



Waterharmonica Aqualân Grou

Monitoring invloed verlaagd debiet 2012-2013

Wetterskip Fryslân

14 augustus 2014

Definitief rapport

BD1606



rekel/water



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.
RIVERS, DELTAS & COASTS

Larixplein 1
Postbus 80007
5600 JZ Eindhoven
+ 31 88 348 42 50 Telefoon
info@rhdhv.com E-mail
www.royalhaskoningdhv.com Internet
Amersfoort 56515154 KvK

Documenttitel	Waterharmonica Aqualân Grou
	Monitoring invloed verlaagd debiet 2012-2013
Verkorte documenttitel	Waterharmonica Aqualân Grou
Status	Definitief rapport
Datum	14 augustus 2014
Projectnaam	Evaluatie Rapportage Aqualân Grou
Projectnummer	BD1606
Opdrachtgever	Wetterskip Fryslân
Referentie	BD1606/R0002/902795/Eind

Auteur(s)	Frank van Herpen en Ton Schomaker (Royal HaskoningDHV)
	Ruud Kampf (rekel/water)
Collegiale toets	Hans Verhoogt
Datum/paraaf	14 augustus 2014
Vrijgegeven door	Hans Verhoogt
Datum/paraaf	14 augustus 2014



INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Samenhang met andere rapportages	1
1.4 Verandering werking systeem in 2012-2013	2
2 RESULTATEN FYSISCHE-CHEMIE 2012-2013	4
2.1 Aanpak	4
2.2 Algemene parameters	6
2.3 Zwevend stof en pathogenen	7
2.4 Nutriënten	10
2.5 Biochemisch zuurstofverbruik en zuurstof	13
3 BIOLOGIE 2012-2013	15
3.1 Macrofauna	15
3.2 Zoöplankton	20
3.3 Waterplanten	22
3.4 Vissen	23
4 CONCLUSIES	24
5 LITERATUUR	25

Bijlage

1. Macrofauna

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Medio 2006 is bij de RWZI van Grou het moerassysteem Aqualân Grou in gebruik genomen. Aqualân Grou is een zuiveringsmoeras volgens het Waterharmonica principe en zorgt voor nazuivering van een kwart van het effluent van de RWZI. Het systeem bestaat uit een combinatie van vijvers voor watervlooiën, rietsloten en een paaibiotop voor vis. Vanaf eind 2006 is er uitgebreide monitoring uitgevoerd aan het zuiveringsmoeras. Deze monitoring betreft zowel fysisch-chemische monitoring ook biologische monitoring aan bacteriën, fytoplankton, zoöplankton, waterplanten en vissen. De afgelopen jaren is een groot aantal rapportages verschenen met de monitoringsresultaten voor Aqualân Grou (zie paragraaf 1.5). De belangrijkste onderzoeken betreffen:

1. Basismonitoring door het Wetterskip en Attenburg en Wymenga, ondersteund door een achttal stage-onderzoeken. Zie Van der Boomen *et al* 2012,
2. Begeleidend mesocosms onderzoek naar processen in de vlooienvijvers 2007-2011 (Van der Boomen *et al* 2012)
3. Stowa onderzoek naar verwijdering van zwevend stof en naar reductie van pathogenen 2008-2011 (Van der Boomen *et al* 2012)
4. KRW-innovatieonderzoek naar ecotoxiciteit (WIPE Waterharmonica Improving Purification Effectiveness):2009-2011. Imares, Deltares, Wageningen University
5. Variatie in beheer van Aqualân en onderzoek aan het effect van variërend waterpeil en belastingen op het functioneren in 2012 en 2013 door het Wetterskip

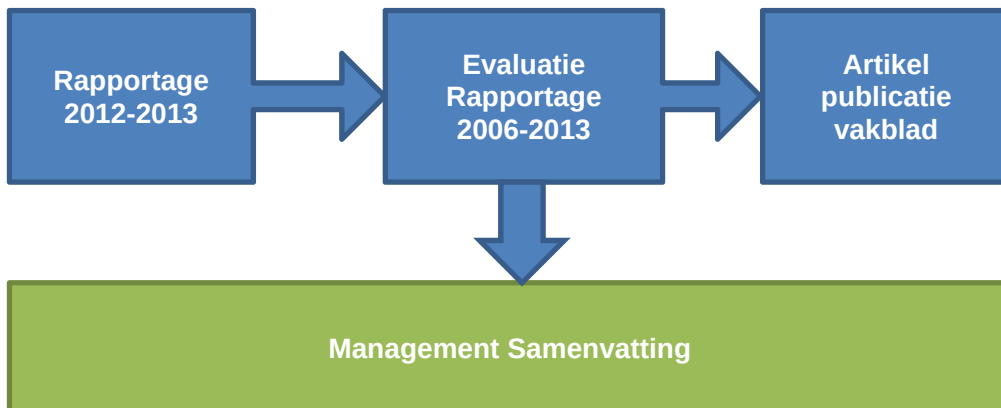
1.2 Doelstelling

In aansluiting bij de basisrapportage uit 2012 met daarin de resultaten van de monitoring van 2006-2013 wordt in deze rapportage met name aandacht besteed aan:

- de fysisch-chemische parameters van 2012-2013;
- de macrofauna-bemonstering in 2012;
- de effecten van de debietsverandering vanaf 2012 en waterstand in de vlooienvijvers en verdeelsloot vanaf 2013.

1.3 Samenhang met andere rapportages

De intensieve monitoring en de verdiepende onderzoeken aan Aqualân Grou is eind 2013 ten einde gekomen. Voor de monitoringsdata 2012 en 2013 is deze beknopte separate rapportage gemaakt die zoveel mogelijk aansluit bij de basisrapportages van de jaren ervoor. Deze rapportage over 2012-2013 wordt gevolgd door een evaluatie-rapportage waarin de monitorings-resultaten vanaf 2006 tot en met 2013 in een breder kader worden beschouwd. In die evaluatierapportage wordt Aqualân ook vergeleken met andere waterharmonica's. Hierbij is speciaal aandacht voor de biologische monitoringsresultaten. De uitkomsten van beide rapportages worden gebruikt voor het maken van een manuscript voor een publicatie in een vakblad. Daarnaast wordt een managementsamenvatting opgesteld. De doelgroep voor de managementsamenvatting zijn onder andere bestuursleden en andere waterschappen.



De voorliggende rapportage betreft de rapportage 2012-2013.

1.4 Verandering werking systeem in 2012-2013

De werking van het systeem van Aqualân is uitgebreid beschreven in Van der Boomen *et al* 2012. Begin 2012 is het debiet van 1200 m³ per dag (belasting 0,15 m/dag) verlaagd naar 480 m³ per dag (0,06 m/dag) en is de waterstand in de vlooienvijvers en de verdeelsloot verhoogd. Reden hiervoor was dat uit tracer onderzoek duidelijk werd dat het natte volume en de gemeten hydraulische belasting afweek van de ontwerpwaarden. Hiermee was Aqualân geen 'laag belaste' Waterharmonica maar veel meer een 'middel belaste' en daardoor meer gelijkend op het merendeel van de Waterharmonica's in Nederland (Kampf en Van der Boomen 2013). Door een 2,5 keer langere hydraulische verblijftijd toe te passen is het effect ervan op de zuiveringsrendementen en de biologische karakteristieken van het nabehandelde effluent vast te stellen.

Daarnaast was de verwachting dat een lager debiet een positief effect zou hebben op de dichtheid van de watervlooienpopulatie. Andere veranderingen in 2012 waren het aanbrengen van houten beschoeiingen vanwege afkalving van de oevers rondom de vlooienvijvers en verdeelsloot. Begin 2013 is de waterstand in de vlooienvijvers en verdeelsloot met 15 cm verhoogd, omdat mogelijke uitstroom van watervlooien en intrek van de tiendoornige stekelbaars uit de rietsloten te remmen door het peilverschil tussen vlooienvijvers en rietfilter te vergroten.

Daarnaast zijn er diverse aanpassingen geweest aan het beheer en onderhoud:

- verwijderen tiendoornige stekelbaars uit de vlooienvijvers (jaarlijks vanaf 2009)
- regelmatig verwijderen waterplanten uit de vlooienvijvers (ca 3x per jaar)
- riet maaien en afvoeren (1x per jaar, in de winter)
- snoekjes uitgezet in de vlooienvijvers (2012)
- drie eenden uitgezet om kroos in de opvangsloot te verwijderen (2012)
- in verband met afkalving van de oevers is er beschoeiing aangebracht in de vlooienvijver en verdeelsloot. (2012)

In de zomers van 2012 en 2013 vloeide er nauwelijks meer water vanuit het helofytenfilter naar het paaibiotop. Dit kwam waarschijnlijk doordat het riet in de zomer net zoveel water verdampt als dat wordt aangevoerd vanuit de RWZI. Daarbij ontstonden er bij het lage debiet in de rietvelden ook dikke vliezen van bacteriën.

In 2012 is in verband met de strenge winter en ijsvorming de waterhamonica tijdelijk stilgezet. Dit is de enige keer geweest sinds de opening in 2006.



Figuur 1.1: ijsvorming en badende vogels in Aqualân, februari 2012

2 RESULTATEN FYSISCH-CHEMIE 2012-2013

2.1 Aanpak

De beschikbare meetgegevens en ervaringen met het functioneren van Aqualân in de periode 2006-2011 is geanalyseerd en gepresenteerd in Van der Boomen *et al* (2012). In deze rapportage worden de resultaten van de bemonstering van 2012-2013 gepresenteerd. Echter, de datasets van na de aanpassing van het debiet zijn beperkt en bestaan uit metingen in de maanden april, juni, september en eind november. Dus per jaar zijn er slechts drie monsters in wat in de vorige onderzoeken als “zomerhalfjaar” is benoemd (april-september) en slechts één monster in “winterhalfjaar” (oktober – maart). Voor de beide jaren 2012 en 2013 met het verlaagde debiet zijn er dus totaal zes monsters “zomerhalfjaar” en twee monsters in “winterhalfjaar”, waarbij monsters in de echte, winter (december-februari) ontbreken.

Hierdoor zijn de resultaten van de rapportage over 2006-2011 en over 2012-2013 niet goed vergelijkbaar. Daarom zijn voor deze rapportage de gegevens van 2006-2011 opnieuw verwerkt, waarbij ten behoeve van de vergelijkbaarheid alleen de data van de periode april-november zijn gebruikt. Door de beperkte hoeveelheid metingen is het niet mogelijk om de effecten van het verlagen van het debiet (2012-2013) en verhogen van het waterpeil (2013) uit elkaar te halen. Deze gegevens worden dus gezamenlijk beschouwd.

In de hierna volgende boxplots worden de gecombineerde meetgegevens gepresenteerd voor de maanden april-november voor de periode met het hoge debiet (2007-2011) en met het lage debiet (2012-2013).

In de figuren met de boxplot is de volgende informatie opgenomen:

- mediaan (lijn met knik)
- gemiddelde (rood plusje)
- 25% en 75% boven en onderkant box
- 5% en 95% percentiel (de whiskers)
- uitbijters (open rondjes boven/onder de whiskers)

De meetpunten zijn genummerd:

- -1: effluent (mengmonster van meetlocaties in het effluent);
- 1: Eind vlooienvijvers (einde vlooienvijvers);
- 2: Eind rietsloten (einde rietsloten, verzamelsloot voor het gemaal);
- 3: Paaihabitat;
- 4: Kromme Grouw

Naast boxplots zijn de meetwaarden ook in de tijd uitgezet. De oorsprong begint op 01-01-2007. In het voorjaar van 2012 is het debiet verlaagd (ca. 1.900 dagen na oorsprong) en in het voorjaar van 2013 is het waterpeil in de vlooienvijvers en verdeelsloot verhoogd (ca. 2.300 dagen na oorsprong).

