het veld (veel vegetatie) doen anders vermoeden voor De Deelen: mogelijk zit het systeem dichter tegen het omslagpunt aan dan gedacht op basis van de fysisch-chemische data.

Krabbenscheer komt momenteel uitbundig voor in een petgat nabij het Oude Deel en het wandel/ rijpad, (zie Figuur 9-12). Dit betreft dezelfde plaats als waar de soort in 2002-2004 voorkwam met enkele tientallen tot honderden exemplaren (med. A. Rozema, SBB, 2004). Tevens wordt voor 2012 melding gemaakt van grote aantallen krabbenscheer aan de noordoostelijke rand van het gebied (www.waarneming.nl) en ten noorden en zuiden van de knepelbrug.



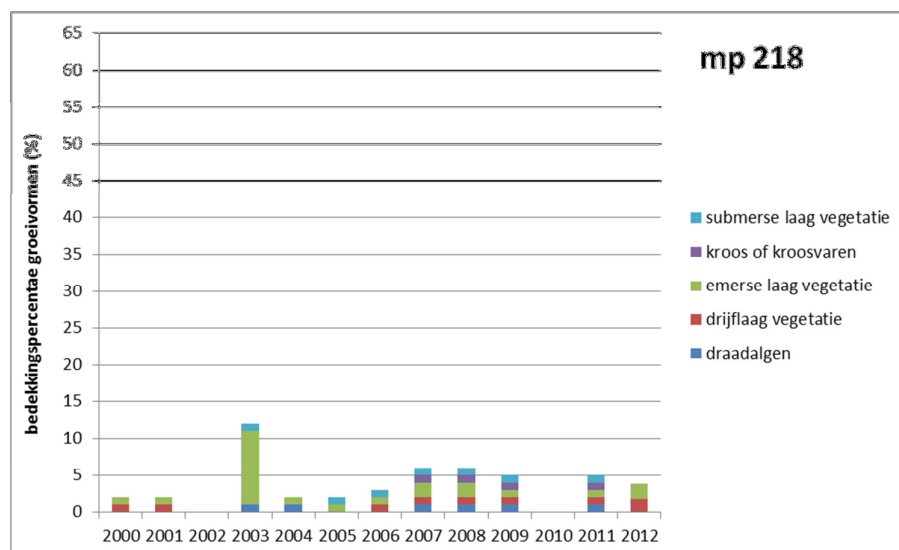
Figuur 9-12. Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*) in De Deelen.

De oevers worden op veel plaatsen gedomineerd door pluimzegge, rietgras, pitrus en andere opgaande oeverruigte-soorten (Thannhauser-Douwma, 2010). Daarnaast komt op een aantal plekken houtige oeverbegroeiing voor (bomen en struiken). Ontwikkeling van verdere verlandingsstadia is in de afgelopen decennia niet zichtbaar geweest. Dit geldt zowel voor kragge- als drijfteil-verlandingsstadia. Mogelijk kunnen de huidige groeiplaatsen van krabbenscheer zich ontwikkelen richting vegetatie met groot blaasjeskruid of waterscheerling en verdere verlandingsstadia.

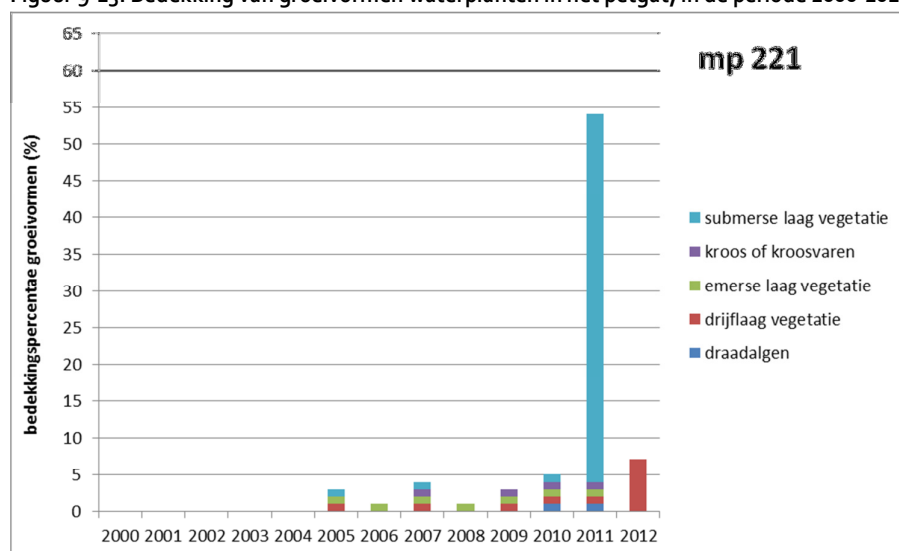
In Figuur 9-13 en Figuur 9-14 staan voor meetpunten 218 en 221 de bedekkingspercentages van de groeivormen voor periode 2000-2012. In de periode 2006-2009 is er meer groei van waterplanten in het petgat (meetpunt 218) dan in De Oude Deel (meetpunt 221). Na het afzwakken van het flexibel peilbeheer en het weer inlaten van water neemt op beide meetpunten het aandeel in areaal van drijvende waterplanten wat toe. De enorme toename van het areaal submerse vegetatie (in dit geval Smalle waterpest) in het Oud Deel in 2011 is waarschijnlijk het gevolg van het rustige weer in het voorjaar (Figuur 9-6). Doorzicht heeft relatief minder (direct) invloed op groei van smalle waterpest omdat deze soort in water met een dikke sliblaag nauwelijks wortels aanmaakt en meer drijft op de waterlaag. Het lukt smalle waterpest dan ook alleen maar om een dichte vegetatie te vormen in rustig water. In het voorjaar is wel goed doorzicht nodig voor de start van de groei van Smalle waterpest. Wel zorgt de groei van Smalle waterpest voor verbetering van de doorzicht door het invangen van zwevend stof (Van der Welle et al., 2007). De explosieve groei van onderwaterplanten was in een groot deel van De Deelen. In petgat 218 is geen explosieve groei waargenomen. In 2012

waren zowel op locatie 218 als 221 onderwaterplanten afwezig. Er is wel een toename van drijfbladplanten.

Een dichte vegetatie van smalle waterpest kan leiden tot verhoogde fosfaatgehalten (lek van fosfaat uit de plant zelf) in het water. De dichte vegetatie verhindert fotosynthese in de onderste waterlaag, waardoor zuurstofproductie achterblijft. Deze zuurstofarme condities bevorderen reductie van ijzer aan de oppervlakte van de waterbodem, waardoor het aan dat ijzer gebonden fosfaat vrijkomt (Lamers et al., 2010). Bovendien is de waterbodem in De Deelen als ijzerarm.



Figuur 9-13. Bedekking van groeivormen waterplanten in het petgat, in de periode 2000-2012.



Figuur 9-14. Bedekking van groeivormen waterplanten in het Oud Deel, in de periode 2000-2012.

9.6

Algemene conclusie waterkwaliteit

De waterkwaliteit van De Deelen vertoont de laatste paar jaar ruimtelijk een sterk heterogeen beeld. Binnen het gebied is er een groot verschil tussen de drie meetpunten. Het noordelijk gelegen petgat wijkt af van de metingen in het Oud Deel en bij de westelijke uitlaat worden hoge concentraties nutriënten gemeten. Het westelijk deel (open, onbeschut, met legakkerherstel door hooibalen) is meer eutroof dan het centrale (en oostelijke) gedeelte van De Deelen.

De externe belasting op De Deelen met fosfaat (vanuit inlaatwater, afspoeling et cetera) is laag. Het fosfaatgehalte van het inlaatwater uit de boezem en de zandwinplas is relatief goed ten opzichte van De Deelen zelf. Uit de analyse komt naar voren dat de grootste bron van nutriënten in De Deelen interne eutrofiëring is. wordt versterkt door de hoge alkaliniteit van het inlaatwater. Sulfaat lijkt een minder belangrijke rol te spelen in De Deelen. Het inlaatwater uit de zandwinplas kent lage nutriënten-concentraties en is daarom beter geschikt dan het boezemwater voor inlaat. Bij veel inlaat kan het water uit de zandwinplas echter wel leiden tot een versterking van de interne eutrofiëring door de hoge alkaliniteit van het water. Ook het water uit de Hooivaart heeft een hoge alkaliniteit en hoge concentraties sulfaat.

Interne eutrofiëring vormt op dit moment waarschijnlijk het grootste knelpunt om structureel aan de randvoorwaarden voor helder en plantenrijk water te kunnen voldoen, door de nalevering van fosfaat uit de bodem.

In 2011 was het rustige, warme voorjaar waarschijnlijk de oorzaak van de explosie van onderwaterplanten in een groot deel van De Deelen waardoor er minder voedingsstoffen over zijn gebleven voor de groei van algen. Deze extreme ontwikkeling heeft zich echter niet in 2012 voortgezet.

Van de Smalle waterpest die in 2011 in grote mate aanwezig was, is bekend dat deze ook kan zorgen voor fosfaatmobilisatie, waardoor de overmatige groei ook negatieve bijeffecten kan hebben op de waterkwaliteit van De Deelen (Lamers, 2010).

Het flexibel peilbeheer heeft in De Deelen niet geleid tot de waterkwaliteitsverbetering waar vooraf op was gehoopt. Dit komt mede door het optreden van interne eutrofiëring in De Deelen. Door het afzwakken van het flexibel peilbeheer en het starten met de doorspoelproef (meer inlaatwater) is vanaf 2009 het fosfaatgehalte weer wat lager komen te liggen en is het doorzicht sterk verbeterd. Recente waarnemingen van Wetterskip Fryslân in het veld (veel vegetatie) doen anders vermoeden voor De Deelen: mogelijk zit het systeem dichter tegen het omslagpunt van troebel naar helder aan dan gedacht op basis van de fysisch-chemische data.

In Tabel 9-5 staan voor de KRW-parameters de huidige oordelen (oude maatlaten) en de toekomstverwachting bij autonome trends (geen nieuwe maatregelen).

Tabel 9-5. Toekomstverwachting KRW-parameters.

KRW-parameter	KRW-toetsing 2010	Autonome toekomstverwachting
Temperatuur	Goed	Geen problemen
Zuurstof	Goed	Geen problemen
Chloride	Goed	Geen problemen
pH	Matig	Zal niet goed worden door aanwezigheid algen of massale groei waterplanten
Fosfaat	Matig	Blijft overschrijden zolang bron niet wegvalt
Stikstof	Ontoereikend	Blijft te hoog zolang processen lopen; op zich niet problematisch want niet sturend voor ecologie
Zicht	Slecht	Blijft te laag zolang bron (algen en slib) niet wordt weggenomen. mogelijk wel beter door meer verdunning. Wordt wel goed als bij aanwezigheid onderwatervegetatie
Fytoplankton	Ontoereikend	Bron nutriënten blijft aanwezig evenals windwerking. Daardoor goede groeimogelijkheden algen en naar verwachting weinig verbetering. Wordt beter bij aanwezigheid onderwatervegetatie
Overige waterflora	Ontoereikend	Nutriënten en daarmee algen blijven aanwezig. Wel vegetatieontwikkeling als er rust in het water gecreëerd wordt, of bij bijzondere weersomstandigheid (weinig wind en relatief warm voorjaar)
Macrofauna	Matig	Afhankelijk van ontwikkeling vegetatie. Als vegetatie beter wordt dan ook

KRW-parameter	KRW-toetsing 2010	Autonome toekomstverwachting
Vissen	Goed	Visstand is goed door afvissen uitzetten referentievisstand. Goede visstand weet zich in 2012 te handhaven

10 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

10.1 Stand van zaken waterkwaliteit

De Deelen kampt na ruim 25 jaar onderzoek nog steeds met hoge fosfaatgehalten. Hierdoor komt het halen van de doelstellingen voor KRW en N2000 in gevaar. Externe eutrofiëring speelt gelet op herkomst van het water in De Deelen (regenwater en relatief schoon water uit zandwinplas en indien nodig boezemwater uit de Hooivaart) geen belangrijke rol. Echter er is wel sprake van interne eutrofiëring in De Deelen. Fosfaat komt vrij uit de waterbodem en mogelijk ook door afbraak en erosie van de legakkers door veenafbraak en aanwezigheid van ganzen. Deze interne eutrofiëring wordt waarschijnlijk versterkt door de verhoogde alkaliniteit van het inlaatwater. Sulfaat lijkt een minder belangrijke rol te spelen in De Deelen. Door deze interne eutrofiëring wordt nu nog niet aan de randvoorwaarden (de fosfaatbelasting blijft te hoog) voor helder en plantenrijk water voldaan. Echter op basis van recente monitoring van de vegetatie zit het systeem van De Deelen misschien wel dicht tegen een (blijvende) omslag van troebel naar helder aan. In jaren met gunstige omstandigheden kan de algenbloei, met name aanwezigheid van blauwalgen, beduidend minder zijn waardoor een betere KRW-score wordt behaald. Dit gebeurde voor fytoplankton in 2010. Echter de beoordeling van de waterplanten bleef ondanks verminderde algengroei en toegenomen vegetatiebedekking "matig" scoren. De visstand in De Deelen is goed en heeft met snoek en zeelt twee soorten met biomassa's indicierend voor vegetatierijk water. Macrofauna wordt sterk gestuurd door beschikbaar habitat. Door het ontbreken van goede onderwatervegetatie en de geleidelijke overgangen tussen land en water scoort macrofauna matig in De Deelen.