De verblijftijd is theoretisch bepaald aan de hand van het debiet en inhoud, maar is ook bepaald met behulp van een traceronderzoek. Bij dit onderzoek wordt een tracer (bijvoorbeeld een kleurstof) ingelaten en dan wordt gevolgd hoe lang de tracer er echt over doet om de verschillende systeemonderdelen te doorlopen.

De daadwerkelijke verblijftijd in Aqualân is een stuk korter dan de theoretisch bepaalde verblijftijd. Bij een gelijkblijvend debiet betekent dat er sprake is van kortsluitstromen. Oftewel: niet al het effluent verdeelt zich evenredig door de waterharmonica.

Tabel 2.1 Systeemgegevens Aqualân Grou (ontwerp 2006).

Systeem- onderdeel	Diepte	Oppervlak	Inhoud	Debiet	Verblijftijd	Belasting
	(m)	(m ²)	(m ³)	(m ³ .dag ⁻¹)	(dag)	(m/dag)
vlooienvijvers (3 stuks)	2	1.485	3.000	1.000	3	
rietsloten (4 stuks)	0.3	5.000	1.500	1.000	1.5	
paaibiotop	0.3-1.1	2.200	1.100	1.000	1.1	
systeem totaal		8.685	5.600	1.000	5.6	0.12

Tabel 2.2 Systeemgegevens Aqualân Grou (praktijksituatie 2007 - 2011)

Systeem- onderdeel	Diepte	Oppervlak	Inhoud	Debiet	Verblijftijd	Tracer- verblijftijd	Belasting
	(m)	(m ²)	(m ³)	(m ³ /d)	(dag)	(dag)	(m/dag)
vlooienvijvers (3 stuks)	1	1.165	1.165	1.200	0.97	0.75	
rietsloten (4 stuks)	0.35	4.285	1.500	1.200	1.25	0.98	
paaibiotop	0.5	2.575	1.288	1.200	1.07	0.72	
systeem totaal		8.025	3.953	1.200	3.29	2.45	0.15

Tabel 2.3 Systeemgegevens Aqualân Grou (praktijksituatie 2012-2013)

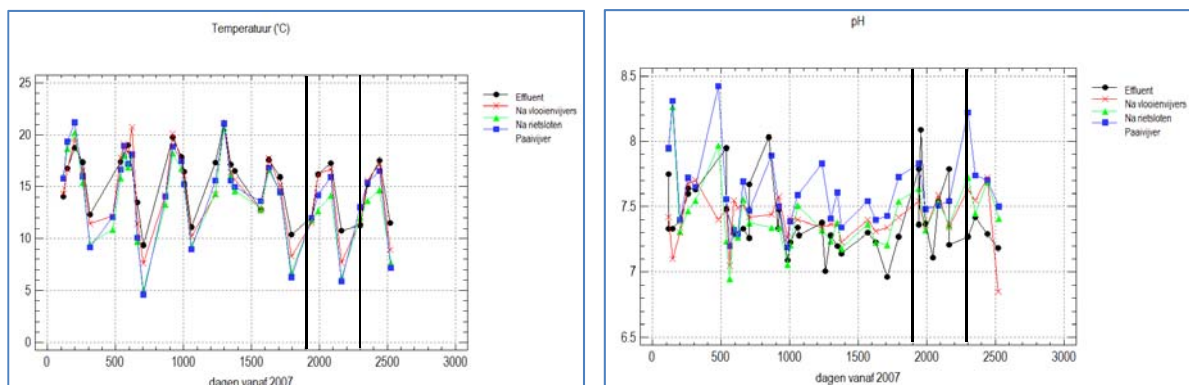
Systeem- onderdeel	Diepte	Oppervlak	Inhoud	Debiet	Verblijftijd	Belasting
	(m)	(m ²)	(m ³)	(m ³ /d)	(dag)	(m/dag)
vlooienvijvers (3 stuks)	1.5	1.143	1.715	480	3.57	
rietsloten (4 stuks)	0.35	4.082	1.429	480	2.98	
Paaibiotop	0.5	1.613	807	480	1.68	
systeem totaal		8.025	3.953	480	8.23	0.06

2.2 Algemene parameters

De algemene parameters temperatuur en pH worden gemeten omdat ze invloed kunnen hebben op diverse processen, zoals reactiesnelheden en daarmee direct of indirect op verschillende andere parameters/parametergroepen.

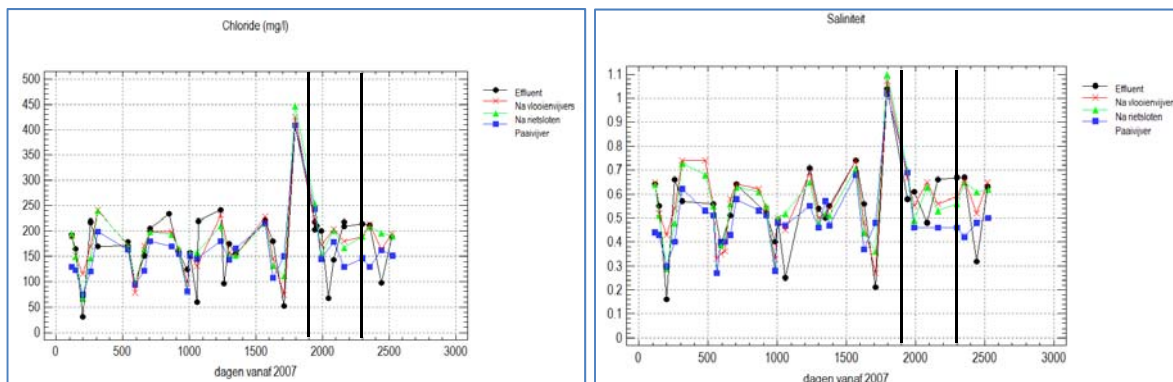
De temperatuur (zie figuur 2.1) vertoont een stabiel jaarritme (warm in de zomer, koud in de winter). De verlaging van het debiet en de verhoging van het waterpeil in 2012 en 2013 hebben geen grote invloed gehad op de temperatuur van het water (jaargemiddelde 2012-2013: 8,4 °C, 2007-2011: 13,0 °C). Wel is duidelijk dat na de veranderingen de temperatuur na de rietsloten (groene lijn) niet meer overeenkomt met de rest van Aqualân maar ca 2 °C koeler is. Mogelijk heeft dit te maken met het afnemende debiet uit de rietsloten naar de verzamelsloot in de zomer maanden door de hoge verdamping door de rietvelden. Daarnaast blijkt duidelijk dat met name in de winters de temperatuur gedurende het verblijf in Aqualân steeds verder daalt, waardoor er geen sprake is van een lozing van warm effluent op het koude oppervlaktewater in de winter.

De pH in het systeem is vrijwel constant. In de zomer daalt de pH waarde met maximaal 0,2 pH eenheid. De pH in het effluent en in Het paaihabitat (met uitwisseling naar Kromme Grouw) fluctueert meer dan de pH in Aqualân. De verlaging van het debiet en de verhoging van het waterpeil in 2012 en 2013 hebben geen invloed gehad op het algemene pH verloop van het water. Wel is duidelijk dat de pieken in Het paaihabitat de laatste jaren weer wat groter zijn geweest. Dit hangt mogelijk samen met de lagere afvoer uit de rietsloten naar Het paaihabitat.



Figuur 2.1: verloop temperatuur (links) en pH (rechts) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013). De zwarte lijnen geven begin 2012 en begin 2013 aan.

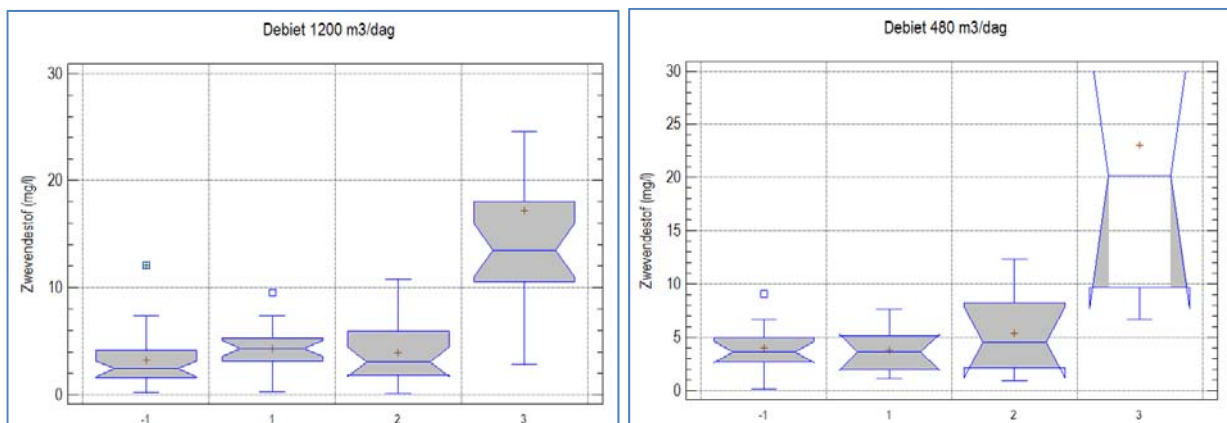
Figuur 2.2 toont aan dat het chloridegehalte en saliniteit in de loop van de tijd vrij constant zijn, met uitzondering van de uitschieter in december 2010. De verlaging van het debiet en de verhoging van het waterpeil in 2012 en 2013 hebben geen grote invloed gehad op het verloop van het zoutgehalte van het water. Net zoals bij de temperatuur en pH wijkt ook voor chloride (en saliniteit) Het paaihabitat nu wel af van de rest van Aqualân, waarschijnlijk door een verlaagde afvoer uit de rietsloten.



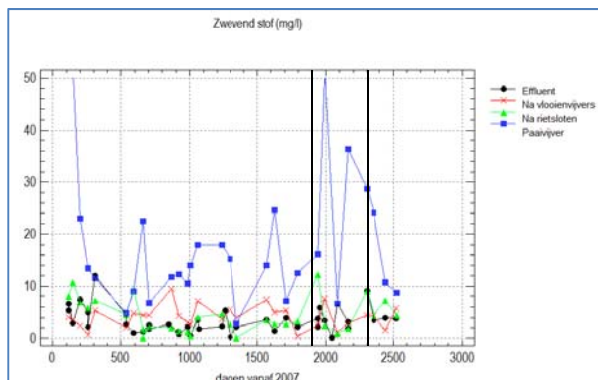
Figuur 2.2: verloop chloride (links) en saliniteit (rechts) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013) De zwarte lijnen geven begin 2012 en begin 2013 aan.

2.3 Zwevend stof en pathogenen

In Van der Boomen *et al* (2012) wordt uitgelegd waarom bij Aqualân Grou een stijging van zwevend stof wordt gemeten in het verloop van het proces. Ook na aanpassing van het debiet en waterpeil blijft de Waterharmonica een netto zwevend stof producent: zie figuren 2.3 en 2.4. Het aandeel zwevend stof aan het einde van de rietsloten (meetpunt 2) blijft wel laag ten opzichte van het zwevend stof gehalte van het ontvangende water van de Kromme Grouw (Van der Boomen *et al* 2012). Het paaihabitat hebben een hoger zwevend stof gehalte door het daar reeds aanwezige ecosysteem met volop vegetatie, de biologische seizoencyclus in groei en afstervingen de uitwisseling met de Kromme Grouw. De verlaging van het debiet en de verhoging van het waterpeil in 2012 en 2013 hebben geen invloed gehad op het verloop van het zwevend stof in Aqualân.

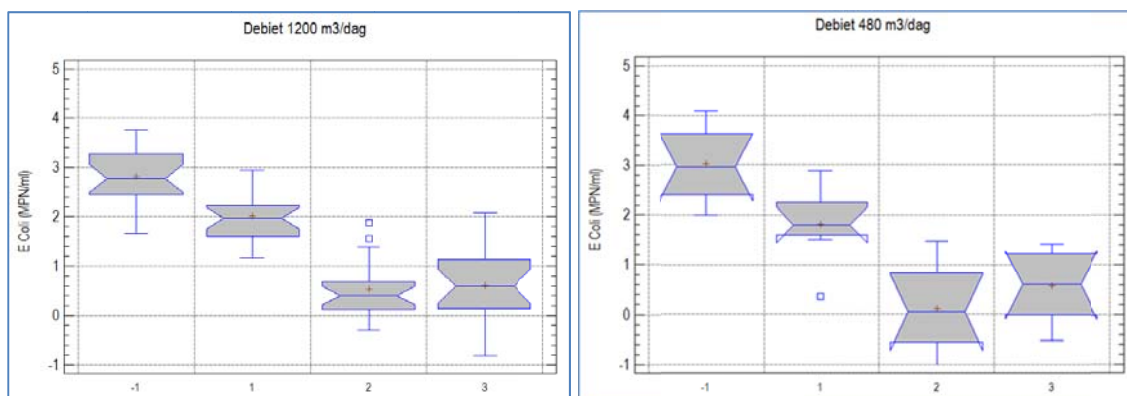


Figuur 2.3: Verandering van de hoeveelheid zwevend stof in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou bij een hoog debiet (links 2006-2011) en bij een laag debiet (rechts 2012-2013)

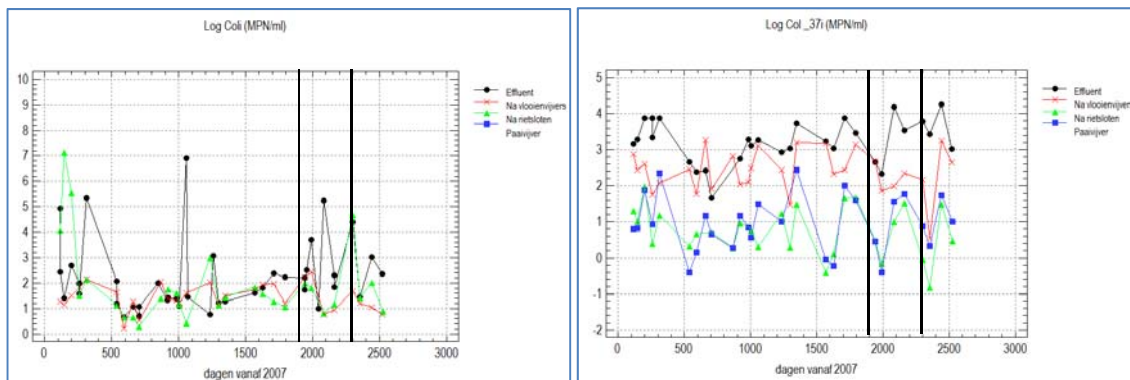


Figuur 2.4: verloop zwevend stof (links) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013. De zwarte lijnen geven begin 2012 en begin 2013 aan.

De pathogenen vormen één van de bestanddelen van het zwevend stof en worden aangevoerd via het effluent en mogelijk via dierlijke belasting (eenden, vissen) in het Waterharmonica systeem zelf. Behandeling in een Waterharmonica resulteert in een sterke afname van de aanwezige pathogenen zoals de figuren 2.5 en 2.6 laten zien. Dit is zowel bij het hoge als lage debiet het geval. Wel is de bandbreedte van de boxplots in de figuur wat groter in 2012-2013 in vergelijking met 2006-2011. Dat komt omdat er in 2012-2013 minder waarnemingen zijn, waardoor de 25% en 75% percentiel bij ene grote spreiding eerder wat verder uit elkaar liggen waardoor de boxen groeter zijn. Het hoge verwijderingsrendement van Aqualân voor *E. coli* blijft ook na de aanpassingen bestaan. Een aandachtspunt is de meting begin 2013 toen er net zoveel *E. coli*'s zijn gemeten in het water van de rietsloten als in het effluent. Het verschil in *E. coli* 37 tussen het effluent en na het doorlopen van de vlooienvijvers neemt wel toe na afname van het debiet in 2012. Eind 2013 is deze afname niet meer zichtbaar.

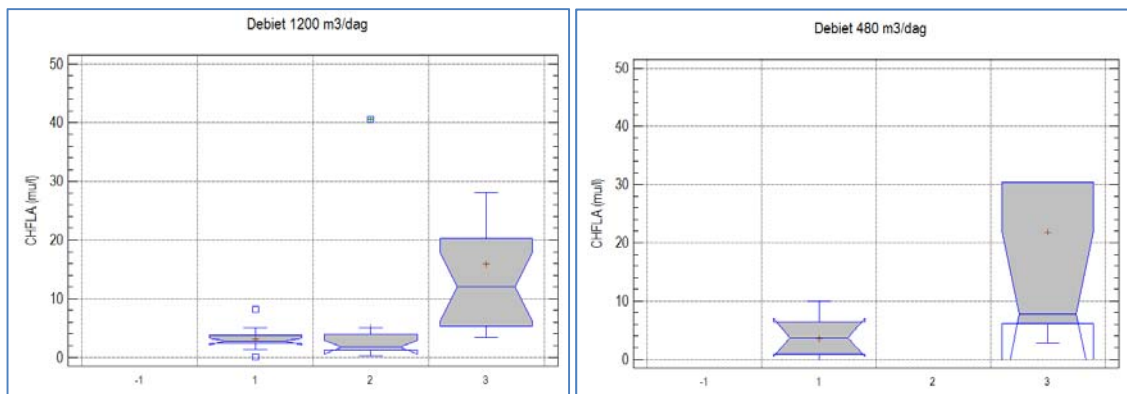


Figuur 2.5: Verandering van de hoeveelheid *E. coli* in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou bij een hoog debiet (links 2006-2011) en bij een laag debiet (rechts 2012-2013) (y-as op log-schaal)

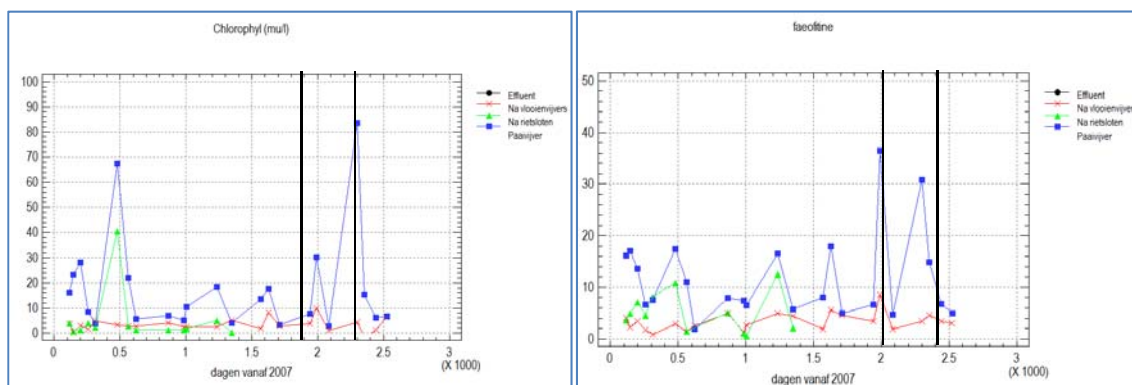


Figuur 2.6: Verloop *E. coli* (links) en *E. coli* 37 (rechts) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013). (y-as op log-schaal) De zwarte lijnen geven begin 2012 en begin 2013 aan.

Het chlorofyl-a is een indicator voor de hoeveelheid algen in het water en maakt net als *E. coli* deel uit van het zwevend stof. Chlorofyl wordt niet gemeten in het effluent en is na 2011 ook niet meer gemeten in de rietsloten: zie figuren 2.7 en 2.8. Het chlorofyl-gehalte in de vlooienvijvers verschilt niet tussen het hoge en lage debiet voor de vlooienvijvers. Wel is duidelijk dat na aanpassing van het debiet er in Het paaihabitat nu wel in de zomer algenbloei optreedt. Het chlorofyl-a gehalte in Het paaihabitat wordt beïnvloedt door de afname van verversing vanuit de rietfilters door de ontbrekende afvoer bij het lage debiet. De uitwisseling vanuit Het paaihabitat met de Kromme Grouw is ook beperkt, waardoor in de zomer stilstaand en voedselrijk water ontstaat wat een goede voedingsbodem is voor algengroei.



Figuur 2.7: Verandering van de hoeveelheid chlorofyl-a in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou bij een hoog debiet (links 2006-2011) en bij een laag debiet (rechts 2012-2013)



Figuur 2.8: verloop *chlorofyl-a* (links) en *faeotitine* (rechts) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013. De zwarte lijnen geven begin 2012 en begin 2013 aan.

2.4 Nutriënten

Voor zowel totaal-stikstof als voor totaal-fosfaat neemt het verwijderingsrendement van een Waterharmonica in het algemeen af met de belasting: hoe hoger de belasting, hoe lager het rendement. Reden hiervan is dat een helofytensysteem per tijdseenheid een maximale vracht aan nutriënten kan verwijderen. Uit de analyse van de resultaten van Aqualân Grou blijkt dat er totaal-stikstof verwijdering plaatsvindt in Aqualân bij het hoge debiet (zie van der Boomen *et al* 2012). In de periode 2006-2011 is er een afname te zien in totaal stikstof vanaf de vloeienvijvers: zie figuur 2.9. Voor stikstof ligt het verwijderingsrendement dus hoger bij het lage debiet (en dus grotere verblijftijden). Ook in absolute stikstofverwijdering in kg/jaar presteert Aqualân iets beter bij het lage debiet.

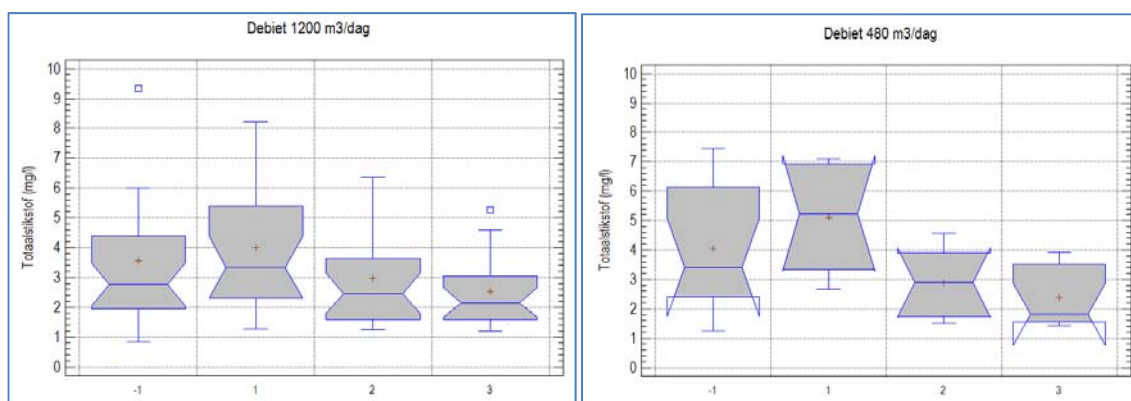
Vanaf 2012 is er ook gestart met het meten aan ammonium en nitraat. Ammonium is in hogere concentraties een toxische stof voor veel soorten macrofauna en vis. Duidelijk is dat het ammoniumgehalte hoog is in het effluent en dan via de vloeiensloten en rietfilters steeds verder afneemt. Ammonium wordt via nitrificatie omgezet in nitraat, waardoor het nitraatgehalte in het systeem wat stijgt.