In Tabel 10-1 staan voor de belangrijkste waterkwaliteitsparameters de waargenomen trends in De Deelen. In tabel 10-2 staan de gemiddelde toestand 2006-2010 en de toekomstverwachting voor de biologische kwaliteitselementen voor de KRW.

Tabel 10-1. Globaal overzicht van trends van enkele fysisch-chemische waterkwaliteitsparameters in de periode 2000-2012, voor de belangrijkste meetpunten in De Deelen en de inlaatbronnen. NB de kleur rood bij doorzicht zou groen moeten zijn.

code	locatie	p	N	SO ₄	Cl	HCO ₃	O ₂	pH	Chl-a	doorzicht
203	Zandwinplas	o	o	-	o	o	o	o	o	o
215	Hooivaart	o	o	-	o	o	-	o	o	o
218	Petgat noord	o	o	o	+	+	-	-	-	+
221	Oud Deel	-	-	o	+	+	-	o	-	+
628	Uitlaat westzijde	+	-	-	+	+	-	o	-/o	o

+	Stijgend
o	min of meer stabiel (evt. met fluctuatie)
-	Dalend
	waarde slechter dan boezemwater
	waarde gelijk aan boezemwater
	waarde beter dan boezemwater

Tabel 10-2. Toestand biologische kwaliteitselementen 2006-2010 en toekomstverwachting. voor De Deelen en de inlaatbronnen.

	Fytoplankton	overige waterflora	Macrofauna	Vissen
GEP	≥ 0,60	≥ 0,40	≥ 0,60	≥ 0,45
Beleidsdoelstelling 2015	≥ 0,50	≥ 0,30	≥ 0,60	≥ 0,45
Gemiddelde 2006-2010	0,37	0,25	0,46	0,47
Toekomstverwachting??				

10.2 Conclusies maatregelen

Tabel 10.3 geeft de samenvattende resultaten van de onderzoeksmaatregelen periode 2000-2012 op de meest relevante stuurfactoren voor de waterkwaliteit van De Deelen.

Tabel 10-3. Samenvattend oordeel maatregelen belangrijkste stuurfactoren. Groen: positief effect; grijs: neutraal; rood: negatief effect.

Maatregel	paragraaf	Effect op:			
		nutriënten	doorzicht	waterplanten	Legakkers
Lange aanvoerroute	5.1				
Flexibel peilbeheer	5.2				
Enclosures	6.1				
Doorspoelen	6.2	*			
Tijdelijke droogval	7.1				
Visstandbeheer	7.2				
Hooibalen	7.3				

* negatief doordat als gevolg van het doorspoelen het fosfaatgehalte in de drie petgaten toeneemt.

Van de uitgevoerde maatregelen zoals visstandbeheer en het enten van waterplanten kan pas een blijvend effect worden verwacht als de nalevering uit de bodem sterk wordt terug gebracht. Oplossingen voor het waterkwaliteitsprobleem in De Deelen zullen dan ook op deze nalevering uit de waterbodem moeten ingrijpen. Systeemgerichte maatregelen (enclosures met waterplanten, afschermen) hebben tijdelijk positief effect gehad op ontwikkeling van de waterplanten.

De oplossingsrichtingen voor De Deelen zullen vooral gezocht moeten worden in het tegengaan van de interne eutrofiëring. Eind 2012 is in het kader van STOWA-Watermozaïek een aantal onderzoeksresultaten gepubliceerd die over dit onderwerp gaan (waaronder tijdelijke droogval (paragraaf 7.1) en flexibel peilbeheer (paragraaf 5.1). Deze twee onderzoeksmaatregelen hebben voor De Deelen nog niet tot het gewenste resultaat geleid.

10.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek en maatregelen

10.3.1 Bron gerelateerd

Inlaat via lange aanvoerroute vervolgen & monitoren

Inlaat van water uit de zandwinplas via de korte aanvoerroute (doorspoelen petgaten 2010-2012) lijkt de interne eutrofiëring te versterken en te zorgen voor extra belasting op De Deelen. We raden daarom aan om ook het inlaatwater uit de zandwinplas niet via de "doorspoel-petgaten" maar via de lange aanvoerroute in te laten lopen in De Deelen. De inlaat van water uit de boezem, verloopt sinds begin jaren '90 al via de lange oostelijke en noordelijke (Nieuwe Deel) inlaatrouten. Door het voortzetten van het huidige peilregime is in de zomerperiode naar

verwachting gemiddeld meer inlaatwater nodig dan ten tijde van flexibel peil. Het is dan ook van belang om de waterkwaliteit en met name sulfaat en alkaliniteit, van beide inlaatbronnen te blijven monitoren.

Handhaven huidig peilregime

Vanwege de geringe bijdrage van het flexibel peilbeheer (2003-2010) aan de ontwikkeling van de oeervegetatie en de verslechtering van de waterkwaliteit door veenafbraak, is de keuze om het huidige peilregime (beperkte peilfluctuatie) te hanteren te verdedigen. Zoals hierboven genoemd is het van belang om de kwaliteit van het in te laten boezemwater te blijven volgen. Het huidige regime is: winterpeil maximaal -0.7 m NAP en zomerpeil minimaal -1.00 m NAP.

Onderzoeken menging inlaatwater

Het is nu niet bekend hoe het inlaatwater (zowel vanuit de zandwinplas als boezem) zich verspreidt over De Deelen. Het kan zijn dat het inlaatwater niet alle delen van het watersysteem evengoed bereikt. Een onderzoek aan verspreiding van het inlaatwater over De Deelen zal hier inzicht in geven. Mogelijk dat dan ook relaties zijn te leggen met lokaal optredende abundante plantengroei. Onderzoek aan menging van het inlaatwater kan worden bijvoorbeeld worden uitgevoerd met tracers (bv. met gadolinium) (zie Rozemeijer et al., 2011).

Verlagen alkaliniteit inlaatwater

De alkaliniteit van het inlaatwater uit de zandwinplas en uit de boezem is hoog. Met filters en of chemicaliën is het mogelijk om de alkaliniteit van het inlaatwater te verlagen. De drie petgaten die zijn gebruikt voor de doorspoelproef zijn hier een geschikte locatie voor. Voorafgaand aan zo'n experiment is het wel raadzaam om de verschillende beschikbare methoden voor alkaliniteitverlaging naast elkaar te zetten en theoretische berekeningen uit te voeren over haalbare rendementen.

10.3.2 Systeem gerelateerd

Herhaling enten waterplanten

Het enten van waterplanten heeft in eerste instantie niet geleid tot gewenste resultaten. Wel heeft het experiment handvatten geboden voor herhaling van de enting. Hierbij wordt de aanbeveling gedaan om eerst bodemchemisch onderzoek uit te voeren om de kansrijke petgaten te selecteren. De voorkeur gaat in de eerste plaats uit naar kleine, ondiepe, luwe petgaten met zo mogelijk lage nalevering vanuit bodem en oevers. De te enten waterplanten zijn bij voorkeur weinig kritisch voor wat betreft groeiplaatskenmerken en dragen niet bij aan hogere fosfaatgehalten in de waterkolom. Daarnaast is het van belang dat soorten worden gebruikt met ondergedoken bladeren, die zwevend stof kunnen invangen en minder licht tegenhouden. Mogelijke kandidaten zijn aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*) en grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*). Deze soorten komen nu en kwamen de laatste 20 jaar echter niet voor in De Deelen.

Volgen afkalving oevers & schatten belasting

De oevers van De Deelen kalven af. De snelheid waarmee dit gaat en de daadwerkelijke fosfaatbelasting die dit oplevert voor De Deelen is onbekend. Staatsbosbeheer is begonnen met monitoring van de afkalving. Verder zijn (historische) luchtfoto's beschikbaar voor De Deelen. Deze beide bronnen kunnen helpen om de afkalving en de daarbij behorende nutriëntenbelasting in beeld te brengen. Aanvullend is aandacht nodig voor de ganzen(populatie) in het gebied.

Herhaling onderzoek tijdelijke droogval

De onderzoeken in De Deelen voor tijdelijke droogval hebben vooralsnog niet geleid tot gewenste resultaten; wel zijn handvatten geboden voor herhaling. Ook hiervoor wordt aanbevolen om eerst bodemchemisch onderzoek uit te voeren om de kansrijke petgaten voor deze onderzoeken te kunnen selecteren.

Bodemchemisch onderzoek in heel De Deelen i.v.m. heterogeniteit

In het kader van het onderzoeksproject "Tijdelijke droogval" is bodemchemisch onderzoek verricht. Deze meetwaarden kwamen niet overeen met meetgegevens verzameld door Groot in 1991. Mogelijk heeft dit te maken met het deelgebied waar het onderzoeksproject is uitgevoerd (vak met eigen peilbeheer; recent pas verveend; zie paragraaf 5.2) of is de situatie in de tussenliggende periode sterk veranderd. Een andere mogelijke verklaring kan zitten in de gehanteerde meetmethode. Verschillende meetmethoden kunnen namelijk ook hele grote verschillen opleveren. Een uitgebreide update van het bodemchemisch onderzoek kan inzicht geven in de heterogeniteit van het fosfaatbindend vermogen van de bodem. Dit geeft mogelijk inzicht in petgaten waar kansrijk is om de vegetatiedoelstellingen te behalen. Dit bodemchemisch onderzoek wordt bij voorkeur uitgevoerd voorafgaand aan het onderzoek met ijzersuppletie zodat daarvoor de juiste petgaten geselecteerd kunnen worden.

Baggeren tot zandlaag

In De Deelen is een dikke laag bagger en slib aanwezig. Vanuit deze laag bagger kan vindt nalevering van nutriënten plaats. Het is een optie om de petgaten tot op de zandbodem schoon te baggeren. Nalevering neemt dan af (zandlaag heeft naar verwachting minder naleverend vermogen) en er ontstaan betere vestigingskansen voor wortelende waterplanten en lichtklimaat zal beter worden doordat opwerveling wordt beperkt. De resultaten zullen naar verwachting wel onzeker zijn omdat er ook nadelen zijn verbonden aan het baggeren:

- Bagger zorgt nu voor weerstand tegen wegzijging van water. Bij het weghalen van de sliblaag is de verwachting dat de wegzijging toeneemt en er ook meer inlaat nodig zal zijn, wat weer zorgt voor versterking van de interne eutrofiëring.
- Veenkarakter gaat verloren (want zandbodem komt tevoorschijn).
- IJzerbindend vermogen neemt niet toe door te baggeren (dus nog steeds veenafbraak van oevers blijft doorgaan evenals fosfaten die niet geboden kunnen worden aan de bodem).
- Waarschijnlijk stroomt het petgat weer snel vol met bagger vanuit de legakkers.
- Het huidig aanwezige bagger zorgt ook voor steun aan de legakkers. Bij verwijderen bagger tot op de zandlaag is de kans aanwezig dat de legakkers nog sneller verdwijnen.
- De petgaten worden dieper met minder licht op de bodem als gevolg (zeker met het bruin gekleurde water).

Visstandbeheer

Visstandbeheer is niet nuttig als de externe en interne nutriëntenbelasting nog te hoog zijn. Voorlopig heeft het toepassen van actief biologisch beheer dus nog geen zin. Gezien de huidige visstand is visstandbeheer ook niet nodig.

Bescherming legakkers tegen afslag

Het stabiliseren van legakkers dient bij voorkeur niet met hooibalen gedaan te worden. Verder onderzoek door Wetterskip Fryslân en Staatsbosbeheer zal moeten resulteren in een structurele oplossing voor bescherming van de legakkers zonder verslechtering van de waterkwaliteit. Doorspoelen van het westelijk deel van De Deelen (door bevorderen circulatie of inlaat van water uit de zandwinplas) kan verlichting bieden bij optredende waterkwaliteitsproblemen. Verhoogde inlaat kan echter leiden tot extra belasting met sulfaat en bicarbonaat.

10.3.4 Overig

Onderzoek ijzersuppletie

In het kader van de STOWA-watermozaïek is er naast flexibel peilbeheer en tijdelijke droogval nog een maatregel onderzocht specifiek gericht op eutrofiëring van laagveen-wateren. Dit betreft een onderzoek aan ijzersuppletie. Lage gehalten ijzer in de bodem zorgen ervoor dat fosfaat makkelijk vrij komt uit de bodem. Van nature werd in laagveengebieden het ijzergehalte van de bodem via kwel aangevuld zodat fosfaat goed werd vastgelegd. Met verdroging (en het wegvallen van de kwel) valt de aanvoer van ijzer weg en daarmee neemt het fosfaatbindend vermogen van de bodem af. Door het toevoegen van een ijzerchloride oplossing aan een laagveenplas kan fosfaatbindend vermogen weer worden hersteld (Ter Heerdt et al., 2012).

In het Watermozaïek onderzoek is goede ervaring opgedaan met ijzersuppletie. We raden aan om in enkele af te sluiten petgaten in De Deelen onderzoek te doen aan de effectiviteit van ijzersuppletie voor De Deelen. Mogelijk is grootschalige toepassing van ijzersuppletie voor De Deelen geen haalbare oplossing, omdat er teveel ijzer nodig is om alle fosfaat te binden in geheel De Deelen. Kleinschalig onderzoek in enkele af te sluiten petgaten moet hier uitsluitsel over geven.

Nieuwe KRW-maatlatten

In december 2012 zijn aangepaste matlatten verschenen (STOWA, 2012) met daarin ingrijpende veranderingen voor de deelmaatlat macrofyten. Uit een analyse blijkt dat er voor macrofyten geen eenduidig verband bestaat tussen de resultaten van de oude en de nieuwe matlatten (Royal HaskoningDHV, 2012). Om de toestand voor het kwaliteitselement overige waterflora te bepalen voor De Deelen is het nodig om de toetsing opnieuw uit te voeren met de nieuwe matlatten. Het is ook mogelijk dat deze nieuwe matlatten een herziening van de doelstelling noodzakelijk maken.

Gebruik meetsonde

In principe heeft monitoring met behulp van een multivariate meetsonde het voordeel dat veel data in hoge frequentie en langdurig kunnen worden gemeten tegen relatief lage kosten. Het waterpeil en waterkwaliteitsparameters kunnen goed worden bepaald met de meetsonde.

10.4 Monitoring

Bij het bepalen van de gewenste vervolgmonitoring in De Deelen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

Verplichtingen:

- Er dient voldaan te worden aan de monitoringsverplichting vanuit de KRW.
- Zoöplankton en diatomeeën zijn niet meer nodig; dat zijn geen KRW-parameters.

Aannames:

- In afgelopen decennium is voldoende systeembegrip verkregen; de focus van het monitoringsprogramma ligt op langlopende meetpunten en minder op systeembegrip.
- Visbemonstering wordt één maal per 3 jaar uitgevoerd.
- Naast inzicht in verloop van concentraties en processen voor De Deelen is meer inzicht nodig in massa- en stofbalansen. Dit vraagt om het behouden van meetpunten voor in- en uitlaat.

Efficiëntie en bruikbaarheid:

- Bij voorkeur langlopende meetpunten handhaven.
- Bij voorkeur meten op locaties waarvan metingen extrapoleerbaar zijn, dus een grote "zeggingskracht" hebben.
- Vooral inliggende meetpunten.
- Een betere ruimtelijke spreiding over De Deelen is wenselijk.
- Bij voorkeur alle relevante parameters monitoren bij elk meetpunt, om verbanden te kunnen leggen tussen fysisch-chemische en biologische monitoring.
- Meetpunten van experimenten die zijn gestopt niet meer bemonsteren.

Huidige monitoring

De nu nog lopende monitoringsprogramma's vinden plaats in het kader van de KRW en in het kader van enkele experimentele maatregelen die zijn genomen.

- Fysisch-chemische monitoring: nutriënten, pH, kationen, anionen, doorzicht, zuurstof, temperatuur, zwevend stof, sulfaat en alkaliniteit.
- Biologische monitoring: macrofyten, macrofauna, fytoplankton, vissen.
- Waterpeilen.
- In- en uitlaatdebieten.
- Waterbodem (incidenteel; bij voorkeur in het bodemvocht meten).

Voorstel monitoringsprogramma

De basis voor de toekomstige monitoring vormt de huidige monitoring met bovenstaande uitgangspunten. Een aantal monitoringspunten is aanvankelijk ingesteld ten behoeve van experimenten of maatregelen, welke gedeeltelijk gestopt zijn. Desondanks kan het voortzetten van monitoring toch nuttig zijn, omdat effecten nog aan de orde kunnen zijn of omdat de punten bijdragen aan ruimtelijke spreiding van gegevens. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 4 en 10-5 staat het voorgestelde vervolg aangegeven.

Visbemonstering moet 1x per drie jaar worden uitgevoerd. Deze bevissing vindt plaats in de vier 'bekende' petgaten. Vandaar dat vissen niet zijn opgenomen als parameter in tabel 10.5. Mogelijk toekomstige herstelmaatregelen kan bemonstering van nieuwe of momenteel inactieve meetpunten nodig maken. Omdat deze maatregelen nu nog niet bekend zijn, is hier in het monitoringsprogramma nu geen rekening mee gehouden. De langlopende meetpunten worden in het voorstel behouden om ook voor toekomstige maatregelen en onderzoeken als referentie te dienen en om achtergrondwaarden beschikbaar te hebben. Uitzondering hierbij is

het meetpunt 203 in de zandwinplas; er is een nieuw meetpunt 1843 ingesteld nabij de inlaat in De Deelen, dat meetpunt 203 gaat vervangen.

In 2012 is een onderzoeksproject gestart om op 4 locaties de rietontwikkeling te volgen. De monitoring behorend tot dit project is opgenomen in het monitoringsvoorstel.

Tabel 10-4. Voorstel monitoring experimenten na 2012.

<i>Maatregel</i>	<i>Monitoring gericht op experimenten nog nodig?</i>
Lange aanvoerroute	Nee, alleen inlaatlocatie 215 is voldoende
Flexibel peilbeheer	Nee, wordt afgedekt met langlopende meetpunten
Enclosures	Nee, experiment afgerond
Doorspoelen via 3 petgaten	Nee, experiment afgerond
Tijdelijke droogval	Ja, mogelijk vertraagde effecten plantengroei en nalevering
Visstandbeheer	Nee, experiment afgerond; routinematig KRW-onderzoek voldoet
Hooibalen	Ja, experiment afgerond maar blijven volgen om te zien of nutriëntengehalten dalen

Aandachtspunt

De laatste jaren maken enkele exotische zoetwaterkreeften een opmars in de Nederlandse wateren. Hoewel verbanden tussen voorkomen van kreeften en de waterkwaliteit nog niet goed duidelijk zijn (Koese & Evers, 2011), valt toch te vrezen dat deze soortgroep grote schade aan aquatische ecosystemen kan toebrengen. De kreeften zijn omnivoor; ze eten waterplanten, dood organisch materiaal en kleine dieren en eieren. Hun loop- en graafgedrag kan leiden tot vertroebeling van het water.

Ook in De Deelen is de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft *Oronectes limosus* waargenomen (Koese & Evers, 2011). Het verdient daarom aanbeveling om de aantalsontwikkeling van soorten uit deze groep in de gaten te houden. De soort zit momenteel niet in de macrofauna-opnamesystematiek van het Wetterskip.

Monitoring vanaf januari 2013

Mede op basis van de conceptversie van dit rapport, alsmede het rapport inzake het KRW innovatieproject flexibel peilbeheer, heeft Wetterskip Fryslân een monitoringprogramma opgesteld, dat per januari 2013 is ingegaan. Dit programma (prj07_2013, zie bijlage 9) is beperkt in omvang en komt in de plaats van de verschillende projectmatige onderzoeken, die in de periode tot en met 2012 zijn uitgevoerd. Uitzondering vormt het projectmatig onderzoek van enkele PQ's in de oeverzone om de ontwikkeling van de helofytenvegetatie te volgen (Prj09_2012). Deze monitoring loopt nog een beperkt aantal jaren door. De bedoeling is dit nieuwe projectmatige onderzoek (prj07_2013) de komende jaren in stand te houden. Daarmee kunnen zowel KRW-doelen beoordeeld worden, alsmede de belangrijkste ontwikkelingen in het gebied gevolgd worden.

Tabel 5. Voorstel voor vervolg van het monitoringsprogramma- waterkwaliteit.

Code	Omschrijving	Parameters				Advies opnemen monitoringsprogramma	Argumentatie
		Fysisch-chemisch	Vegetatie	Macrofauna	Fyto-plankton		
203	zandwinplas P.G.Otterweg	x	x	x	x	Nee	nieuw mp 1843 in zandwinplas ingesteld nabij inlaat De Deelen
215	Hooivaart, inlaat	maandelijks	x	x	x	Ja	Langlopend meetpunt, inlaatwater (o.a. voor balans)
217	petgat aanvoerweg	x	x	x	x	Nee	Processen zijn bekend; voor balansposten kan boezem-meetpunt worden gebruikt.
218	petgat	maandelijks	jaarlijks	x	maandelijks*	Ja	Langlopend meetpunt in noordelijk petgat
221	Oud Deel	maandelijks	jaarlijks	1x in 3 jaar	maandelijks**	Ja	Langlopend meetpunt; tevens KRW-meetpunt
239	Pb-1 westelijk gebied	x	jaarlijks	x	x	Ja	Monitoring onderzoeksproject rietontwikkeling; PO1 Chemie via mp 218
266	instroom voormalig helofytenfilter***	maandelijks	x	x	x	Ja	Op gradiënt van oost naar west
267	petgat instroom zandwinplas	x	x	x	x	Nee	Via mp 1743
370	petgat	maandelijks	jaarlijks	x	maandelijks*	Ja	Effecten hooibalen blijven volgen; m.n. om te zien of nutriënten gaan dalen.
580	aanvoersloot 2	x	x	x	x	Nee	Processen zijn bekend; voor balansposten kan boezem-meetpunt worden gebruikt.
581	aanvoersloot 3	x	x	x	x	Nee	Processen zijn bekend; voor balansposten kan boezem-meetpunt worden gebruikt.
628	uitlaat	maandelijks	jaarlijks	x	maandelijks*	Ja	Langlopend meetpunt, uitlaatwater (o.a. voor balans)
795	petgat 1 t.z.v. Oud Deel	maandelijks	jaarlijks	x	maandelijks*	Ja	Langlopend meetpunt (vanaf 2003); geeft beeld voor beschutte, ondiepe petgaten in zuidoosten
796	petgat 2 t.z.v. Oud Deel	x	x	x	x	Nee	Experiment afgelopen; mp 795 vergelijkbaar petgat
1107	inlaat aanvoersloot	x	x	x	x	Nee	Kwaliteit inlaatwater op basis van mp 203 en 215; Doorspoelproef is gestopt in 2012.
1108	aanvoersl uit zandwinplas	x	x	x	x	Nee	Via doorspoelproef; o.a. mp 1743
1650	Oud Deel krw3	x	x	x	x	Nee	Vergelijkbaar met mp 221
1703	petgat	x	x	x	x	Nee	Doorspoelproef liep tot 2012;
1704	petgat 2	x	x	x	x	Nee	Mp 1703 is vergelijkbaar
1705	petgat compartim. 1	x	x	x	x	Nee	Experiment afgelopen; mp 795 vergelijkbaar petgat
1706	petgat compartim. 2	x	x	x	x	Nee	Experiment afgelopen; mp 795 vergelijkbaar petgat
1707	petgat compartim. 3	x	x	x	x	Nee	Experiment afgelopen; mp 795 vergelijkbaar petgat

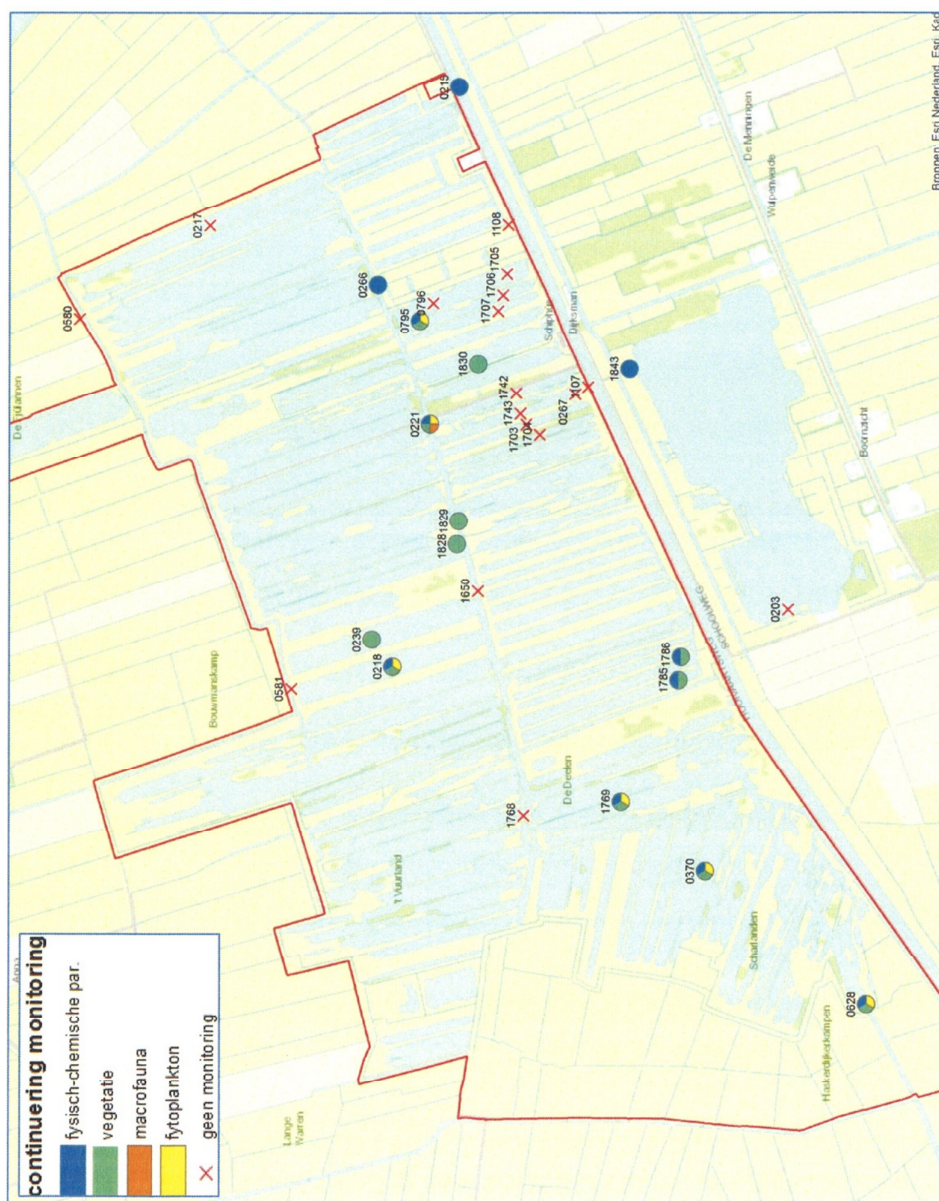
Code	Omschrijving	Parameters				Advies opnemen monitorings- programma	Argumentatie
		Fysisch- chemisch	Vegetatie	Macrofauna	Fyto- plankton		
1742	petgat 2, doorspoelen	x	x	x	x	Nee	Doorspoelproef liep tot 2012
1743	petgat 1, doorspoelen	x	x	x	x	Nee	Doorspoelproef liep tot 2012
1768	petgat hooibalen 1	maandelijks	x	x	x	Nee	Experiment loopt nog; biologie via mp 370
1769	petgat hooibalen 2	maandelijks	jaarlijks	x	maandelijks*	Ja	Experiment loopt nog; biologie via mp 370
1785	droogval petgat Deelen A	maandelijks	jaarlijks	x	x	Ja	Mogelijk nog vertraagde effecten op vegetatie en nalevering; blijven volgen
1786	droogval petgat referentie B	maandelijks	jaarlijks	x	x	Ja	Mogelijk nog vertraagde effecten op vegetatie en nalevering; blijven volgen
1828	Oud Deel, noordoever	x	jaarlijks	x	x	Ja	Monitoring onderzoeksproject rietontwikkeling; PO2 Chemie via mp 221
1829	Oud Deel, zuidoever	x	jaarlijks	x	x	Ja	Monitoring onderzoeksproject rietontwikkeling; PO3 Chemie via mp 221
1830	petgat boothuis	x	jaarlijks	x	x	Ja	Monitoring onderzoeksproject rietontwikkeling; PO4 Chemie via vergelijkbare petgaten zoals mp 1743 en 795
1843	zandwinplas nabij inlaat	maandelijks	x	x	x	Ja	Nieuw meetpunt inlaatwater zandwinplas (o.a. voor balans)