Tabel 3.1: zuiveringsrendement en verwijdering stikstof door Aqualân; gebaseerd op mediane waarden voor de meetperiode april – november 2007-2013

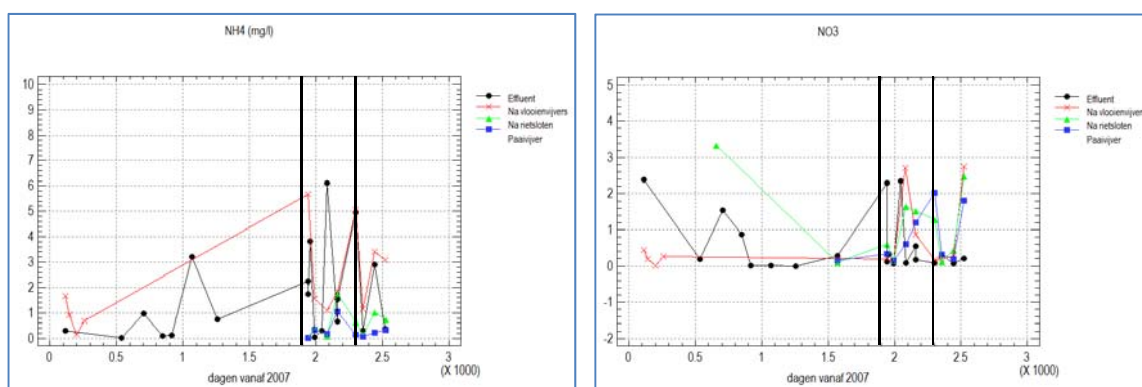
Debiet m3/dag	N- toevoer (nabesin k-tank) mediaan mg/l	N-afvoer (in paaihabitat) mediaan mg/l	N-verwijdering		N-vracht		N-Verwijdering	
			Mediaan (mg/l)	Rende- ment (%)	Mediaan g/dag	Mediaan Kg/ha.jaar	(g/dag)	(kg N/ ha.jaar)
2007 – 2011: 1200	2.60	2.20	0.40	15%	3120	1419	480	218
2012 – 2013: 480	2.90	1.80	1.10	38%	1392	633	528	240

De verlaging van het debiet en de verhoging van het waterpeil in 2012 en 2013 hebben dus een beperkt effect gehad op de verwijderde hoeveelheid stikstof maar wel een positief effect op het zuiveringsrendement van de N-totaal concentratie. De geloosde concentraties op Het paaihabitat zijn bij het hoge en lage effluent ongeveer gelijk. Een opmerking hierbij is dat het effluent in 2012-2013 (mediaan N: 3.7 mg/l) 25% meer nutriënten bevatte dan het effluent in de periode 2006-2011 (mediaan N: 2.6 mg/l).

Eerder zijn voor Aqualân zuiveringsrendementen van 26% en 20% voor stikstof en van 26% en 38% voor fosfor gerapporteerd (Van der Boomen en Kampf 2012; Van der Boomen en Kampf 2013). Een stage-onderzoek aan de verdubbeling van de belasting van de rietsloten (waardoor de verblijftijd werd verkort tot 1 dag) liet zien dat dit geen groot effect heeft op de zuiveringsrendementen (Limareva 2009).



Figuur 2.9: Verandering van de hoeveelheid totaal stikstof (mg/l) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou bij een hoog debiet (links 2006-2011) en bij een laag debiet (rechts 2012-2013)



Figuur 2.10: verloop ammonium (links mg/l) en nitraat (rechts mg/l) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013.

Ook voor totaal-fosfaat wordt een duidelijke afname gemeten van het behandelde effluent door de Waterharmonica heen, hoewel deze trend (door de keuze van de periode) minder duidelijk is dan de figuren gepresenteerd in Van der Boomen *et al* 2012: zie figuren 2.11 en 2.12. Net zoals stikstof, is ook voor fosfor het effluent en het water in de vlooienvijvers voedselrijker. Ondanks deze hogere P-gehalten in het water van de vlooienvijvers in 2012-2013 is dit gehalte na het rietfilter weer gelijk aan totaal-P van 2006-2011. Dit komt mede doordat er voor 2006-2011 meer meetgegevens zijn. De uitschieters voor P-totaal in het effluent in 2006-2011 zijn wel hoger dan wat is gemeten in 2012-2013.

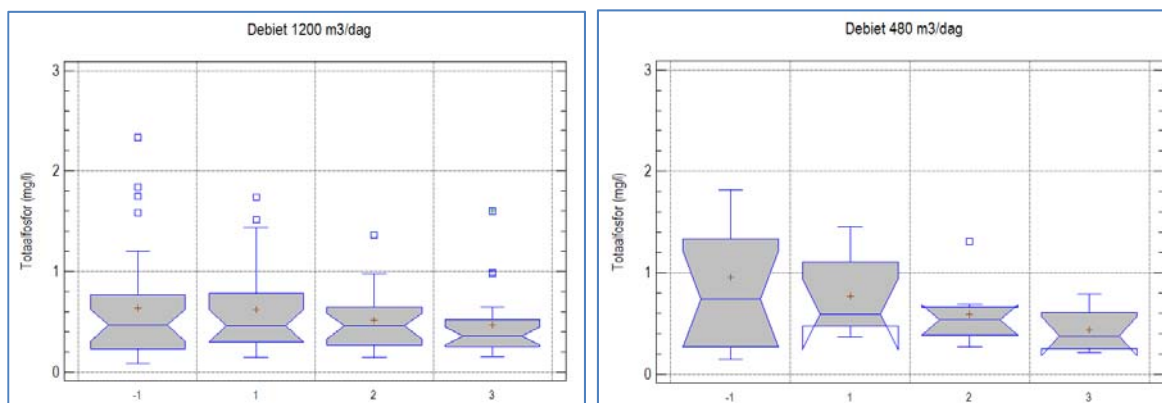
Ook voor fosfor ligt het verwijderingsrendement voor Aqualân hoger bij het lage debiet. Voor de totale fosfor-verwijdering (kg/jaar) functioneert Aqualân wel beter bij het hoge debiet (74 kg/jaar) dan het lage debiet (60 kg/jaar). Een opmerking hierbij is dat het effluent in 2012-2013 (mediaan P: 0,65 mg/l) 45% meer nutriënten bevatte dan het effluent in de periode 2006-2011 (mediaan P: 0,44 mg/l).

De afname van totaal-P (zuiveringsrendement) van de rietvelden is bij de lage debiet daarmee hoger dan bij de hoge debiet. Evenals voor stikstof geldt dat ook de opname-capaciteit voor fosfaat blijkaar gelimiteerd wordt door de aanwezige hoeveelheid riet. Evenals voor stikstof is het totale rendement voor P-totaal van geheel Aqualân (na passage van rietveld en paaihabitat) bij het lage debiet hoger dan bij het hoge debiet.

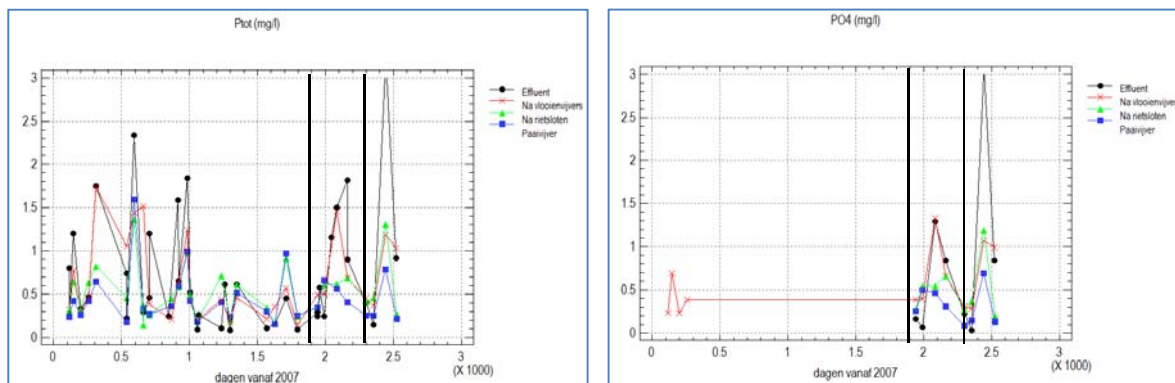
Tabel 3.2: zuiveringsrendement en verwijdering fosfor door Aqualân; gebaseerd op mediane waarden voor de meetperiode april – november

Debiet m3/dag	P-toevoer (nabezink- tank) mediaan mg/l	P-afvoer (in paaihabitat) mediaan mg/l	P-verwijdering		P-vracht		P-Verwijdering	
			Mediaan (mg/l)	Rende- ment (%)	Mediaan g/dag	Mediaan Kg/ha.jaar	(g/dag)	(kg N/ ha.jaar)
2007 – 2011: 1200	0.44	0.30	0.14	31%	522	237	162	74
2012 – 2013: 480	0.65	0.38	0.28	42%	312	142	132	60

De verlaging van het debiet en de verhoging van het waterpeil in 2012 en 2013 hebben evenals bij stikstof dus beperkt invloed gehad op de totale verwijderde hoeveelheid (kg/jaar) maar wel op het zuiveringsrendement van P-totaal van het water (31% om 42%). De geloosde P-totaalconcentraties op Het paaihabitat zijn bij het hoge en lage effluent ongeveer gelijk.



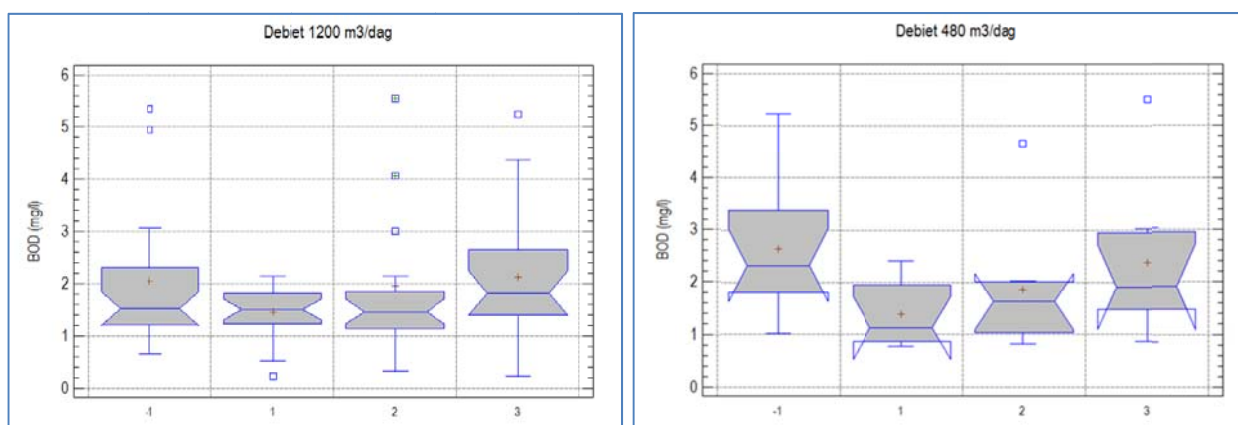
Figuur 2.11: Verandering van de hoeveelheid totaal fosfor in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou bij een hoog debiet (links 2006-2011) en bij een laag debiet (rechts 2012-2013)



Figuur 2.12: verloop totaal-P (links) en ortho-fosfaat (rechts) in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013

2.5 Biochemisch zuurstofverbruik en zuurstof

De parameter biochemisch zuurstofverbruik (BZV) is een indicator die aangeeft hoeveel potentieel voor zuurstofconsumptie in het water aanwezig is. Een hoog BZV kan leiden tot zuurstofafname of zelfs zuurstofloosheid van het water. Net zoals bij de nutriënten is ook in 2012-2013 het BZV gehalte van het effluent hoger dan in periode ervoor: zie figuur 2.13. De Waterharmonica zorgt voor een afname van het BZV. Bij het lage debiet is het BZV-gehalte na de rietvijvers toegenomen ten opzichte van de vlooienvijvers.



Figuur 2.13: Verandering van de hoeveelheid BZV in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou bij een hoog debiet (links 2006-2011) en bij een laag debiet (rechts 2012-2013)

De zuurstofhuishouding van het oppervlaktewater wordt door vele componenten en processen bepaald. Door de lozing van stoffen die bij een omzetting zuurstof vragen (zoals BZV en NH_4) neemt het zuurstofgehalte af, bij lagere watertemperaturen kan er juist weer meer zuurstof oplossen in het water. Als gevolg van de dag-nachtritmiek (fotosynthese) is het zuurstofgehalte sterk afhankelijk van het tijdstip van meting.

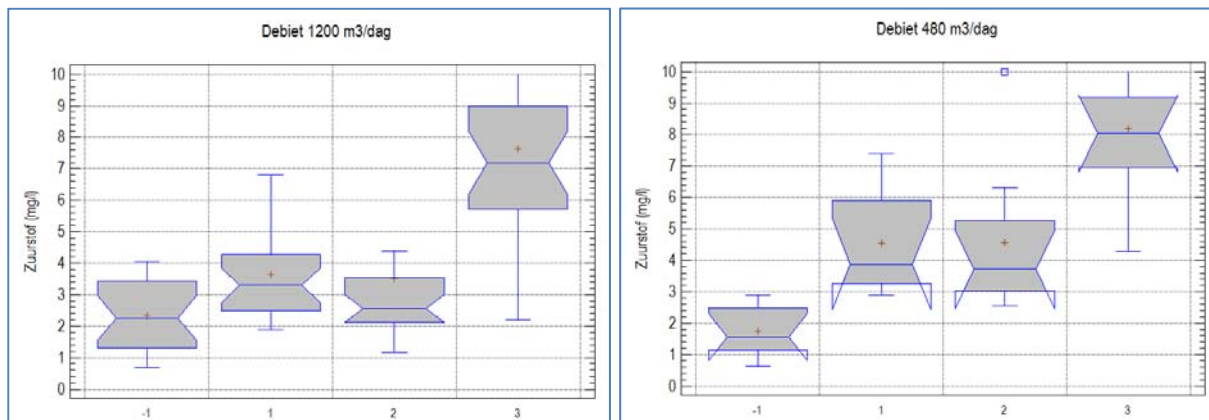
Het zuurstofgehalte in Het paaihabitat is een stuk beter (8,6 mg/l) is dan in de vlooienvijvers en rietvelden (4,5 tot 5,1 mg/l). Met het verlagen van het debiet in 2012 zijn ook de zuurstofdips in Het paaihabitat verdwenen. Waar in 2006-2011 nog wel eens zuurstofconcentraties van ca. 2 mg/l in Het paaihabitat zijn gemeten, komen deze in 2012-2013 niet meer voor. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de beperkte afvoer van de rietvelden naar Het paaihabitat in de zomer. Ook zijn de zuurstofgehalten in de vlooienvijvers en de rietvelden na de aanpassingen in debiet en waterstand wat hoger dan bij het hoge debiet. Door de langere verblijftijd krijgt de diffusie en lokale zuurstofproductie door de waterplanten meer tijd om zuurstof toe te voegen aan het water.

Een aandachtspunt is wel de sliblaag die aanwezig is in de vlooienvijvers. Onder warme omstandigheden kan de sliblaag anaeroob worden, wat mogelijk leidt tot het vrijkomen van fosfor uit de waterbodem (Limareva 2009).

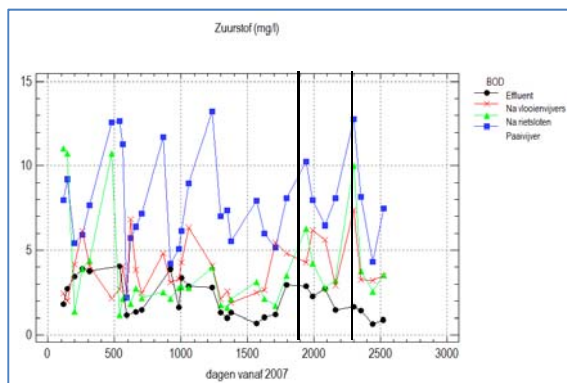
Het effluent heeft zeer lage zuurstofgehalten zoals figuur 2.14 aantoont. Met het verblijf in het Waterharmonica systeem neemt het zuurstofgehalte toe. Deze toename is in Het paaihabitat bij het hoge debiet (ca 5 mg/l) groter dan bij het lage debiet (4 mg/l).

Dat komt waarschijnlijk doordat de verversing grotendeels ontbrak door de lage afvoer uit het rietfilter in de zomer van 2012 en 2013.

De verlaging van het debiet en de verhoging van het waterpeil in 2012 en 2013 hebben voor de vlooienvijver en rietfilter wel een positieve invloed gehad op de toename van het zuurstofgehalte van het water (zie figuur 2.14).



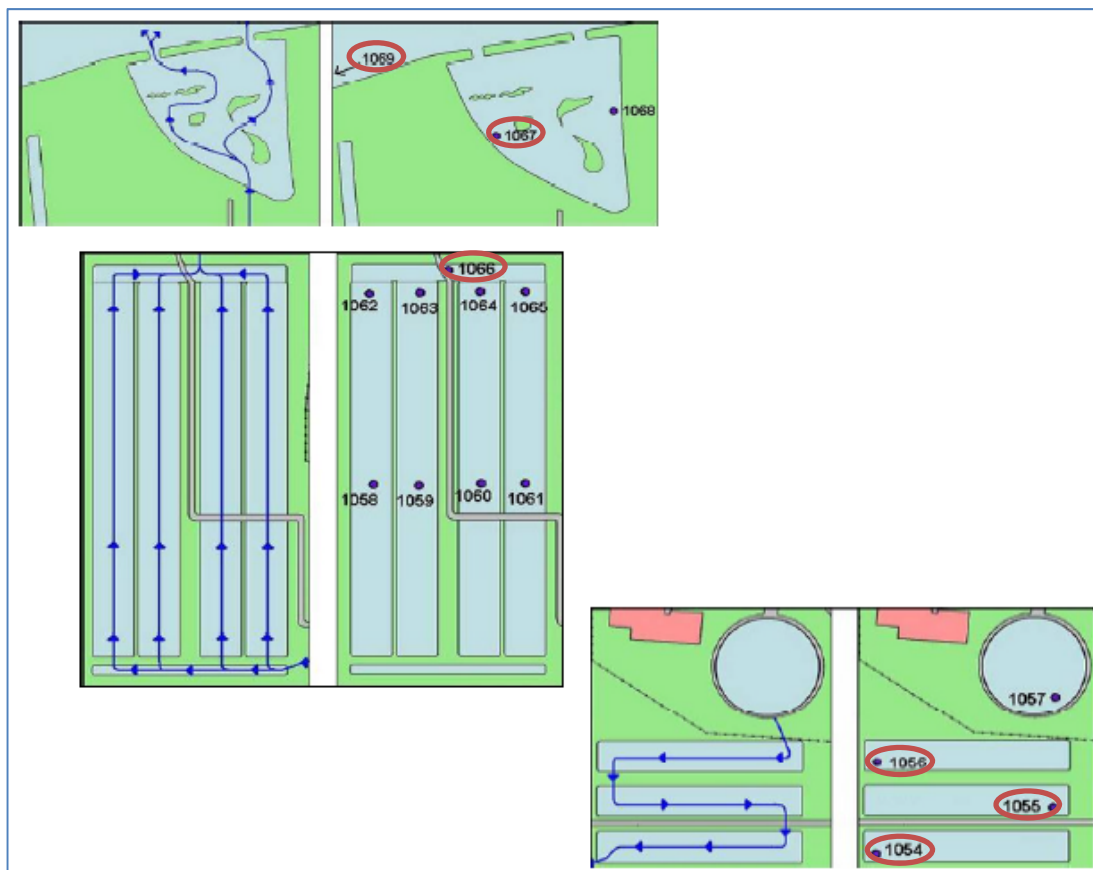
Figuur 2.14: Verandering van de hoeveelheid zuurstof in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou bij een hoog debiet (links 2006-2011) en bij een laag debiet (rechts 2012-2013)



Figuur 2.15: Verloop zuurstof in de verschillende compartimenten in Aqualân Grou in de periode 2007-2013

3 BIOLOGIE 2012-2013

In het voorjaar van 2012 is op 6 meetpunten een bemonstering van de macrofauna uitgevoerd (zie figuur 3.1). Omdat er maar één bemonstering beschikbaar is voor macrofauna is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de gevolgen van de debietverandering op de levensgemeenschap van de macrofauna.



Figuur 3.1: overzicht meetpunten bemonstering macrofauna 2012 (figuur: Van der Boomen *et al* 2012)

3.1 Macrofauna

In 2012 is er een macrofaunabemonstering uitgevoerd door het laboratorium van Wetterskip Fryslân. De bemonstering is uitgevoerd conform het handboek hydrobiologie met het standaard macrofaunanet. Bij deze multihabitatbemonstering is op alle punten een monster genomen van vier meter oever en één meter bodem.

Voor de macrofauna-monsters uit 2012 is een beoordeling uitgevoerd op basis van de KRW-maatlat (Evers *et al* 2012). De Kromme Grouw maakt deel uit van het KRW-waterlichaam "Friese boezem - grote ondiepe kanalen" (NL02L9a). Dit waterlichaam heeft als KRW-type M6b (Grote ondiepe kanalen met scheepvaart). Omdat Aqualân Grou zelf niet de kenmerken heeft van een breed kanaal maar veel meer van een vaart is voor de vergelijking de beoordeling ook uitgevoerd op basis van het type M1a (zoete, gebufferde sloten). Een opmerking hierbij is wel dat de KRW-systematiek niet ontwikkeld is om een oordeel te vellen over de kwaliteit van de macrofauna-gemeenschap in een waterharmonica-systeem.

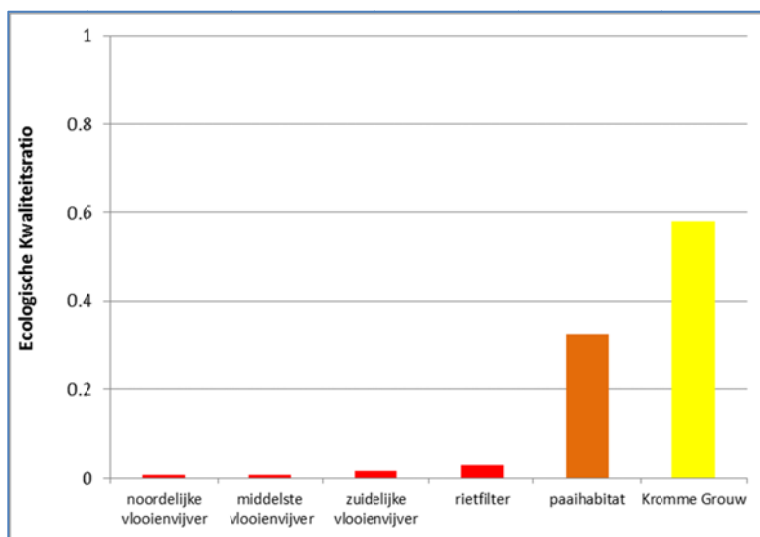
Door de inrichting van de zuiveringsstappen (vlooienvijvers en verzamelsloot na rietfilter) geven deze macrofauna-meetpunten alleen een beeld van de submerse zone van een dergelijk watersysteem. De emergente en oevervegetatie en de bijbehorende macrofauna-soorten zullen op deze meetpunten ontbreken. Wel geven de KRW-maatlatten een beeld van de gevonden taxa en of deze positief dan wel negatief bijdragen aan de kwaliteit van het watersysteem.

De KRW-maatlat voor sloten en kanalen kijkt voor macrofauna naar twee parameters:

- aandeel van dominant negatieve soorten t.o.v. alle individuen macrofauna;
- aantal positieve taxa.