* alleen in zomerhalfjaar; alleen chlorofyl-a.

** alleen in zomerhalfjaar; chlorofyl-a en soortssamenstelling.

*** het helofytenfilter is al sinds 1997 niet meer als zodanig in functie.

Figuur 10.1. Ruimtelijke weergave van voorgestelde monitoring in de nabije toekomst



Bonhof, G.H., H.W. Waardenburg & K. Burger, 2006. Visstandsbeheerproeven in natuurgebied De Deelen. Bureau Waardenburg rapport 04-122.

Bosma, M.A., 2011. Basisrapport Waterkwaliteit KRW-innovatieproject Flexibel peilbeheer in Fryslân. Hogeschool van Hall Larenstein, Leeuwarden.

Bouius G. & A. Meijer, 2010. Behoud legakker- en petgatenstructuur in laagveengebieden "De Deelen" en "Rottige Meenthe". Hogeschool van Hall Larenstein, Leeuwarden.

Brouwer E., J. Soontiens, R. Bobbink en J. Roelofs, 1999. Sulphate and bicarbonate as key factors in sediment degradation and restoration of Lake Banen. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 121-132.

Claassen T.H.L., M. Thannhauser-Douwma, 2004. Overzicht van waterkwaliteitsonderzoek in De Deelen, in de periode 1987-2003. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.

Claassen TH.L., H. Adema & J. Lobstein, 2009. De invloed van aangebrachte hooibalen op de waterkwaliteit in De Deelen. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.

Coops H., J.T. Vulink. E.H. Nes., 2004. Managed water levels and the expansion of emergent vegetation along a lakeshore. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 34:57-64.

De Jong, T.H., 2000. Soortenbeschermingsplan voor Krabbescheer en Groene glazenmaker. Bureau Viridis in opdracht van provincie Utrecht.

Dienst Landelijk Gebied, 2011. Ontwerp beheerplan Natura 2000 Deelen. Versie mei 2011.

Groot K., 1991. Fosfaatnalevering door de waterbodem van een aantal Friese meren. Lelystad, RIZA. Stageverslag Van Hall Instituut; werkdocument nr. 91.116X. 39pp. + bijlagen.

Grontmij, 1991. Ecologische beheersprogramma's voor laagveenmoerassen in Friesland. Specifiek programma De Deelen. Provincie Friesland. De Bilt/Leeuwarden. 47pp. + bijlagen.

IWACO, 1990. Onderzoek naar de waterbalans en beheersalternatieven voor De Deelen. IWACO. Groningen. 50pp. + bijlagen.

Jaarsma N., M. Klinge en L. Lamers, 2008. Van helder naar troebel en weer terug. STOWA, Utrecht. STOWA-rapportnummer 2008-04. ISBN 978.90.5773.386.4.

Jellema, K.T., 2010. Overzichtsdocument KRW-innovatieproject Flexibel Peilbeheer in Fryslân. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.

KNMI, 2010. 2009 was warm en zeer zonnig. Het jaaroverzicht van het KNMI. www.knmi.nl/cms/content/74476/2009_was_warm_en_zeer_zonnig

Koese, B. & N. Evers, 2011. A national inventory of invasive freshwater crayfish in The Netherlands in 2010. EIS rapport EIS2011-00#. EIS-Nederland, Leiden.

Koole, M., 2010. Visstandsopnamen in Friese wateren 2009. ATKB rapport 20090639/Rappoo1.

Koole, M., M. Koopmans, 2013. Visstandsopname Friese wateren 2012. Altenburg & Wymenga rapport 1886 (concept 18 februari 2013).

Lamers L., J. Geurts, B. Bontes, J. Sarneel, H. Pijnappel, H. Boonstra, J. Schouwenars, M. Klinge, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. Van Donk, W. Verberk, B. Kuijper, H. Esselink, J. Roelofs, 2006. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2003-2006. Rapport DK-LNV nr. 2006/057-O, Ede.

Lamers L., J. Sarneel, J. Geurts, M. Dionisio Pires, E. Remke, H. van Kleef, M. Christianen, L. Bakker, G. Mulderij, J. Schouwenars, M. Klinge, N. Jaarsma, S. van der Wielen, M. Soons, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, H. Esselink, & J. Roelofs, 2010. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2). Rapport DKI nr. 2010/dk134-O.

Moolenaar, W., 2008. Evaluatie hydrologisch meetnet regio Noord - De Deelen.

Riemersma P., Niemeijer, A. Veenman, I., 2002. Watermeetplan Rottige Meenthe en Brandermeer-Zuid.

Rijkens B.G.A., 2008. Evaluatie van de waterkwaliteit en herstelmaatregelen in De Deelen. Wetterskip Fryslân.

Royal HaskoningDHV, 2012. Handreiking Omgaan met KRW-maatlatten (versie 2012). Project "Aanpassingen KRW maatlatten voor natuurlijke watertypen". In opdracht van Werkgroep Ecologische Maatlatten/RWS Waterdienst.

Rozemeijer J., C. Siderius, M. Verheul, H. Pomarius, 2011. Verspreiding inlaatwater in beeld met nieuwe tracer. Vakblad H₂O – nr. 12 p 33-35.

Schep S., N. von Meijenfeldt, & W. Rip, 2012. Flexibel peil, van denken naar doen. Flexibel peilbeheer als maatregel ter verbetering van de waterkwaliteit en bevordering van de oevervegetatie en verlanding. Hoofdrapport. STOWA nr. 2012-41.

Smolders A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. Van der Velde, J.G.M. Roelofs, 2006. Internal eutrophication: How it works and what to do about it – a review Chemistry and Ecology 22: 93–111.

STOWA, 2012. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021. Red: Molen D.T. van der, R. Pot, C.N. Evers & L. van Nieuwerburgh. STOWA nr. 2012-31.

Ter Heerdt G., J. Geurts, A. Immers, M. Colin, P. Olijhoek, E. Yedema, Baars, J.W. Voort, 2012. IJzersuppletie in laagveenplassen. STOWA nr. 2012-43.

Thannhauser-Douwma M., 2010. Vegetatieontwikkeling in De Deelen 2003 t/m 2008. In het bijzonder vier petgaten en acht enclosures. Wetterskip Fryslân. Leeuwarden.

Van der Welle M.E.W., A.J.P. Smolder, H.J.M. Op Den Camp, J.G.M. Roelofs, L.P.M. Lamers, 2007. Biogeochemical interactions between iron and sulphate in freshwater wetlands and their implications for interspecific competition between aquatic macrophytes. Freshwater Biology vol. 52 issue 3 March 2007. p. 434-447

Verhagen R., H. Bouwhuis, W. Molenaar, 2007. Laagveenmoerassen in Fryslân, Evaluatie van herstelmaatregelen en beschrijving van KRW-doelen, Oranjewoud, Heerenveen.

Vermaat J., J. Harmsen, F. Hellmann, H. Van der Geest, J. de Klein, S. Kosten, F. Smolders, J. Verhoeven, 2012 Zwaveldynamiek in het West-Nederlandse laagveengebied. Met het oog op klimaatverandering.

Waterbeheerplan 2010-2015, Waterhuishoudingsplan Fryslân 2010-2015. Ontwerp 11 november 2008. Wetterskip Fryslân en Provincie Fryslân, Leeuwarden

Westendorp P.J., R. Loeb, G. Roskam, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Thannhauser, F. Ebbens, H. Hut, A.J.P. Smolders, 2012. Tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel. STOWA-rapport 2012-38.

Wetterskip Fryslân, 2009. Basisdocument KRW.

Witteveen+Bos, 2012. Evaluatie van het KRW-project flexibel peilbeheer Fryslân. Referentie LW307-1.

BIJLAGEN

Bijlage 1

Overzicht meetperioden per meetpunt: fysisch-chemische parameters

[illegible]

215									
2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012
2	3	3	3	3	3	4	4		
8	8	8	8	8	8	8	8		
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
2	3	3	3	2	3	4	4	12	9
2	3	3	3	3	3	4	4		
2	3	3	3	3	3	4	4		
2	3	3	3	3	3	4	4		
2	3	3	3	3	3	4	4		
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
2	3	3	3	3	3	4	4		
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
								12	9
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
16	16	16	16	16	16	16	16	26	18
8	8	8	8	8	8	8	8	14	9
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
8	8	8	8	8	8	8	8		
	8	8	8	8	8	8	8	13	9
2	3	3	3	3	3	4	4	13	9
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
8	8	8	8	8	8	8	8	13	9
8									1

[illegible]

	218											
parameter	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	
BZV ₅		4				4						
Ca	2	2	3	3	3	5	3	4	4	3	3	
CHLfa	8	8	8	8	8	13	7	9	9	9	7	
Cl	8	10	8	8	8	13	8	8	8	12	9	
CZV		4				4						
GELDHD	8	10	8	8	8	13	8	9	9	12	9	
HCO ₃	2	2	3	3	3	5	3	4	4	12	9	
K	2	2	3	3	3	5	3	4	4	3	3	
Li	2	2	3	3	3	5	3	4	4	3	3	
Mg	2	2	3	3	3	5	3	4	4	3	3	
N	8	10	8	8	8	13	8	8	8	12	9	
Na	2	2	3	3	3	5	3	4	4	3	3	
NH ₄	8	10	8	8	8	13	8	8	8	12	9	
NKj						4				12	9	
NO ₂	8	10	8	8	8	13	8	8	8	12	9	
NO ₃	8	10	8	8	8	13	8	8	8	12	9	
O ₂	16	20	16	16	16	26	16	18	18	24	18	
P	8	10	8	8	8	13	8	8	8	13	9	
pH	8	10	8	8	8	13	8	9	9	12	9	
PO ₄	8	10	8	8	8	13	8	8	8	12	9	
s_FEO	8	8	8	8	8	13	7	9	9	9	7	
SALNTT			8	8	8	13	8	8	9	12	9	
SO ₄	2	2	3	3	3	5	3	4	4	12	9	
T	8	10	8	8	8	13	8	9	9	12	9	
ZICHT	8	10	8	8	8	13	8	9	9	12	9	
ZS	8	2										

221											
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
		4	4				11	13	7		
3	3	5	5	3	4	4	8	9	4		
8	8	20	13	7	9	9	12	13	7		
8	8	21	13	7	8	8	12	13	7		
		4	4				11	13	7		
8	8	21	13	11	9	13	12	13	7		
3	3	5	5	3	4	4	8	12	7		
3	3	5	5	3	4	4	8	9	4		
3	3	5	5	3	4	4	8	9	4		
3	3	5	5	3	4	4	8	9	4		
8	8	21	13	13	8	13	12	13	7		
3	3	5	5	3	4	4	8	9	4		
8	8	21	13	7	8	8	12	13	7		
								11	7		
8	8	21	13	7	8	8	12	13	7		
8	8	21	13	7	8	8	12	13	7		
16	16	42	26	22	18	26	24	25	14		
8	8	21	13	13	8	13	12	14	7		
8	8	21	13	11	9	13	12	13	7		
8	8	21	13	7	8	8	12	13	7		
8	8	20	13	7	9	9	12	13	7		
8	8	21	13	11	9	13	12	13	7		
3	3	5	5	3	4	4	8	13	7		
8	8	21	13	11	9	13	12	13	7		
8	8	21	13	11	9	13	12	13	7		
		12	2			13	12	13	7		