Tabel 3.1: oordelen macrofauna bemonstering 2012

meetpunt	beoordeeld als type	Macrofauna egr	Beoordeling	negatief dominanten % abund.	positieve taxa aantal
1056	M1A	0.008	Slecht	37.03	1
1055	M1A	0.008	Slecht	31.58	1
1054	M1A	0.016	Slecht	28.85	2
1066	M1A	0.031	Slecht	31.25	4
1067	M6B	0.325	Ontoereikend	12.73	9
1069	M6B	0.58	Matig	7.14	22



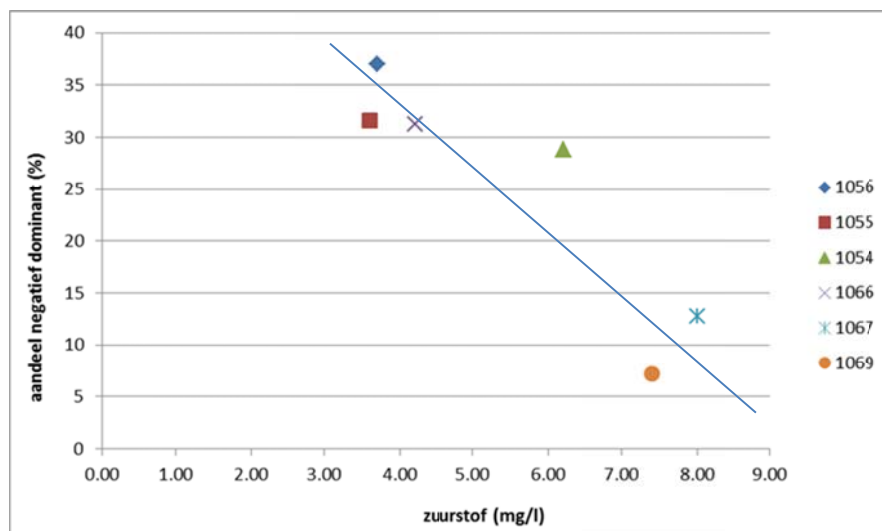
figuur 3.2: KRW-beoordeling macrofauna compartimenten Aqualân

Het KRW-oordeel voor de vlooiensloten is slecht (tabel 3.1). Dit is niet verwonderlijk aangezien:

- er aanvoer van zuurstofarm water uit zuivering is;
- er belast is met pieken qua zwevend stof, zuurstofvraag en nutriënten (vangt eerste klap op; zie Van der Boomen *et al* 2012);
- er sprake is van een onnatuurlijke inrichting;
- er zijn veel 10-doornige stekelbaars aanwezig (Claassen & Koopmans 2012). Deze soort vis predeert op zoöplankton en macrofauna, waardoor er naast predatie op de watervlooiën mogelijk ook een grote predatiedruk is op de macrofauna.

Het KRW-oordeel voor macrofauna na Het paaihabitat (EKR 0,32) is een stuk beter dan het oordeel voor de rest van Aqualân (gemiddeld 0,02).

In figuur 3.3 is te zien dat het aandeel van de negatief dominante taxa in de vlooiensloten langzaam afneemt. Daarbij is er een duidelijk beeld met lage zuurstofgehalten in de vlooiensloten enerzijds en het grote aandeel negatief dominanten op deze meetpunten anderzijds.



Figuur 3.3: aandeel (%) dominant negatieve soorten macrofauna (14-05-2012) vs zuurstofgehalten (14-06-2012)

Bij de uitlaat van de rietvelden is de macrofauna gemeenschap niet veel beter dan in de vlooiensloten. Het aandeel (als %) negatief dominante soorten is hier zelfs weer licht toegenomen. Een duidelijke verbetering van de macrofauna gemeenschap treedt op in Het paaihabitat. Dit heeft mede te maken aan de inrichting, maar zal ook te danken zijn aan een verbetering van de waterkwaliteit en het afvlakken van de piekbelasting door het Waterharmonica systeem. In de verzamelsloot na de riet velden was in de zomer van 2012 sprake van een krooslaag. Mogelijk dat deze ook ten tijde van de macrofauna-bemonstering aanwezig was, maar dit is niet te achterhalen uit de vegetatie-opnamen. De aanwezigheid van een kroosdek op meetpunt 1066 zou wel mogelijk het grote aandeel negatief dominante soorten kunnen verklaren.

De macrofaunagemeenschap op het meetpunt in de Kromme Grouw zelf is vervolgens nog een stuk beter dan in Het paaihabitat. Het aantal positieve taxa is groter, het aandeel negatief dominante soorten is lager. Op dit meetpunt wordt zelfs bijna voldaan aan de KRW-doelstelling voor het waterlichaam Friese boezem (0,60 EKR).

Negatief dominante soorten

Negatief dominante soorten zijn voor de KRW-maatlat soorten die bij dominant voorkomen een slechte ecologische toestand indiceren. Hieronder staan de negatief dominante soorten die in Aqualân zijn aangetroffen kort beschreven.

Tubificidae komen op alle meetpunten voor. Dit zijn zogenaamde slingerwormen die in de modder leven. Net als de *Chironomus* bezitten de *Tubificidae* hemoglobine waardoor in staat zijn om in zuurstofarme omstandigheden overleven.

Chironomus is een verzamelnaam voor diverse soorten dansmuggen. De larven daarvan zijn de rode muggenlarven. Die naam danken ze aan de grote hoeveelheid hemoglobine, wat ze hun kenmerkende rode kleur geeft en wat er ook voor zorgt dat de dieren goed kunnen overleven in een sliblaag met onder zuurstofarme omstandigheden. De rode muggenlarven zijn een typische groep die wordt gebruikt als indicator voor waterverontreinigingen en zijn een belangrijke schakel in de trofische keten. De soort is niet gevonden in de Kromme Grouw. Na de *Tubificidae* is de *Chironomus* het meest aangetroffen taxon en komen ze voor op alle bemonsterde meetpunten.

Sigara striata is een duikerwants die alleen is gevonden in de laatste vlooienvijver. Deze soort is tolerant ten opzichte van waterverontreiniging, met name lage zuurstofgehalten, omdat ze in staat zijn om zuurstof uit de lucht in te ademen en niet van opgelost zuurstof in water afhankelijk zijn.

Radix balthica is de ovale poelslak en is alleen in de laatste vlooienvijver gevonden. Deze soort heeft een hele brede ecologische range qua waterkwaliteit en substraat

Erpobdella octoculata is de achttogige bloedzuiger. Deze soort is een predator die leeft van kleine ongewervelden (zoals rode muggenlarven). Deze soort is alleen gevonden in de verzamelsloot van het rietfilter en in Het paaihabitat (hele lage dichtheden).

Asellus aquaticus is de waterpissebed en leeft organisch materiaal op de bodem van het water en is een typische afvaleter die in grote hoeveelheden kan voorkomen. De waterpissebed behoort tot de functionele groep van de “knippers” en heeft dus bv afgestorven plantendelen nodig om te eten. De waterpissebed is alleen gevonden in Het paaihabitat en Kromme Grouw.

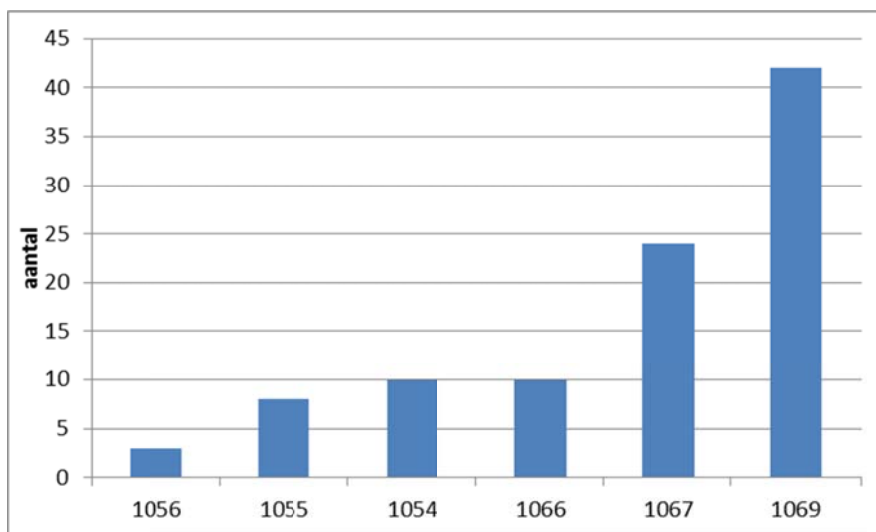
Positieve soorten

Positieve soorten komen voornamelijk onder goede omstandigheden veel voor en de soortenrijkdom is dan hoog. Positieve soorten zijn niet als kenmerkend voor een bepaald type te beschouwen (een soort die positief is voor M1A is ook positief voor M6B).

Positieve soorten in Aqualân Grou zijn aangetroffen zijn:

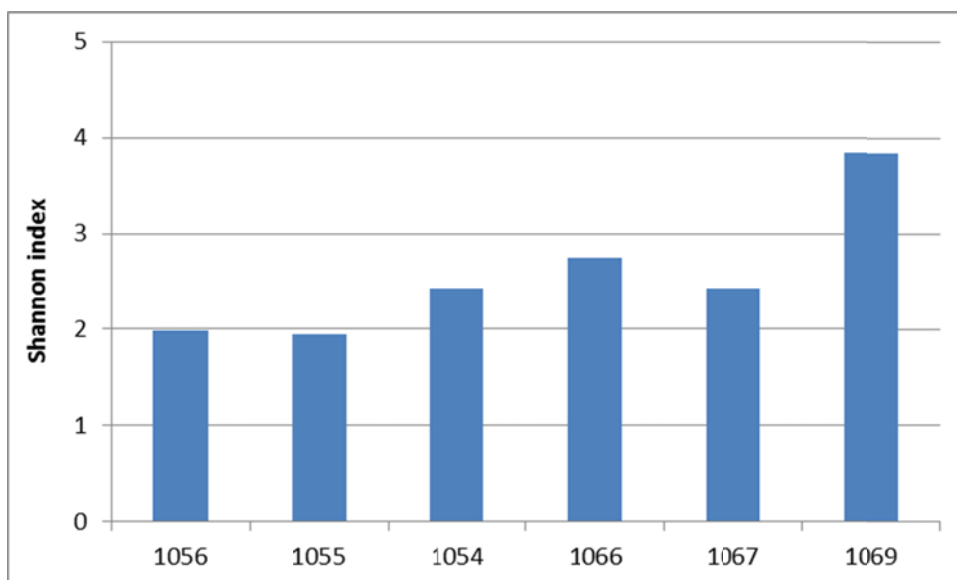
- *Stylaria lacustris* (waterdraakje, plantminnende soort. Gevonden in 1^e vlooienvijver en Het paaihabitat)
- *Musculium lacustre* (moerashoornschaal, schelpdier, in de laatste twee vlooienvijvers en in Het paaihabitat)
- *Hippeutis complanatus* (soort schijfhoorn slakje, na de rietvelden en in Het paaihabitat)
- *Dugesia lugubris* (soort platworm, na de rietvelden en in Het paaihabitat)
- *Caenis robusta* (een haft, na de rietvelden)

Met het verloop van het effluent door Aqualân neemt het aantal soorten toe, zie figuur 3.4. De vlooienvijvers zijn relatief soortenarm en daarbij zijn het ook nog negatief indicerende soorten (zie paragraaf 4.1).



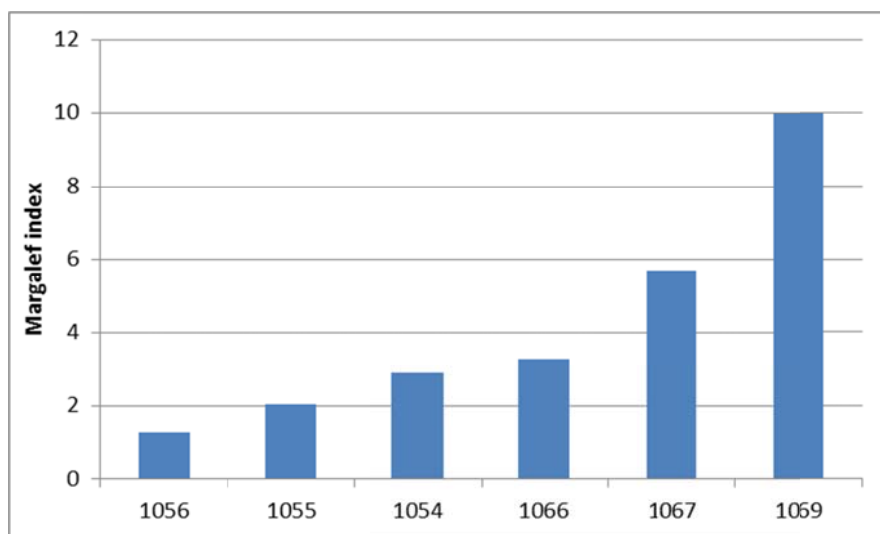
Figuur 3.4: aantal macrofauna taxa per meetpunt (voorjaar 2012)

De Shannon-index (ook bekend als de Shannon-Wiener Index of de Shannon-Weaver Index) wordt gebruikt om de diversiteit van macrofauna soorten te bepalen (figuur 3.5). De index loopt van een lage biodiversiteit (1,5) tot een hoge biodiversiteit (>3,5). De index leidt tot de hoogste waarden als er veel soorten zijn, maar waarbij de aantallen per soort ongeveer gelijk zijn. Als er veel soorten zijn, waarbij er één soort heel dominant is en de andere soorten maar worden vertegenwoordigd door enkele individuen resulteert dat toch in een lage score op de Shannon index. De Kromme Grouw heeft de hoogste diversiteit. De overige meetpunten ontlopen elkaar niet veel en laten een matige diversiteit zien.



Figuur 3.5: Shannon index voor macrofauna per meetpunt (voorjaar 2012)

Ook de Margalef index kan worden gebruikt om de soortendiversiteit te bepalen (zie figuur 3.6). Des te hoger de indexwaarde, des te groter de diversiteit. Met verloop door Aqualân neemt de diversiteit aan macrofauna dus toe. Gelet op de uitkomsten van de Shannon-index komt dit wel door een aantal soorten welke maar met een beperkt aantal individuen zijn bemonsterd.



Figuur 3.6: Margalef index voor macrofauna per meetpunt (voorjaar 2012)

Bij de beoordeling volgens de K135-systematiek worden vijf klassen macrofauna onderscheiden waarbij soorten worden gerangschikt van vies naar schoon water (Mollier Pillot 1971):

- *Eristalis* groep (sterk verontreinigd)
- *Chironomus* groep (matig-sterk verontreinigd)
- *Hirudinea* groep (matig verontreinigd)
- *Gammarus* groep (licht verontreinigd)
- *Calopteryx* groep (niet of nauwelijks verontreinigd)

De gevonden soorten macrofauna zijn opgenomen in bijlage 1, gecategoriseerd volgens bovenstaand systeem. Hierbij zijn de soorten die niet volgens het systeem zijn toegekend samen gevoegd met de middelste klasse. De meest voorkomende klasse in Aqualân is klasse 3 (inclusief restgroep die niet zijn toegekend).

Tabel 3.2: macrofauna-aantallen per Moller Pillot klasse

Groep	Mp 1054	Mp1055	Mp1056	Mp1066	Mp1067	Mp1069
Chironomus	225	492	219	60	1703	72
Hirudinea + restgroep	457	101	356	35	1486	397
Gammarus	7	1	1	1	71	75
Totaal aantal individuen	689	594	576	96	3260	544

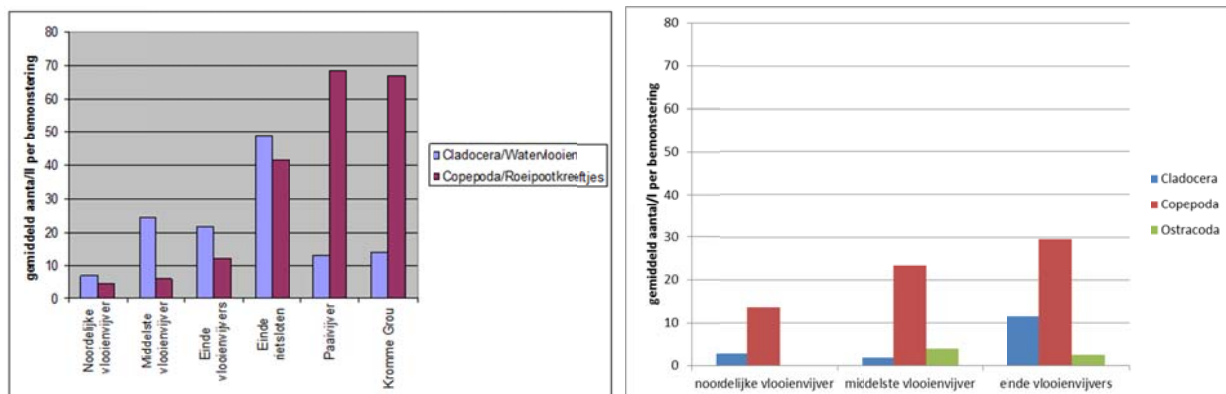
3.2 Zoöplankton

Net als in de voorgaande jaren is in 2012 en 2013 is ook het zoöplankton bemonsterd. Het zoöplankton is drie keer bemonsterd in 2012 en drie keer in 2013. Bemonsteringen hebben alleen plaatsgevonden in de vlooienvijvers, zie figuren 3.7 en 3.8. Nieuw ten opzichte van 2006-2011 met *Daphnia* en *Copepoda* is de vondst van *Ostracoda*, mosselkreeftjes in het zoöplankton. Opvallend is dat in de periode 2006-2011 de watervlooien in de vlooienvijvers dominant waren in de monsters en dat in de periode 2012-2013 de roeipootkreeftjes die rol hebben overgenomen. Opvallend is dat in 2013 veel meer zoöplankton is gevonden dan in 2012.

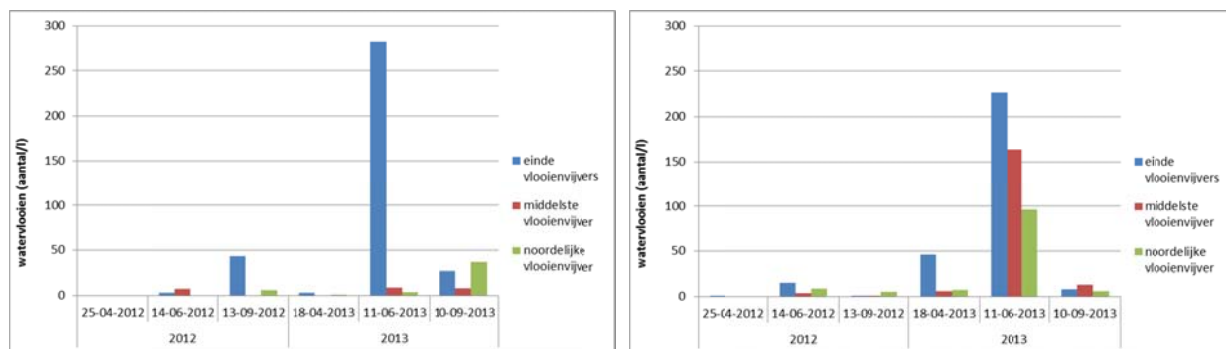
De reden hiervoor is niet duidelijk, maar zou te maken kunnen hebben met de waterstanden (grotere waterkolom, hogere temperatuur, het uitzetten van de snoeken die de stekelbaarsjes opeten. De gemiddelde hoeveelheid zoöplankton in de vlooienvijvers gevangen bij de bemonstering in de vlooienvijvers in 2007-2011 en 2012-2013 is ongeveer gelijk.

Het was al duidelijk dat de watervlooien in de vlooienvijvers zich slecht ontwikkelden. De oorzaak hiervoor wordt door Wetterskip Fryslân mede gezocht in de aanwezigheid van vis (tiendoornige stekelbaars), maar ook voor de aanwezigheid van de tiendoornige stekelbaars waren er al weinig watervlooien. Omdat het wegvangen van de vis onvoldoende soelaas bood, zijn in het voorjaar 2012 bij wijze van experiment zeven snoekjes in de watervlooienvijvers losgelaten. Daarna is een sterke afname gezien van stekelbaarsjes (Claassen en Koopmans, 2012), maar dit bleek slechts om een tijdelijke afname te gaan. De visstandbemonstering in 2013 liet zien dat de stekelbaarsjes weer in grote aantallen aanwezig waren (Koopmans 2013).

Daarnaast is vanaf voorjaar 2012 het waterpeil verhoogd en daarmee de externe belasting verminderd. Dit zou een reden kunnen zijn voor de toename van de hoeveelheid zoöplankton in 2013 ten opzichte van 2012. Mogelijk dat ook temperatuur (strengere winter in 2012) een rol heeft gespeeld.



Figuur 3.8 Gemiddeld aantal zoöplankton (per liter) in de verschillende compartimenten van Aqualân Grou in de periode 2007-2011 (links) en 2012-2013 (rechts)



Figuur 3.9: Verloop van de hoeveelheden watervlooien (links) en roeipootkreeftjes (rechts) per liter op de drie vlooienvijvers over de periode 2012-2013

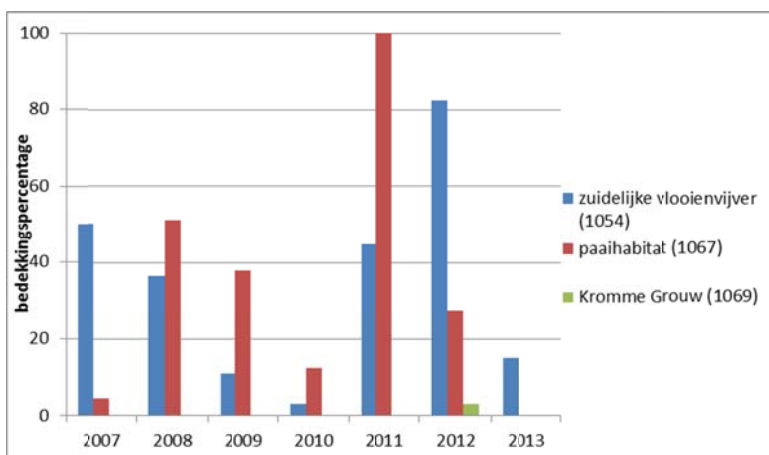
Tevens is door het waterschap onderzoek verricht naar de grootte klassen van *Daphnia* ssp. In onderstaande tabel zijn de gemiddelde aantallen per berekende grootteklasse in de bemonsteringen weergegeven. Opvallend is het bijna geheel ontbreken van de *Daphnia*'s in de middelste vlooienvijver, terwijl daar in 2007-2011 de meeste *Daphnia*'s zijn gevonden.

Tabel 3.5: Berekend gemiddeld aantal *Daphnia* spp per liter met onderscheid naar de grootte.