239							
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
3	3	3	3	3	4	4	
8	8	8	8	7	9	9	
8	8	8	8	8	8	8	
8	8	8	8	8	9	9	
3	3	3	3	3	4	4	
3	3	3	3	3	4	4	
3	3	3	3	3	4	4	
3	3	3	3	3	4	4	
8	8	8	8	8	8	8	
3	3	3	3	3	4	4	
8	8	8	8	8	8	8	
8	8	8	8	8	8	8	
8	8	8	8	8	8	8	
16	16	16	16	16	18	18	
8	8	8	8	8	8	8	
8	8	8	8	8	9	9	
8	8	8	8	8	8	8	
8	8	8	8	7	9	9	
8	8	8	8	8	9	9	
3	3	3	3	3	4	4	
8	8	8	8	8	9	9	
8	8	8	8	8	9	9	

	266		
	2010	2011	2012
	4	8	7
	2	4	3
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7
	2	4	3
	2	4	3
	2	4	3
	2	4	3
	4	8	7
	2	4	3
	1		
	1		
	1		
	8	16	14
	4	9	7
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7
	2	4	3
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7

	267	
	2001	2010
	4	1
	2	
	12	1
	12	1
	4	1
	12	1
	2	
	2	
	2	
	12	1
	2	
	12	1
	12	1
	24	2
	12	1
	12	1
	12	1
	2	
	12	1
	12	1

	796						
parameter	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BZV5							
Ca	3	3	3	3	3	4	4
CHLFa	8	8	8	8	7	9	9
Cl	8	8	8	8	8	8	8
CZV							
GELDHD	8	8	8	8	8	9	9
HCO3	3	3	3	3	3	4	4
K	3	3	3	3	3	4	4
Li	3	3	3	3	3	4	4
Mg	3	3	3	3	3	4	4
N	8	8	8	8	8	8	8
Na	3	3	3	3	3	4	4
NH4	8	8	8	8	8	8	8
NKj							
NO2	8	8	8	8	8	8	8
NO3	8	8	8	8	8	8	8
O2	16	16	16	16	16	18	18
P	8	8	8	8	8	8	8
pH	8	8	8	8	8	9	9
PO4	8	8	8	8	8	8	8
s_FEO	8	8	8	8	7	9	9
SALNTT	8	8	8	8	8	9	9
SO4	3	3	3	3	3	4	4
T	8	8	8	8	8	9	9
ZICHT	8	8	8	8	8	9	9
ZS							2

	1107			
	2006	2010	2011	2012
	4	10	13	9
	2	4	4	3
	13	6	6	6
	13	10	13	9
	4	10	13	9
	13	10	13	9
	2	4	4	3
	2	4	4	3
	2	4	4	3
	2	4	4	3
	13	10	13	9
	2	4	4	3
	13	10	13	9
			1	
	13	10	13	9
	13	10	13	9
	26	20	26	18
	13	10	14	9
	13	10	13	9
	13	10	13	9
	13	6	6	6
	13	10	13	9
	2	4	4	3
	13	10	13	9
	13	10	13	9

	1650		
	2010	2011	2012
	4	8	7
	2	4	3
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7
	2	4	3
	2	4	3
	2	4	3
	2	4	3
	4	8	7
	2	4	3
		1	
		1	
	10	13	
	10	13	
	10	13	
	20	26	
	10	14	
	10	13	
	4	8	7
	4	8	7
	2	4	3
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7

	1703	
	2010	2011
	10	13
	4	4
	7	6
	10	13
	10	13
	10	13
	4	4
	4	4
	4	4
	4	4
	10	13
	4	4
	10	13
		1
	10	13
	10	13
	20	26
	10	14
	10	13
	10	13
	7	6
	10	13
	10	13
	4	4
	10	13
	10	13

	1704
	2010
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	2
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1

	1705
	2010
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	2
	1
	1
	1
	1
	1
	1

	1706
	2010
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	2
	1
	1
	1
	1
	1
	1

	1707
	2010
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	2
	1
	1
	1
	1
	1
	1

	1742	
	2010	2011
	10	13
	5	4
	6	6
	10	13
	10	13
	10	13
	10	13
	5	4
	5	4
	5	4
	5	4
	5	4
	10	13
	5	4
	10	13
		1
	10	13
	10	13
	20	26
	10	14
	10	13
	10	13
	6	6
	10	13
	10	13
	5	4
	10	13
	10	13

	1743	
	2010	2011
	10	13
	5	4
	6	6
	10	13
	10	13
	10	13
	10	13
	5	4
	5	4
	5	4
	5	4
	5	4
	10	13
	5	4
	10	13
		1
	10	13
	10	13
	20	26
	10	14
	10	13
	10	13
	6	6
	10	13
	10	13
	5	4
	10	13
	10	13

	1768		
parameter	2010	2011	2012
BZV5	4	8	7
Ca	2	4	3
CHLFa	4	8	7
Cl			
CZV	4	8	7
GELDHD	4	8	7
HCO ₃	2	4	3
K	2	4	3
Li	2	4	3
Mg	2	4	3
N	4	8	7
Na	2	4	3
NH ₄			
NKj		1	
NO ₂		1	
NO ₃		1	
O ₂	8	16	14
P	4	9	7
pH	4	8	7
PO ₄			
s_FEO	4	8	7
SALNTT	4	8	7
SO ₄	2	4	3
T	4	8	7
ZICHT	4	8	7
ZS	4	8	7

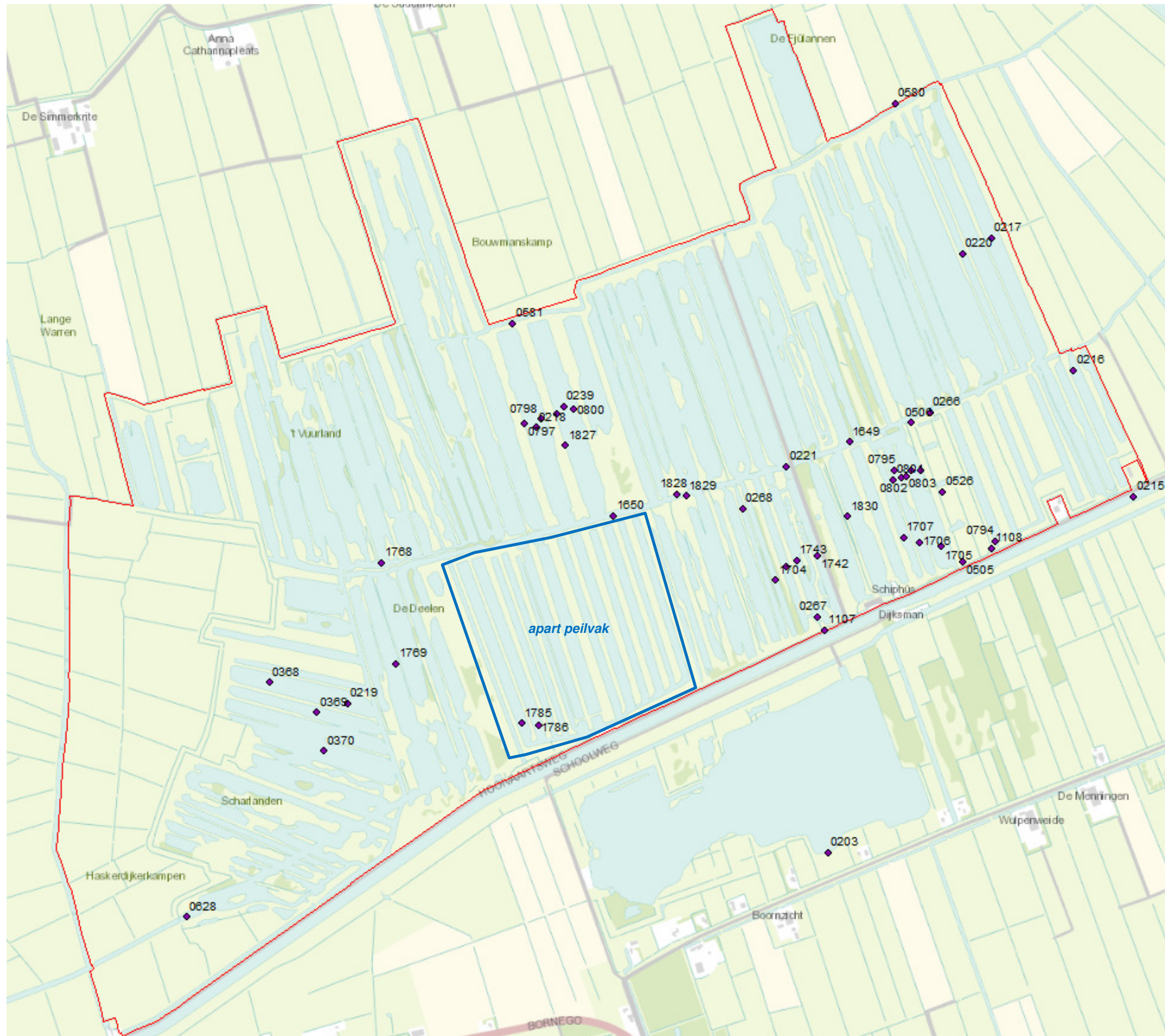
	1769		
	2010	2011	2012
	4	8	7
	2	4	3
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7
	2	4	3
	2	4	3
	2	4	3
	2	4	3
	4	8	7
	2	4	3
		1	
		1	
		1	
	8	16	14
	4	9	7
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7
	2	4	3
	4	8	7
	4	8	7
	4	8	7

	1785	
	2011	2012
	6	9
	5	6
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	1	
	6	9
	6	9
	12	18
	7	9
	6	9
	6	9
	5	6
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	6	9
	4	9

	1786	
	2011	2012
	10	9
	6	6
	10	9
	10	9
	10	9
	10	9
	10	9
	10	9
	10	9
	10	9
	10	9
	1	
	10	9
	10	9
	20	18
	11	9
	10	9
	10	9
	6	6
	10	9
	10	9
	10	9
	10	9
	8	9

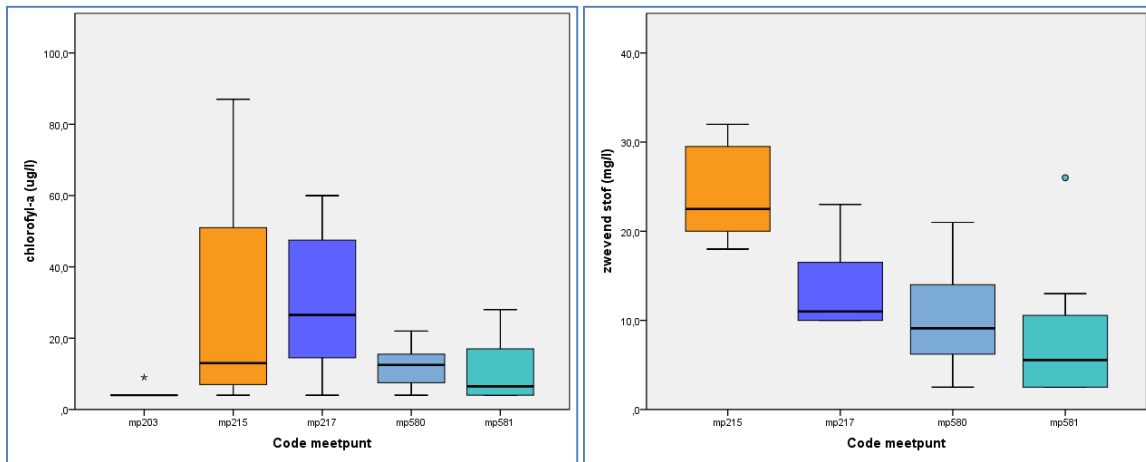
Bijlage 2

Ligging van de meetpunten in De Deelen

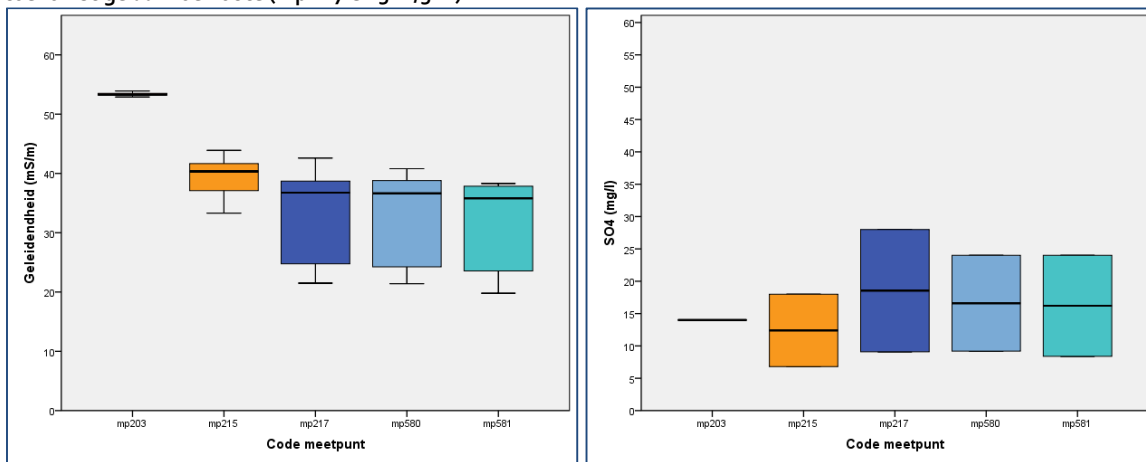


Bijlage 3

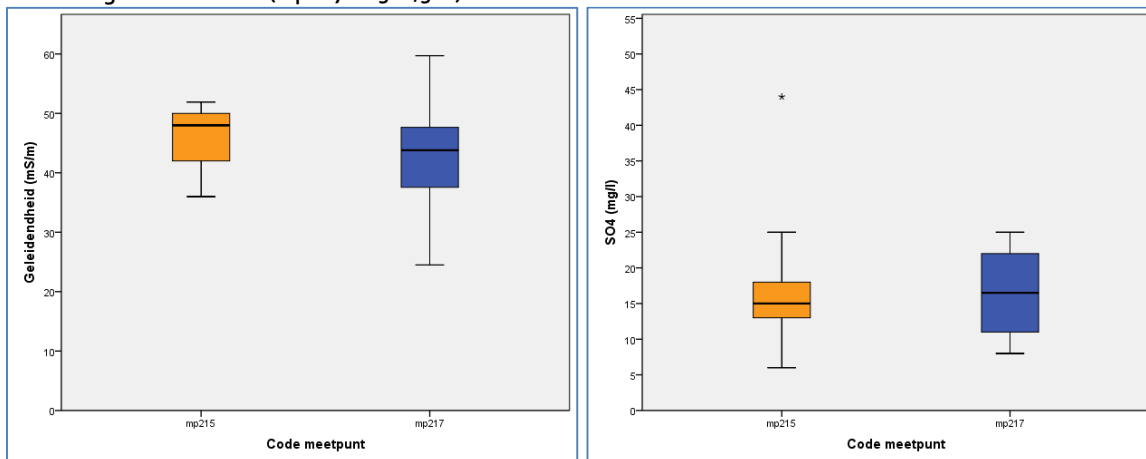
Waterkwaliteitsparameters lange aanvoerroute



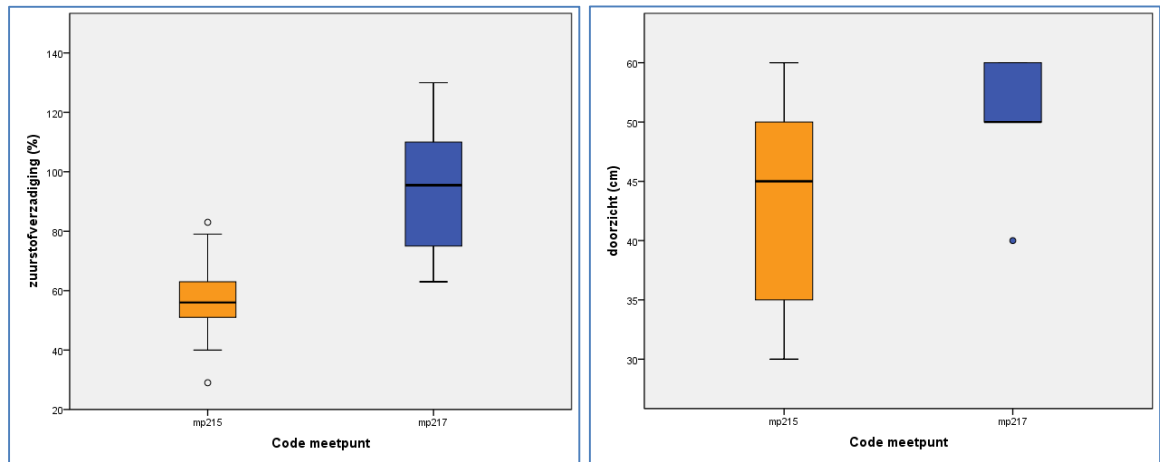
Figuur b 3.1. Verloop chlorofyl-a en figuur b 3.2 zwevend stof in inlaatwater (mp 203 en 215) in de toekomstige aanvoerroute (mp 217 en 580/581) in 2000.



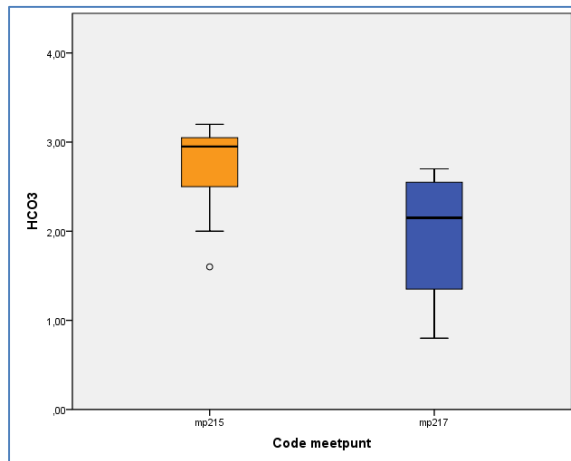
Figuur b 3.3. Verloop geleidendheid en figuur b 3.4 sulfaat in inlaatwater (mp 203 en 215) en de toekomstige aanvoerroute (mp 217 en 580/581) in 2000.



Vergelijking inlaatwater uit de boezem (mp215) met water in de aanvoerroute (mp 217) in 2011; figuur b 3.5 geleidendheid en figuur b 3.6 sulfaat.

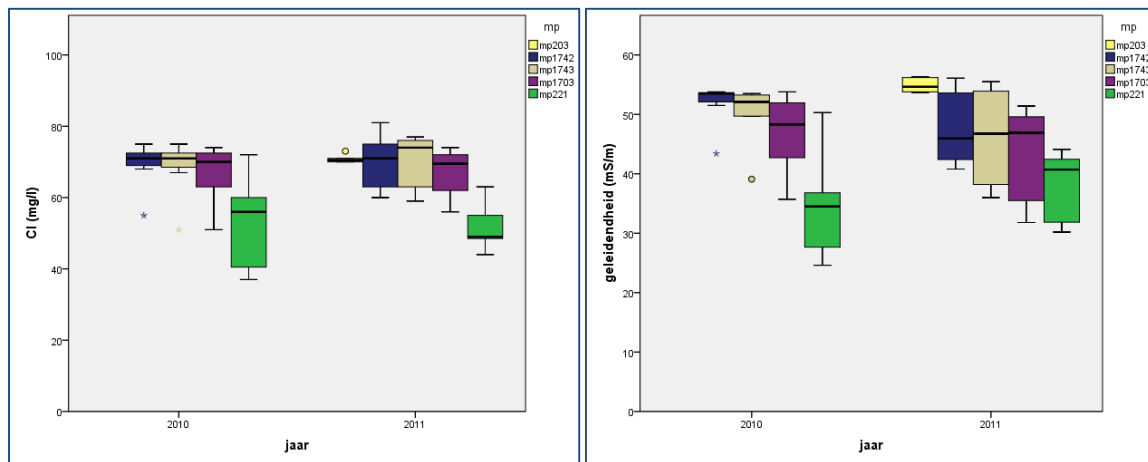


Vergelijking inlaatwater uit de boezem (mp215) met water in de aanvoeroute (mp 217) in 2011; figuur b 3.7 zuurstofverzadiging en figuur b 3.8 doorzicht.

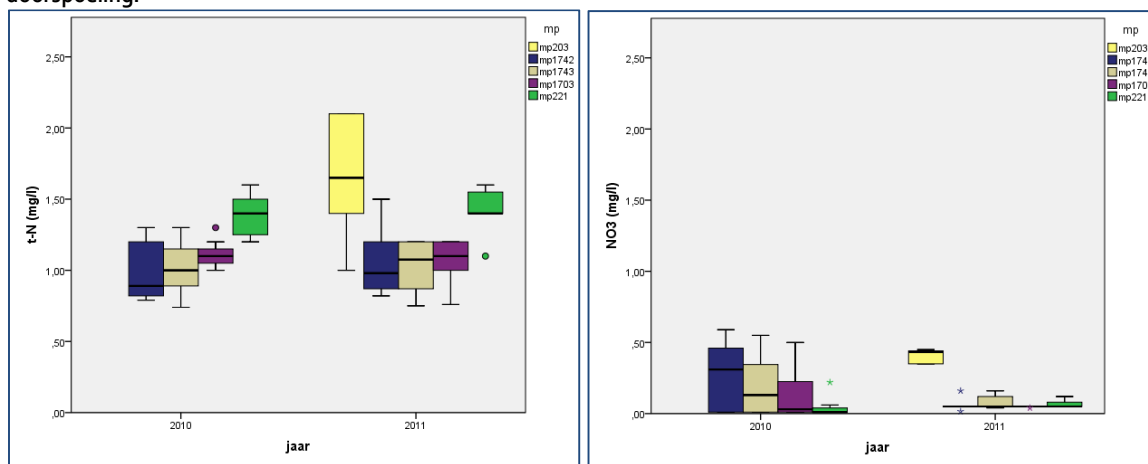


Figuur b 3.9 Vergelijking zuurstofverzadiging inlaatwater uit de boezem (mp215) met water in de aanvoeroute (mp 217) in 2011.

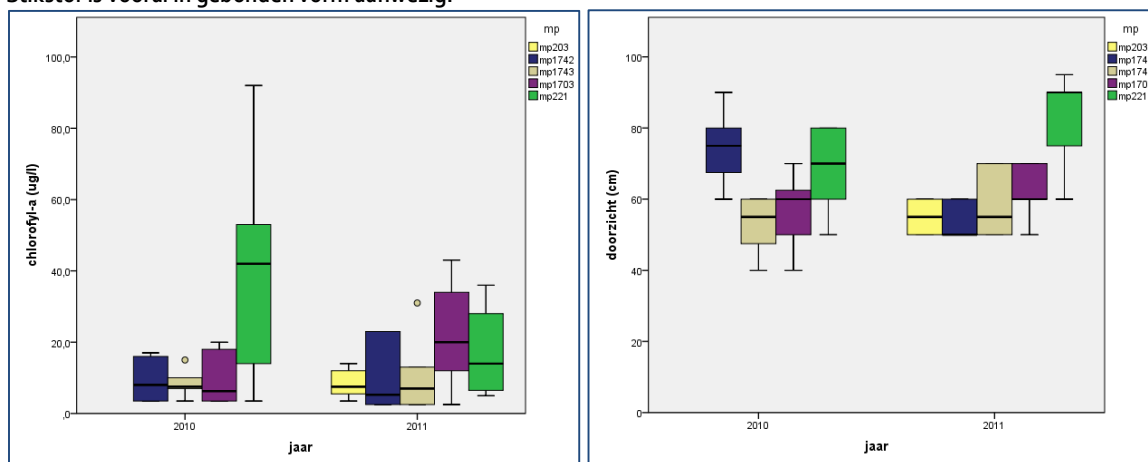
Bijlage 4
Waterkwaliteitsparameters doorspoelproef



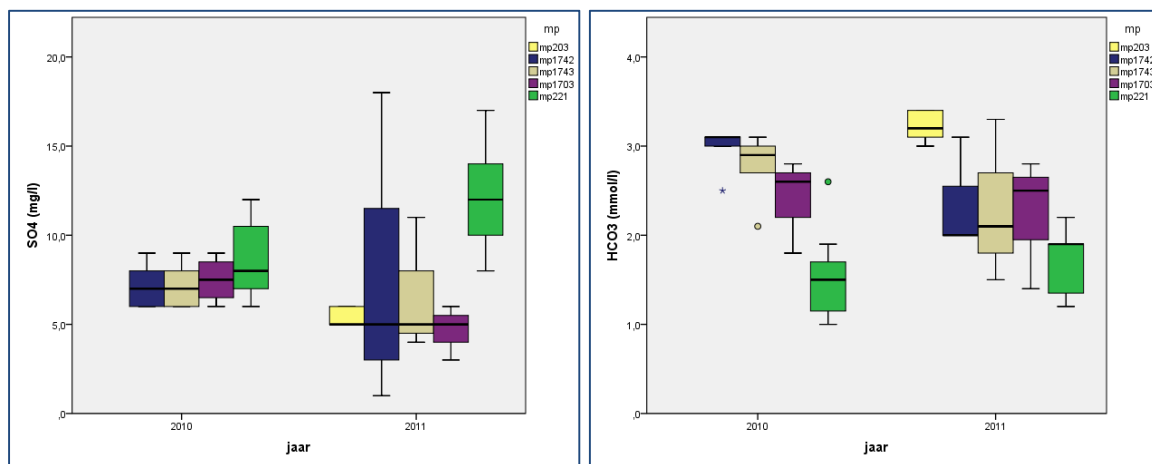
Figuur b 4.1 Zomerwaarden chloride en figuur b 4.2 zomerwaarden geleidendheid in de petgaten met doorspoeling.



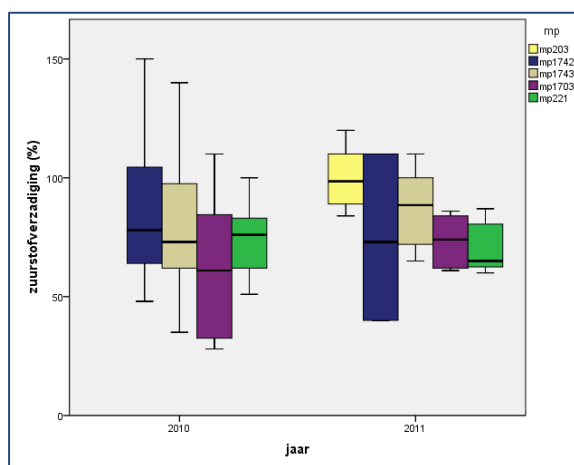
Figuur b 4.3 Zomerwaarden totaal-N en b 4.4 zomerwaarden nitraat in de petgaten met doorspoeling. Stikstof is vooral in gebonden vorm aanwezig.