Daphnia spp	Noordelijke vlooienvijver		Middelste vlooienvijver		Einde vlooienvijvers	
	2007-2011	2012-2013	2007-2011	2012-2013	2007-2011	2012-2013
<0,7 mm	3	2	10	1.5	10	1.5
0,7-1 mm	3	3.5	6	1	15	1
1-1,3 mm	2	4	4		4	1.5
1,3-1,6 mm	2	1	19		1	1
1,6- 2 mm	2	1	35		2	1.5
>2mm	2	1	80		1	1

3.3 Waterplanten

In de jaren 2007 t/m 2013 zijn vegetatieopnamen gemaakt van Aqualân. Bij deze opnamen zijn in Aqualân in totaal 84 plantensoorten onderscheiden, verdeeld over de groepen emers, drijvend, submers en oever. De meest voorkomende soorten in 2012 en 2013 in het paaihabitat zijn riet (*Phragmites australis*), bultkroos (*Lemna gibba*) en sterrenkroos (*Callitriche*).



figuur 3.10: totale bedekking (%) met vegetatie. Rietsloten vanwege hoge bedekking (80-100%) niet in figuur opgenomen



figuur 3.11: de rietsloten na de strenge winter van 2012 (februari 2012) staan in de zomer weer vol met riet (juni 2012)

3.4 Vissen

In Het paaihabitat is in 2012 en 2013 een bemonstering uitgevoerd. In 2013 zijn 10 soorten zijn aangetroffen. Hierbij zijn 198 exemplaren waarvan 74% tot de jaarklasse 0+ (broed) behoort. De bestandschatting (kg/ha) van Het paaihabitat wordt gedomineerd door Snoek. Deze soort heeft een voorkeur aan het type biotoop wat voorhanden is in Het paaihabitat. Andere soorten die het relatief gezien goed doen zijn Paling, Baars en Ruisvoorn.

In 2012 is er sprake van een sterke afname van broed (0+). Mogelijk hangt dit verloop samen met een aanzienlijke predatiedruk door snoek (in 2012 acht exemplaren). Daarnaast kunnen ook andere factoren van invloed zijn op de ontwikkeling van het broed. Het gaat hierbij om watertemperatuur tijdens paaiperiode, kannibalisme (speelt vooral bij Baars een rol) en predatie van eieren. Daarnaast is in 2012 en 2013 het debiet teruggebracht van 50 m³/u naar 20 m³/u. Hierdoor heeft het water een langere verblijftijd in Het paaihabitat. Deze veranderde situatie is waarschijnlijk ook van invloed op de ontwikkeling van de visstand.

4 CONCLUSIES

Wat betreft de macrofauna-gemeenschap vormt Aqualân een goede overgang van het effluent naar het water in de Kromme Grouw. Na elke stap in het zuiveringsproces nemen de diversiteit en aantal soorten toe en neemt het aandeel voor vies water indicerende soorten af.

De veranderingen in waterstand en debiet hebben voor zoöplankton niet geleid tot de gewenste verbeteringen ten opzichte van 2006-2011. De paaivijvers en de rietsloten vertonen bij een hoger debiet minder kroosontwikkeling en vorming van bacterievlokken, terwijl bovendien de hoeveelheid nabehandeld effluent en daarmee de verwijderde nutriëntenvrucht toeneemt. Voor de chemie zijn er voor de ondersteunende parameters, zwevend stof en pathogenen kleine verschillen tussen de werking van dit Waterharmonica systeem bij hoge en lage debiet.

Voor de nutriënten neemt het zuiveringsrendement van Aqualân wel toe bij lage debieten, maar dit beeld wordt wel iets vertekenend doordat in de jaren met verlaagd debiet het effluent ook hogere concentraties nutriënten en BZV had. Qua totale verwijdering van stikstof (in kg/ha/jaar) presteert Aqualân wat beter bij een hoog debiet. De totale verwijdering van fosfor (kg/jaar) is bij het hoge debiet 23% hoger dan bij het lage debiet. Daarnaast is vastgesteld dat het lage debiet zorgt voor een toename van het zuurstofgehalte van het met Aqualân behandelde water in de vlooienvijver en rietfilters, maar dat het zuurstofgehalte in Het paaihabitat in de zomer dan wel weer wat lager is. Dat komt waarschijnlijk omdat er heel veel water in de rietvelden verdampt waardoor er nog maar sprake is van een kleine afvoer vanuit het rietfilter naar Het paaihabitat.

Kortom: voor de zoöplankton heeft een verlaging van debiet en verhoging van de waterstand niet het beoogde effect gehad. Voor het behalen van het zuiveringsrendement is het ook niet nodig om het debiet te verlagen en kan Aqualân net zo goed bij 1200 m³/dag blijven functioneren. Het paaihabitat hebben wel baat bij meer debiet door Aqualân in verband met de doorstroming

5 LITERATUUR

Boomen R.M. van den, Kampf R., Mulling B.T.M. (2012). Waterharmonica, onderzoek naar zwevend stof en pathogenen, deelstudierapporten (rapport nr. 2012_11). STOWA, Amersfoort

Boomen R.M. van den, Kampf R., Claassen T (2012). Waterharmonica Aqualân Grou Vijf jaar monitoring. Witteveen+Bos rapport LW288-9.

Boomen van der, R. M., Kampf, R., , 2013, Waterharmonica's in Nederland 1996-2012: van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater, STOWZA rapport 2013-07

Claassen T., Koopmans M. (2012). Vissen in het zuiveringsmoeras Aqualân Grou. H2O (25/26) pp 46-49

Evers, C.H.M.; R. Knoben & F.C.J. van Herpen (eds.), (2012). Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn water 2015-2021. Stowa rapport 2012-34. (incl. errata)

Koopmans, M. 2013. Vismonitoring Aqualân Grou 2013. A&W-rapport 1942. Altenburg & Wymenga bv. Feanwâlden.

Limareva, A. (2009). The constructed wetland Aqualân and the pilot study on mesocosms at the wastewater treatment plant Grou, Friesland, The Netherlands. Leeuwarden: Van Hall Larenstein / Wetterskip Fryslân.

Moller Pillot H.K.M. (1971). Faunistische beoordeling van de verontreiniging van laaglandbeken. Academisch proefschrift, Nijmegen.

Bijlage 1 Macrofauna

Tabel: resultaten bemonstering macrofauna Aqualân (aantallen)

K135 indeling	Macrofauna	1054	1055	1056	1066	1067	1069
Chironomus	Chironomini	3					1
Chironomus	Chironomus	97	38	28	5	3	
Chironomus	Tubificidae	125	454	191	55	1700	71
Hirudinea + restgroep	Ablabesmyia						1
Hirudinea + restgroep	Ablabesmyia longistyla						1
Hirudinea + restgroep	Acricotopus lucens	3				1	
Hirudinea + restgroep	Acroloxus lacustris						1
Hirudinea + restgroep	Alboglossiphonia heteroclita		1			1	
Hirudinea + restgroep	Alboglossiphonia hyalina					1	
Hirudinea + restgroep	Anisus vortex				2		1
Hirudinea + restgroep	Asellidae				7	28	
Hirudinea + restgroep	Asellus aquaticus					9	13
Hirudinea + restgroep	Bathymophalus contortus						3
Hirudinea + restgroep	Bithynia leachi				6	1	9
Hirudinea + restgroep	Bithynia tentaculata	10	1				3
Hirudinea + restgroep	Ceratopogonidae		1			4	
Hirudinea + restgroep	Chaetogaster			4		56	
Hirudinea + restgroep	Chelicerophium						3
Hirudinea + restgroep	Chelicerophium curvispinum						3
Hirudinea + restgroep	Chelicerophium robustum						1
Hirudinea + restgroep	Cladopelma viridulum gr.						1
Hirudinea + restgroep	Corynoneura						1
Hirudinea + restgroep	Crangonyx pseudogracilis				3	2	
Hirudinea + restgroep	Cricotopus						1
Hirudinea + restgroep	Cricotopus intersectus agg.		2				2
Hirudinea + restgroep	Cricotopus sylvestris gr.	6	3	1		10	25
Hirudinea + restgroep	Dikerogammarus villosus						10
Hirudinea + restgroep	Diptera		3			2	4
Hirudinea + restgroep	Dreissena						1
Hirudinea + restgroep	Dreissena polymorpha						3
Hirudinea + restgroep	Dugesia					1	
Hirudinea + restgroep	Dugesia lugubris				2		
Hirudinea + restgroep	Empididae						1
Hirudinea + restgroep	Erpobdella octoculata				2	1	
Hirudinea + restgroep	Gyraulius albus	1				5	4
Hirudinea + restgroep	Gyraulius crista	1				1	2
Hirudinea + restgroep	Helobdella stagnalis		1			33	
Hirudinea + restgroep	Hippeutis complanatus				4	2	5
Hirudinea + restgroep	Hydrobiidae						13
Hirudinea + restgroep	Hygrotus versicolor					1	
Hirudinea + restgroep	Leptoceridae						1
Hirudinea + restgroep	Limnephilus lunatus						2
Hirudinea + restgroep	Limnesia undulatoides	1					
Hirudinea + restgroep	Limnomysis benedeni						1
Hirudinea + restgroep	Limoniidae		2	1			
Hirudinea + restgroep	Lumbriculidae	8				28	4

K135 indeling	Macrofauna	1054	1055	1056	1066	1067	1069
Hirudinea + restgroep	Metriocnemus	1				4	7
Hirudinea + restgroep	Microchironomus deribae						1
Hirudinea + restgroep	Microtendipes chloris gr.						2
Hirudinea + restgroep	Microvelia reticulata				1		
Hirudinea + restgroep	Musculium lacustre	2	14			1	12
Hirudinea + restgroep	Naididae	41	49	338		362	58
Hirudinea + restgroep	Noterus clavicornis						1
Hirudinea + restgroep	Noterus crassicornis						1
Hirudinea + restgroep	Notonecta				1	3	
Hirudinea + restgroep	Oecetis lacustris						2
Hirudinea + restgroep	Ophidonais serpentina						4
Hirudinea + restgroep	Paratanytarsus	1					
Hirudinea + restgroep	Physa fontinalis					1	1
Hirudinea + restgroep	Piona imminuta					2	
Hirudinea + restgroep	Piscicola geometra						1
Hirudinea + restgroep	Pisidium					2	
Hirudinea + restgroep	Planorbarius corneus				1		
Hirudinea + restgroep	Planorbidae					3	2
Hirudinea + restgroep	Plea minutissima						0
Hirudinea + restgroep	Polycelis					10	
Hirudinea + restgroep	Polypedilum						4
Hirudinea + restgroep	Polypedilum bicrenatum						1
Hirudinea + restgroep	Proasellus					1	
Hirudinea + restgroep	Psectrocladius				1		
Hirudinea + restgroep	Psectrocladius (Allopsectrocladius)					1	
Hirudinea + restgroep	Radix balthica	1					
Hirudinea + restgroep	Ranatra linearis						1
Hirudinea + restgroep	Rhabdocoela					1	
Hirudinea + restgroep	Sphaeriidae	1					6
Hirudinea + restgroep	Stylaria lacustris			9		892	160
Hirudinea + restgroep	Succineidae						1
Hirudinea + restgroep	Tanytus kraatzi					3	
Hirudinea + restgroep	Tanytarsini	1					
Hirudinea + restgroep	Tanytarsus				1	3	
Hirudinea + restgroep	Valvata cristata					1	1
Hirudinea + restgroep	Valvata piscinalis	379	24	3	4	9	11
Gammarus	Anabolia nervosa						1
Gammarus	Caenis					11	
Gammarus	Caenis horaria						10
Gammarus	Caenis robusta				1	50	3
Gammarus	Cloeon dipterum					1	4
Gammarus	Corixidae						2
Gammarus	Cymatia coleoptrata						1
Gammarus	Eylais					1	
Gammarus	Eylais hamata						1
Gammarus	Gammaridae						39
Gammarus	Gammarus					3	

K135 indeling	Macrofauna	1054	1055	1056	1066	1067	1069
Gammarus	Gammarus pulex						1
Gammarus	Limnesia undulata					2	
Gammarus	Micronecta						1
Gammarus	Neumania deltoides		1				
Gammarus	Piona coccinea						1
Gammarus	Piona conglobata					1	
Gammarus	Pionidae	5		1		1	
Gammarus	Procladius					1	11
Gammarus	Sigara striata	2					