Figuur b 4.5 Zomerwaarden chlorofyl-a en figuur b 4.6 zomerwaarden doorzicht in de petgaten met doorspoeling.



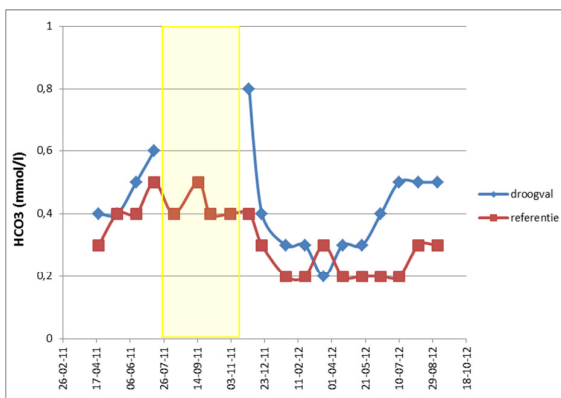
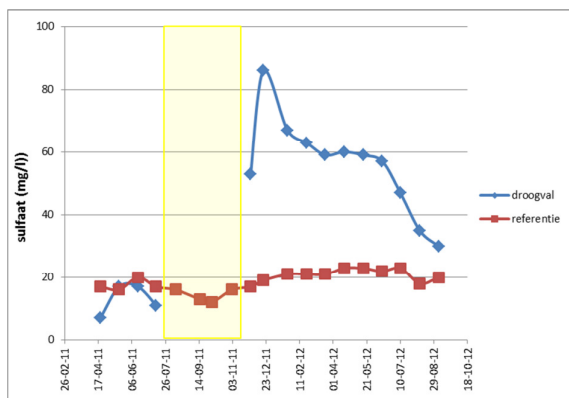
Figuur b 4.7 Zomerwaarden sulfaat en figuur b 4.8 zomerwaarden bicarbonaat in de petgaten met doorspoeling.



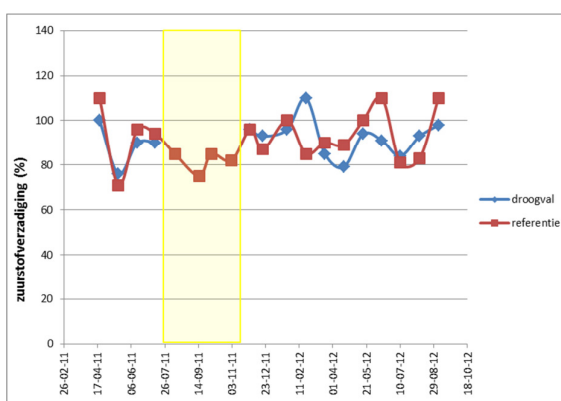
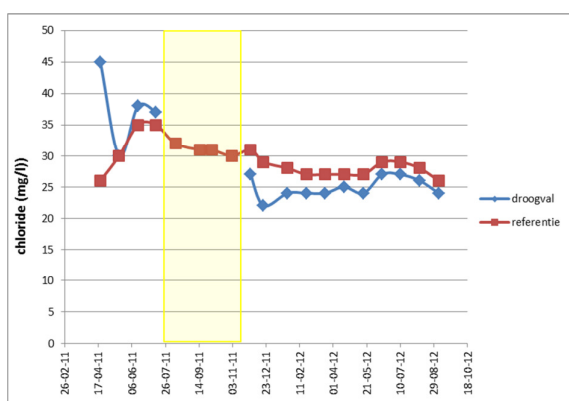
Figuur b 4.9 Zomerwaarden zuurstofverzadiging.

Bijlage 5

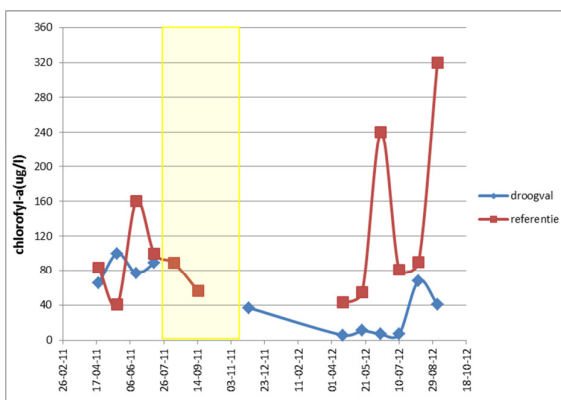
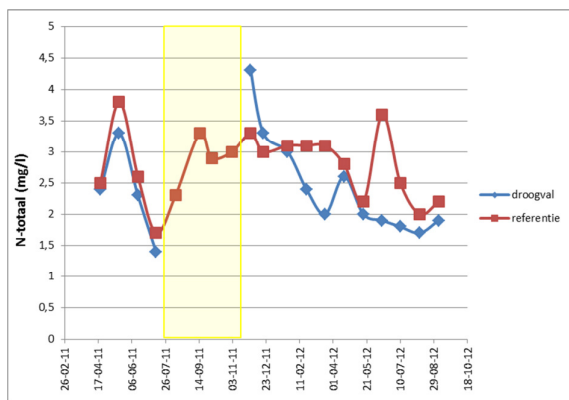
Waterkwaliteitsparameters experiment tijdelijke droogval



Figuur b 5.1 verloop concentratie sulfaat en figuur b 5.2 bicarbonaat in het drooggeval en de referentie. Gele blok markeert de periode met droogval.



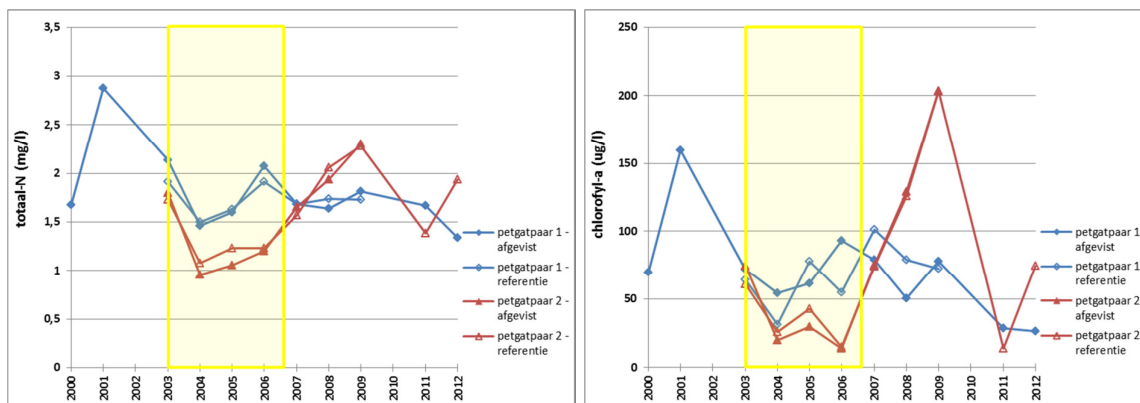
Figuur b 5.3 verloop concentratie chloride en figuur b 5.4 zuurstof in het drooggeval en de referentie. Gele blok markeert de periode met droogval.



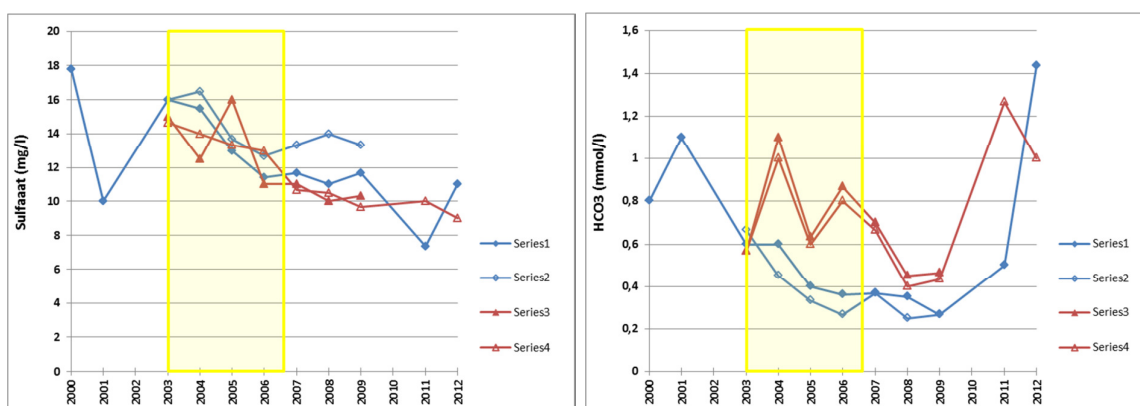
Figuur b 5.5 verloop concentratie N-totaal en figuur b 5.6 chlorofyl-a in het drooggeval en de referentie. Gele blok markeert de periode met droogval.

Bijlage 6

Waterkwaliteitsparameters experiment visstandbeheer



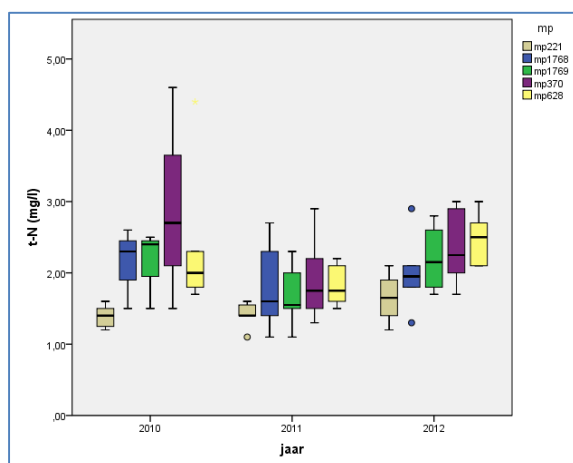
Figuur b 6.1 verloop concentratie N-totaal en figuur b 6.2 chlorofyl-a in de afgeviste petgaten en de petgaten met referentie-visstand. Gele blok markeert de periode met aanwezigheid viswering in petgatpaar 2. Viswering in petgatpaar 1 is nooit verwijderd.



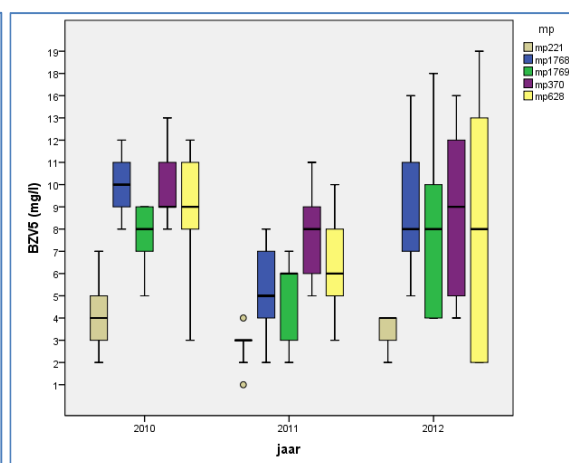
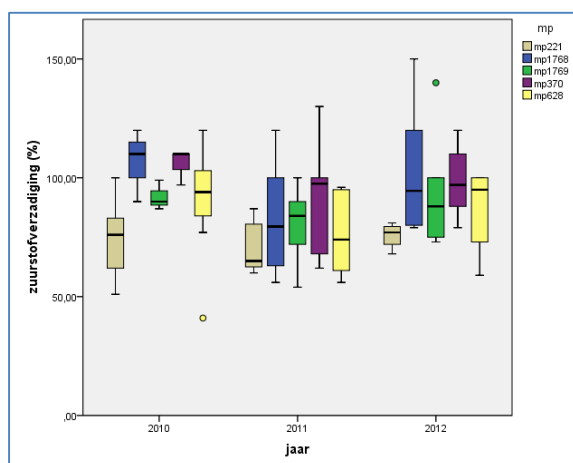
Figuur b 6.3 verloop concentratie sulfaat en figuur b 6.4 bicarbonaat in de afgeviste petgaten en de petgaten met referentie-visstand. Gele blok markeert de periode met aanwezigheid viswering in petgatpaar 2. Viswering in petgatpaar 1 is pas in 2011 verwijderd.

Bijlage 7

Waterkwaliteitsparameters bescherming legakkers met hooibalen

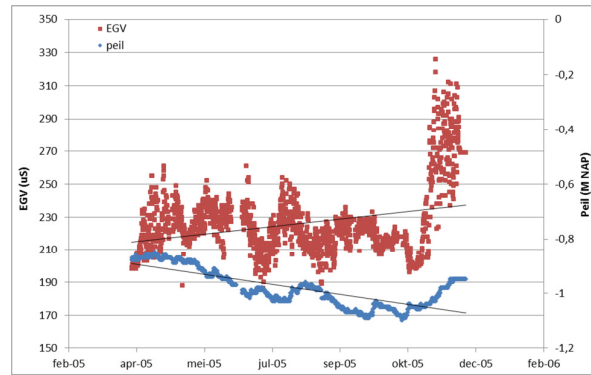
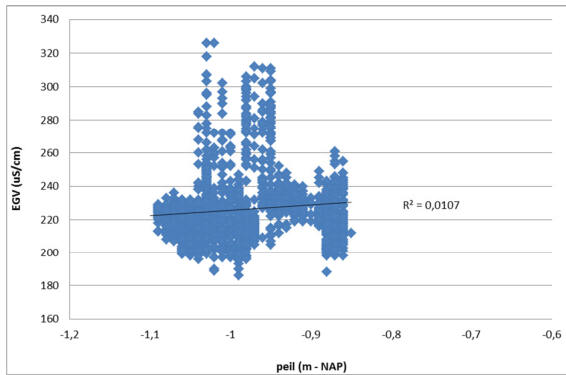


Figuur b 7.1 Waarden zomerhalfjaar voor totaal-N nabij de Hooibalen. mp 221 is referentiepunt in het Oud Deel.

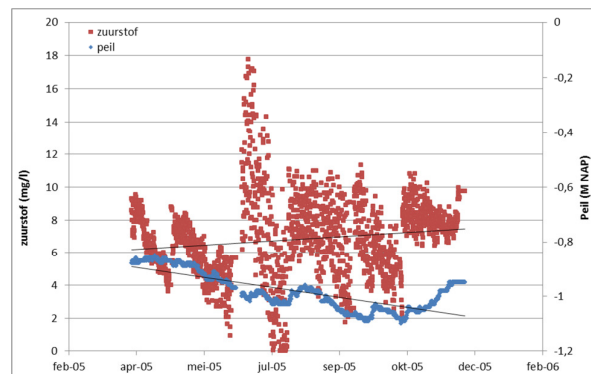
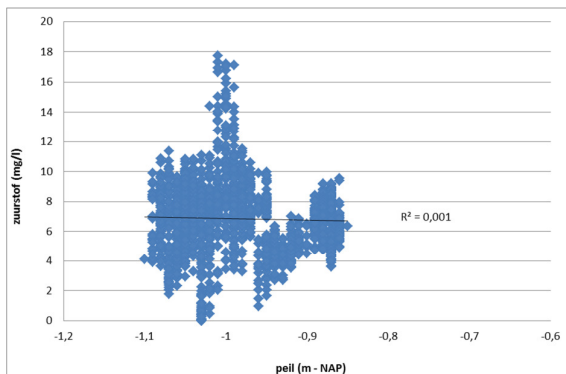


Figuur b 7.2 Waarden zomerhalfjaar voor zuurstofverzadiging en figuur b 7.3 BZV nabij de Hooibalen. mp 221 is referentiepunt in het Oud Deel.

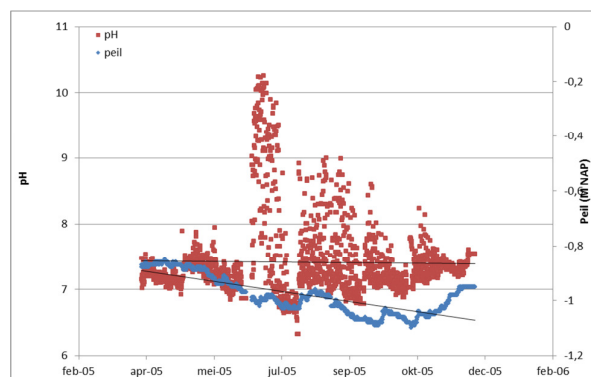
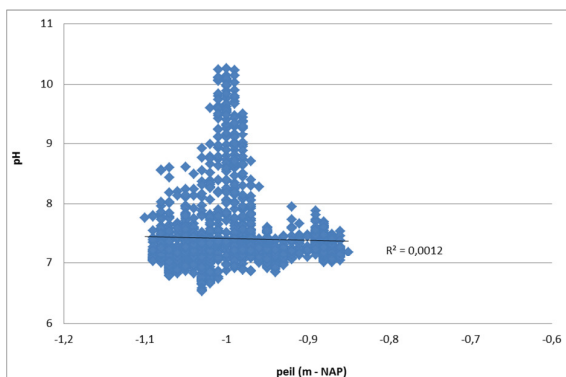
Bijlage 8
Meetsonde



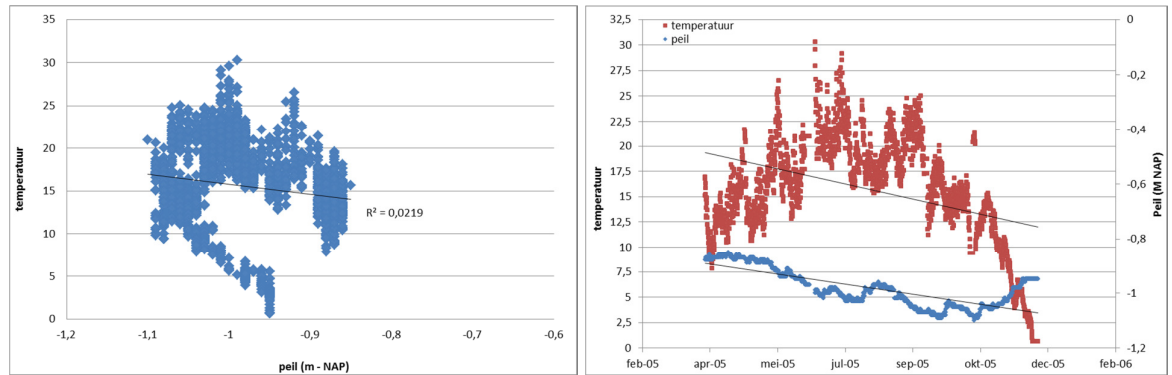
Figuur b 8.1 Waarden meetsonde voor EGV uitgezet tegen waterpeil en figuur b 8.2 waarden meetsonde voor waterpeil en EGV uitgezet tegen de tijd. Zwarte lijnen zijn trendlijnen.



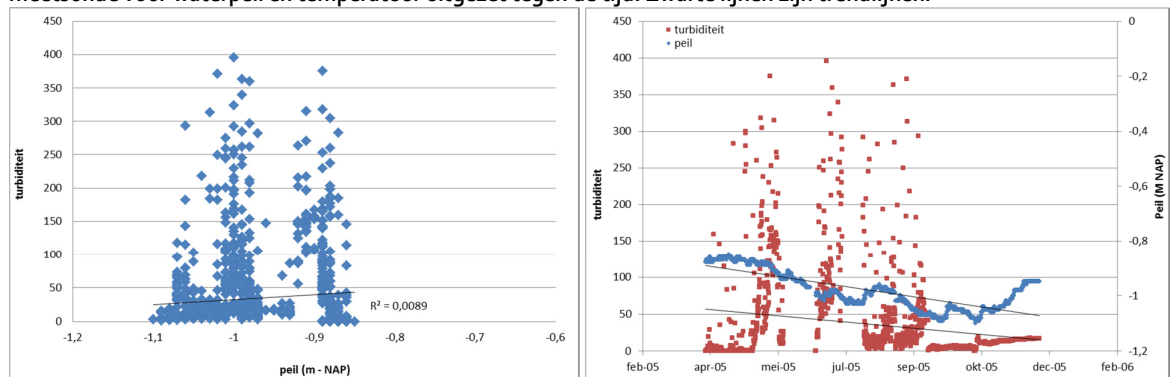
Figuur b 8.3 Waarden meetsonde voor zuurstof uitgezet tegen waterpeil en figuur b 8.4 waarden meetsonde voor waterpeil en zuurstof uitgezet tegen de tijd. Zwarte lijnen zijn trendlijnen.



Figuur b 8.5 Waarden meetsonde voor pH uitgezet tegen waterpeil en figuur b 8.6 waarden meetsonde voor waterpeil en pH uitgezet tegen de tijd. Zwarte lijnen zijn trendlijnen.



Figuur b 8.7 Waarden meetsonde voor temperatuur uitgezet tegen waterpeil en figuur b 8.8 waarden meetsonde voor waterpeil en temperatuur uitgezet tegen de tijd. Zwarte lijnen zijn trendlijnen.



Figuur b 8.9 Waarden meetsonde voor temperatuur uitgezet tegen turbiditeit en figuur b 8.10 waarden meetsonde voor waterpeil en turbiditeit uitgezet tegen de tijd. Zwarte lijnen zijn trendlijnen.

Bijlage 9
Projectmatig onderzoek

Projectmatig onderzoek

datum: 12 februari 2013
onderwerp: Laagveenplassen De Deelen en Rottige Meente
projectleider GBH: Mattie
contactpersoon LAB: Sandra
contactpersoon Opdrachtgever: Theo en Marianne
projectnummer: prj07_2013

Akkoordverklaring GBH:	Akkoordverklaring LAB:	In planning LAB In ILIS d.d.:
(P.D. Schaafsma)	(R.A. v.d. Meer)	(A.J. van Strien)

ALGEMEEN KADER

Afgelopen jaren is er veel projectmatig onderzoek gedaan in de laagveenplassen De Deelen en de Rottige Meente. Zo werden beide gebieden onderzocht in het kader van de KRW innovatieprojecten Tijdelijke droogval en Flexibel peilbeheer. De meeste deelprojecten in deze beide gebieden zijn afgerond (enkele lopen nog). Er is dus veel informatie verzameld van beide gebieden. Voor De Deelen wordt begin 2013 een evaluatierapport opgeleverd. Tijd voor heroverweging van de lopende projectmatige onderzoeken.

Doel van de monitoring vanaf 2013 is vooral het volgen van de algemene toestand van deze laagveenplassen in het algemeen, tijdelijk nog aangevuld met enkele specifieke projecten.

Monitoring richt zich dan voornamelijk op waterbeweging en waterkwaliteit vanaf de inlaatpunten de gebieden in, de (kern)gebieden zelf en tot slot de uitlaatpunten. In De Deelen gaat het water in grote lijnen van oost naar west. In de Rottige Meente gaat dit in een cirkel naar het midden (kerngebied) van het gebied toe. De nu gekozen meetpunten zijn zoveel mogelijk gekozen op grond van 1) continuering van datareeksen van bestaande meetpunten; 2) liggend op een veronderstelde gradiënt (van oost naar west voor DD en van buiten naar binnen voor de RM); 3) zowel meetpunten aan de randen (in en uit) als in het midden van de gebieden gelegen; 4) robuust meetsysteem; meetpunten die de komende jaren kunnen worden aangehouden (dus weinig onderhevig aan ad hoc aspecten).

1. PROGRAMMA

Locaties: Kaartje + tabel x en y coördinaten

De Deelen:

215	DE DEELEN 1, Hooivaart, inlaat	Inlaat boezemwater
221	DE DEELEN 8, Oude Deel	Wordt al gemeten ivm KRW (op gradiënt)
1843	Zandwinplas Schoolweg, Deelen	Zandwinplas (inlaatwater)
266	DE DEELEN 9, instroom uit voormalig helofytenfilter	Op gradiënt van oost naar west

Rottige Meente

128	DE SCHEENE, Kerkeweg t.w.v. Nijetrijne	Aanvoerroute
149	ROTTIGE MEENTE, petgat zuid	Petgat (oude deel), kerngebied
227	ROTTIGE MEENTE, inlaat sloot Z	Einde lange aanvoerroute
129	HELOMAVAART, Oldetrijnsterbrug	Aanvoerroute
571	ROTTIGE MEENTE, petgat peilschaal	Petgat (nieuwe deel)
1711	ROTTIGEMEENTE, Afvoer 1	Afvoer naar gemaal (zat in Hotspotproject)

Er komt een debietmeter bij de Driewegsluis.

Daarnaast wordt bij sluis Scheene en gemaal Jongsma gekeken naar de mogelijkheid van het meten van inlaatwater. Zodra dit gereed is wordt dit verwerkt in het projectformulier.



Naast dit 'basisprogramma' kennen beide gebieden nog een separaat monitoringprogramma als vervolg op het KRW innovatieproject Tijdelijke droogval. In DD gaat het om twee petgaten aan de zuidwest kant van het gebied; in de RM om twee locaties in de zuiden van de petgaten van het kerngebied. Dit aanvullende monitoringprogramma loopt in elk geval in 2013. Naast monitoring door WF zal ook B-Ware hier nog enkele metingen uitvoeren.

- **Pakket + frequentie:**

De Deelen:

Meetpunt 0218 + 0795 en 1769 macrofyten, fytoplankton, 4 maal macroionen

Meetpunt 221 volledig (KRW basis meetpunt)

Alle meetpunten: 8 maal (zomerhalfjaar + feb + nov) nutriënten, veld en chlorofyl-a.

Rottige Meente:

Macrofyten: meetpunt 128 + 149 + 227 + 571

Fytoplankton: meetpunt 128 + 149

Macro-ionen: meetpunt 128 + 149 + 227 + 571

Alle meetpunten 8 maal nutriënten + veldparameters en chlorofyl-a

- **begin datum project:** 2013
- **einde datum project:** 2018

2. GEMAAKTE AFSPRAKEN

- **Intern:** Richard bewaakt kwantiteitsmetingen.
- **Extern:** Ten minste jaarlijks eenmaal overleg met rayonbeheerders en SBB

3. KOSTEN

- **Kosten**

Het gaat hier om kosten die door ons laboratorium worden gemaakt. Die zal ik berekenen aan de hand van het aantal/soort analyses. Indien externe kosten gemaakt worden (bv uitbesteding van een deel van het onderzoek) dan ook graag hier vermelden (bedrag, contactpersoon, evt verwijzing naar documentatie van afspraken over kostenverdeling).

- **Kostendekking**

De kosten worden gedekt uit het monitoringbudget van de afdeling/cluster Gegevensbeheer.

4. RAPPORTAGE

VOORTGANG PROJECT

Opmerkingen GBH:

Eventuele wijzigingen die in de loop van het project doorgevoerd worden, worden hier vermeld.

Opmerkingen LAB:

Eventuele wijzigingen die in de loop van het project doorgevoerd worden, worden hier vermeld.

Het LAB kan hier ook opmerkingen plaatsen over monsternamen, analyseresultaten e.d.

Opmerkingen Opdrachtgever: