



Diatomeeën als indicator voor waterkwaliteit nabij rwzi's?

*Hanneke van Zuilichem (waterschap Aa en Maas), Edwin Peeters (Wageningen Universiteit),
Jako van der Wal (AQUON)*

Waterschap Aa en Maas volgt de fysisch-chemische kwaliteit van het oppervlaktewater nabij rwzi's om de invloed van het rwzi-effluent op die kwaliteit in beeld te krijgen. Het waterschap wil ook de invloed van de rwzi's op de biologische waterkwaliteit weten. Diatomeeën lijken daarvoor geschikte indicatoren te zijn. Een monitoringspilot toont dat de biologische waterkwaliteit op basis van de KRW-maatlat van diatomeeën benedenstrooms van rwzi's een lagere score geeft dan bovenstrooms. Ook worden benedenstrooms significant meer soorten aangetroffen die hogere organische en stikstofbelastingen en een lager zuurstofniveau indiceren. Een uitgebreidere monitoring is nodig om deze bevindingen steviger te onderbouwen.

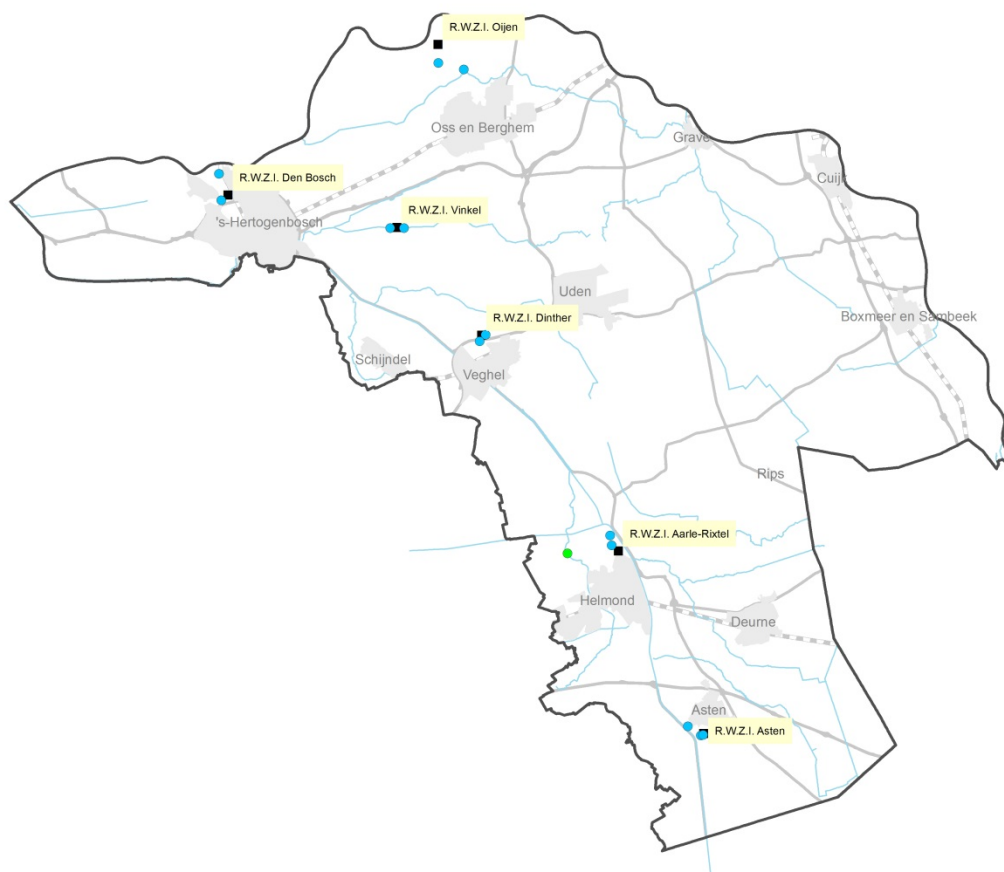
Waterschap Aa en Maas wil graag weten wat de invloed is van het effluent van de rioolwaterzuiveringen (rwzi's) op de oppervlaktewaterkwaliteit. Het waterschap volgt sinds 2008 nauwgezet de fysische en chemische oppervlaktewaterkwaliteit boven- en benedenstrooms van haar zeven rwzi's. Zo blijkt dat met name voor fosfor de bijdrage vanuit de rwzi's aan de kwaliteit van de ontvangende wateren behoorlijk is. Bij vier van de zeven rwzi's resulteert dit in een verslechtering van de waterkwaliteit benedenstrooms van de rwzi met één tot drie KRW-klassen ten opzichte van bovenstrooms.

Fysische en chemische gegevens geven een indruk van de waterkwaliteit op het moment van de bemonstering. Echter, de fysische en chemische samenstelling kan aan sterke variaties onderhevig zijn en daardoor een onvolledige indruk geven van de waterkwaliteit. Planten en dieren integreren effecten van verstoringen en van de omstandigheden over een langere tijdsperiode en kunnen daarom goed gebruikt worden om de kwaliteit in kaart te brengen. Dat is voor het waterschap reden om de invloed van rwzi-effluent op de waterkwaliteit van het ontvangende water ook te willen bepalen op basis van biologische indicatoren. Diatomeeën kunnen hiervoor mogelijk gebruikt worden [1]. Waterschap Aa en Maas heeft een pilot gedaan om te onderzoeken of diatomeeën inderdaad geschikte indicatoren zijn. Dit artikel beschrijft de resultaten van deze pilot.

Pilotstudie

In de pilot zijn zes rwzi's in het beheergebied van Aa en Maas meegenomen (afbeelding 1). De zevende, rwzi Land van Cuijk, is niet meegenomen, omdat er bij deze rwzi geen bovenstroomse waterloop is en er dus geen vergelijking gemaakt kan worden. De capaciteit van de verschillende rwzi's is verschillend, evenals de dimensies van de watergangen waarop het effluent geloosd wordt. Het aandeel water vanuit de rwzi in het totale debiet van de watergang is daarom verschillend en varieert tussen 8 en

80% (tabel 1). De verwachting is dat het effluent van een rwzi, zeker als dat aandeel groot is, een belangrijk stempel kan drukken op de biologische kwaliteit van de ontvangende waterlopen.



Afbeelding 1. Kaart met ligging rwzi's die opgenomen zijn in de pilot en de projectmeetpunten

Zwart = rwzi, blauw = projectmeetpunten nabij rwzi's, groen = referentiemeetpunt in de Goorloop, niet onder invloed van een rwzi

Tabel 1. Procentueel aandeel van het effluent van de rwzi's in het totale debiet van de ontvangende waterloop, gebaseerd op cijfers over de periode 2008-2014

Rwzi	Aarle-Rixtel	Asten	Den Bosch	Dinther	Oijen	Vinkel
Jaargemiddelde	60	30	6	76	55	45
Zomerhalfjaargemiddelde	56	39	8	81	52	49
Winterhalfjaargemiddelde	62	22	3	74	58	35

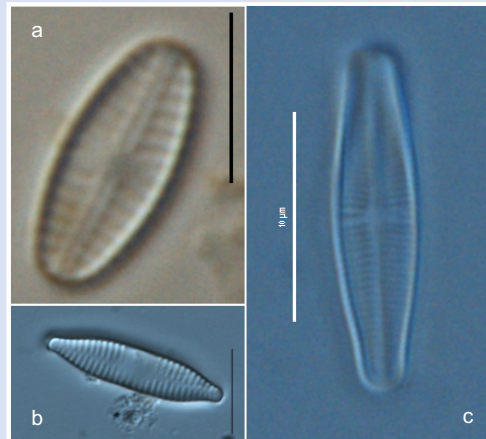
Indicator: diatomeeën

De biologische waterkwaliteit kan aan de hand van verschillende organismen in beeld gebracht worden, zoals vissen, waterplanten, macrofauna, algen of diatomeeën (zie kader). Uit eerder oriënterend onderzoek van STOWA is naar voren gekomen dat macrofauna en fyto-benthos (waaronder diatomeeën) geschikte graadmeters kunnen zijn om de waterkwaliteit nabij

rioolwaterzuiveringen te volgen [1]. In deze pilot is daarom gekozen voor de epifytische diatomeeën. Die reageren namelijk sneller op veranderingen in de waterkwaliteit dan veel soorten macrofauna en vis. Bovendien zijn ze plaatsgebonden en kunnen daardoor goed de verschillen in waterkwaliteit aangeven tussen geografisch dicht bij elkaar liggende locaties.

Wat zijn diatomeeën?

Diatomeeën worden ook wel kiezelwieren genoemd. Het zijn eencellige, microscopisch kleine plantjes. Kiezelwieren hebben enkele bijzondere eigenschappen. Het meest opvallende kenmerk is de bouw van de celwand: die is van silicium (kiezel). Het kiezelskeletje bestaat uit twee schaaltes die als doos en deksel op elkaar passen. De schaaltes kunnen allerlei vormen hebben en op heel verschillende wijze versierd zijn met patronen van lijnen en stippels. Er zijn verschillende soorten diatomeeën. De in dit onderzoek bemonsterde soorten verplaatsen zich niet, ze groeien op planten ('epifytische' diatomeeën). Daarmee zijn ze indicatief voor de milieuomstandigheden op de locatie waar ze gevonden zijn.



Afbeelding: Enkele aangetroffen soorten diatomeeën: a. *Sellaphora saugerresii*, b. *Fragilaria vaucheriae*, c. *Achnanthisidium minutissimum* var *minutissimum*; de maatstreek in de foto's is steeds 10 µm (bron: AQUON)

Monstername

In deze pilot zijn drie momenten in het jaar 2015 gekozen (een dag in april, juni en november) gekozen om de diatomeeën te bemonsteren. Steeds werd één verzamelmonster verzameld boven- en één monster benedenstrooms van de effluentlozing van elke rwzi (tabel 2). Daarbij is de standaardmethode bemonsteren toegepast voor diatomeeën, zoals opgenomen in het Handboek hydrobiologie [2]. Naast de genoemde zes rwzi's is elke meetronde ook een referentiemeetpunt in het beheergebied van het waterschap Aa en Maas bemonsterd. In totaal zijn 42 monsters genomen. De referentie (Goorloop) is gekozen op grond van een vergelijkbare waterkwaliteit ten opzichte van de meeste bovenstrooms van rwzi's gelegen meetpunten. De beek stroomt bovendien net als de waterlopen bij de rwzi's merendeels door landbouwgebied.

De monsters zijn geanalyseerd op de samenstelling van de diatomeeëngemeenschap.

Alle bemonsteringen en determinaties zijn door waterschapslaboratorium AQUON uitgevoerd.

Verwerking van de gegevens

Om te ontdekken of rwzi-effluenten een belangrijke invloed hebben op de samenstelling van de diatomeeëngemeenschappen zijn multivariate analyses uitgevoerd met de diatomeeëngegevens. Deze analyses ordenen de monsters in een 'ordinatiediagram' en geven zo een beeld van de onderlinge samenhang.

Tabel 2. Meetpunten in de pilot Diatomeeën als indicator voor biologische waterkwaliteit nabij rwzi's (X en Y: coördinaten van de monsternamenpunten)

RWZI locatie	Waterloop	Positie meetpunt t.o.v. effluentlozing	Codering	X	Y
Aarle-Rixtel	Aa	Bovenstrooms	AR-bo	173.666	390.944
		Benedenstrooms	AR-be	173.550	391.607
Asten	Voordeldonkse Broekloop	Bovenstrooms	AS-bo	179.843	378.101
	Aa	Bovenstrooms	AS-bo	179.688	378.074
		Benedenstrooms	AS-be	178.803	378.680
Den Bosch	Dieze	Bovenstrooms	DB-bo	147.266	414.305
		Benedenstrooms	DB-be	147.100	416.100
Dinther	Beekgraaf	Bovenstrooms	DI-bo	165.130	405.190
		Benedenstrooms	DI-be	164.725	404.759
Oijen	Teffelense Wetering	Bovenstrooms	OY-bo	161.940	423.597
		Benedenstrooms	OY-be	163.651	423.170
Vinkel	Grote Wetering	Bovenstrooms	VI-bo	159.616	412.419
		Benedenstrooms	VI-be	158.683	412.417
Referentie	Goorloop	n.v.t.	REF	170.664	390.401

Om de uitkomsten te verfijnen zijn er ook analyses uitgevoerd om te achterhalen in welke mate de afzonderlijke fysische en chemische eigenschappen van het oppervlaktewater de soortensamenstelling bepalen. Daartoe zijn de volgende variabelen in de analyses betrokken: geleidings-vermogen, chloride, zuurstof, pH, temperatuur, biologisch zuurstofverbruik, stikstof (NO_x en N_{Kj}), fosfor (PO_4 en totaal-P), aandeel van het rwzi-effluent in het debiet van de waterloop en de maand waarin de meetronde is uitgevoerd.

Op basis van de diatomeeëngegevens zijn per monster de scores voor de ecologische kwaliteitsratio (EKR) [3] en de Van Dam-indices [4] bepaald. De EKR geeft een algemeen kwaliteitsoordeel, terwijl de Van Dam-indices geassocieerd zijn met specifieke omstandigheden die de aangetroffen soorten kenmerken; zo is er een index voor organische stofbelasting, stikstof- en zuurstofniveau. Hoe hoger het getal bij betreffende index des te meer soorten in de gemeenschap aanwezig zijn die kenmerkend zijn voor deze eigenschap. Met de Van Dam-indices is ook een multivariate analyse gedaan. Daarnaast zijn statistische toetsen (gepaarde t-test) uitgevoerd om na te gaan of de EKR-scores en Van Dam-indices significant verschillend zijn voor de boven- en benedenstroomse monsters.

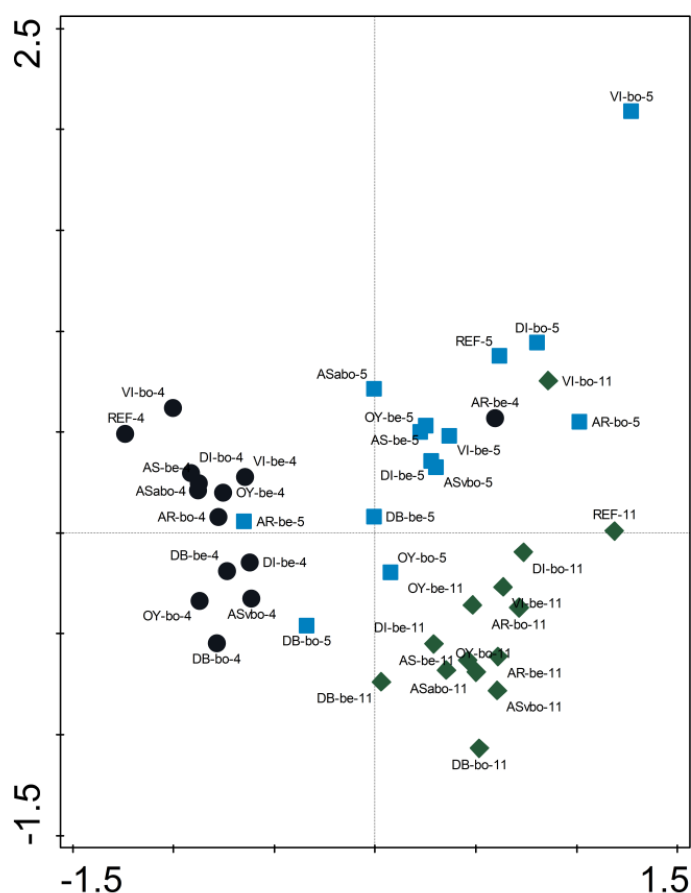
Resultaten

a. Analyse gehele dataset

Afbeelding 2 toont het resultaat van de ordening van de monsters op basis van alleen de diatomeeënsoorten. Deze laat zien dat de monsters uit april (zwarte bolletjes) vooral aan de linkerkant liggen, die uit november (groene ruiten) vooral rechtsonder en die uit mei (blauw vierkant) in het rechter bovenkwadrant en nog wat verspreid naar onderen. De monsters van de verschillende rwzi-locaties liggen nogal door elkaar heen, evenals de boven- en benedenstroomse monsters.

De maand van bemonstering blijkt van dominant belang voor de soortensamenstelling van de diatomeeën. Dit wordt bevestigd door de uitkomsten van een analyse waarin de ordening van de diatomeeënmonsters in verband gebracht is met de beschikbare abiotische gegevens.

Dan blijkt dat maand van bemonsteren en organisch gebonden stikstof (N_{kj}) een significante bijdrage leveren (10,9%). Het belang van de periode van bemonsteren is ook bekend uit de literatuur (o.a. [2, 5]). Ook als het effect van maand van bemonsteren wordt weggefilterd in de analyse, dan nog is er geen duidelijk onderscheid te ontdekken tussen boven- en benedenstrooms van de rwzi's.



Afbeelding 2. Ordinatie diagram van diatomeeëngegevens van locaties nabij rwzi

De verdeling over de eerste ordinatie-as is weergegeven op de horizontale as en die van de tweede ordinatie-as op de verticale as. (Analyse gebaseerd op arcsin(% gegevens) met downweighting of rare species.) De monsters zijn weergegeven met hun code (AR = Aarle-Rixtel, AS = Asten, DB = Den Bosch, DI = Dinther, OY = Oijen, VI = Vinkel, REF = referentiemeetpunt, be = benedenstrooms, bo = bovenstrooms. 4, 5 en 11 = maandnummers in 2015) en hebben een apart symbool voor de maand van bemonsteren (april = zwart, mei =blauw, november = groen). Bron: Edwin Peeters, WUR

b. Analyse per rwzi

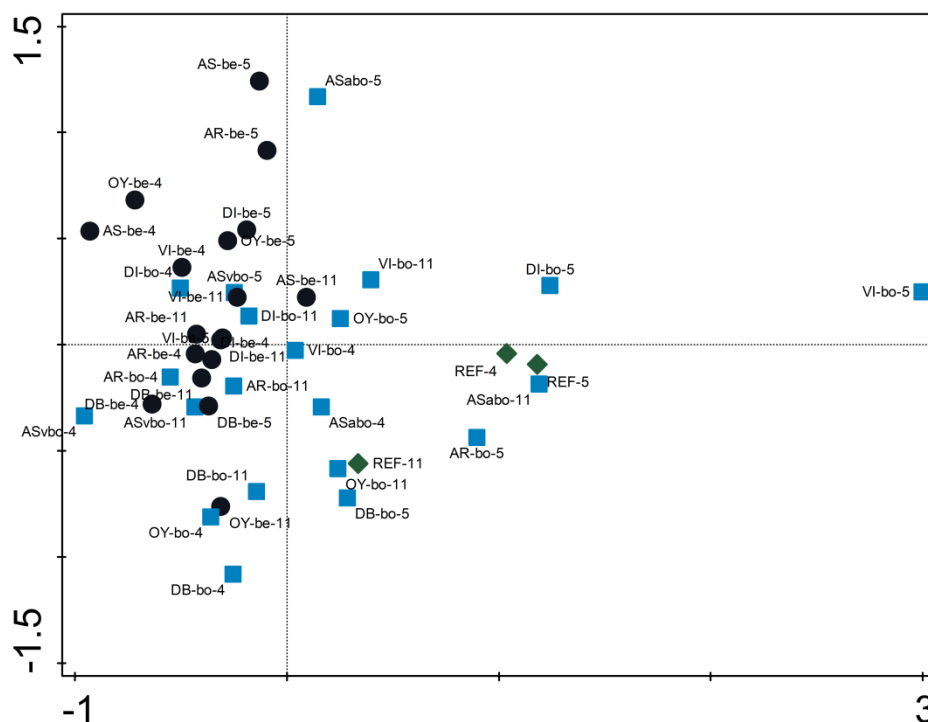
De multivariate analyses zijn ook gedaan per rwzi, hoewel het aantal monsters dan vrij beperkt is voor dit soort analyses. De resultaten van de analyses van rwzi Vinkel, Oijen, Dinther en in mindere mate Aarle-Rixtel laten zien dat de ligging (boven- of benedenstroomse van een rwzi) leidt tot een andere

positie van de monsters in het ordinatiediagram. De variabele ‘boven- of benedenstrooms rwzi’ bleek soms een hoog percentage van de variantie te verklaren (40%) maar die bijdrage bleek steeds niet significant te zijn. Ook de andere verklarende factoren (stikstof, fosfor, zuurstof etc.) bleken geen significante bijdrage te leveren. Mogelijk heeft dit te maken met de beperkte omvang van de dataset.

c. Analyse Van Dam-index

Tot slot is een multivariate analyse gedaan op de Van Dam-indices. Zoals eerder aangegeven zeggen de Van Dam-indices iets over de specifieke omstandigheden die de aangetroffen soorten indiceren, zoals zuurstofniveau en mate van organische belasting. Hiermee wordt op een hoger niveau naar de diatomeeëngemeenschap gekeken. De monsters uit de verschillende maanden liggen nu door elkaar heen in het diagram (afbeelding 3) en dus is er nu geen seizoensinvloed zichtbaar (afbeelding 3). De ‘benedenstroomse rwzi-monsters’ liggen over het algemeen meer links in het diagram terwijl de ‘bovenstroomse rwzi-monsters’ meer in het rechterdeel van het diagram te vinden zijn.

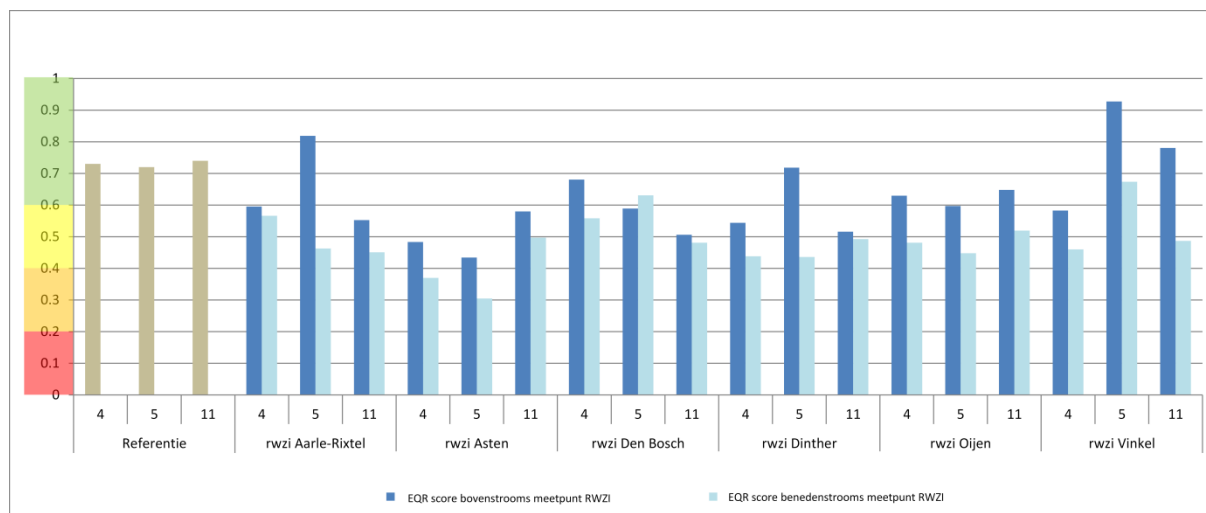
Het is mooi om te zien dat de monsters van de referentie tussen de bovenstrooms gelegen rwzi-monsters liggen. Uit de resultaten van de analyse kan afgeleid worden dat de variabele ‘ligging ten opzichte van lozingspunt effluent rwzi’ 11,1% van de variantie verklaart.



Afbeelding 3. Ordinatiediagram van de monsters, gebaseerd op een analyse met de berekende Van Dam-indices

De ligging ten opzichte van de rwzi (boven- of benedenstrooms) verklaart 11,1% van de variatie en is volgens de Monte Carlo permutatietest significant. Groene ruit = referentie, blauw vierkant = bovenstrooms rwzi, zwart bolletje = benedenstrooms rwzi. Laatste cijfer van de monstercode geeft de maand van bemonstering.

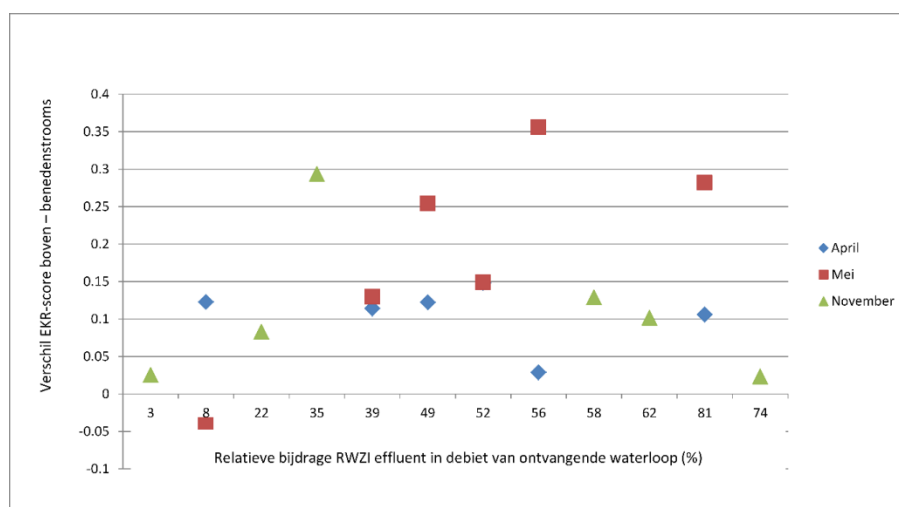
d. EKR-score



Afbeelding 4. EKR-score per individueel monster. Toelichting EKR-score: rood = slecht, oranje = ontoereikend, geel = matig en groen = goed

Afbeelding 4 geeft de EKR-scores voor de boven- en benedenstroomse punten van de rwzi's. De grafiek laat zien dat gemiddeld genomen de EKR benedenstrooms lager is dan bovenstrooms. En dit verschil is significant. Bij vijf van de zes rwzi's scoorde de EKR lager op de benedenstroomse dan bovenstroomse punten, daarmee een slechtere waterkwaliteit indicierend.

Het effluent van de rwzi lijkt dus een negatief effect te hebben op de biologische waterkwaliteit. De mate van de negatieve invloed lijkt mede verband te houden met het aandeel van het effluent in het totale debiet van de ontvangende waterloop (afbeelding 5). Met name in mei lijkt dit het geval te zijn; het is niet zichtbaar in april of november.

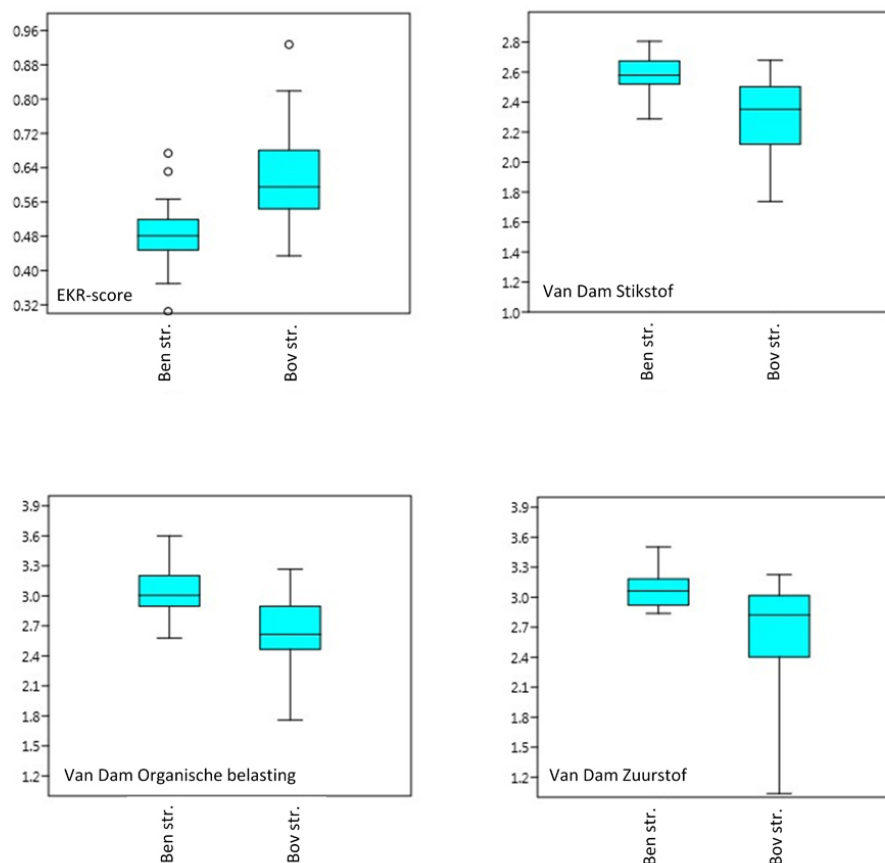


Afbeelding 5. Relatieve bijdrage van effluent van een rwzi in het totale debiet van ontvangende waterloop uitgezet tegen het verschil in EKR-score boven- en benedenstrooms van een effluentlozing. Een positief verschil betekent hier dat de score bovenstrooms hoger is dan benedenstrooms.

De EKR-score kan in het najaar gemakkelijk beïnvloed worden door bloei; de kans op bloei is in het najaar groter. Een bloei (explosieve groei van één soort) komt vaak van een (vrij) algemene soort die niet sterk indiceert. Daarmee wordt het oordeel in de vorm van een EKR-score (of Van Dam-index) minder overtuigend.

e. Van Dam-indices

Afbeelding 6 geeft de spreiding van de Van Dam-indices weer, gegroepeerd naar positie ten opzichte van de effluentlozing via boxplots. De boxplots laten een significant patroon zien met benedenstreams meer soorten die wijzen op organische belasting, een hoger stikstof- en een lager zuurstofniveau.



Afbeelding 6. Boxplots van scores van diatomeeënsamenstelling op basis van EKR-scores en Van Dam-indices waar verschillen zijn te zien tussen boven- en benedenstreams meetpunt van een rwzi (Past versie 3)

Wanneer de uitkomsten per rwzi worden vergeleken, dan blijkt dat bij rwzi 's-Hertogenbosch (waar de hoeveelheid effluent bescheiden is in relatie tot het totale debiet) geen verschil is in EKR-score en Van Dam-indices benedenstreams en bovenstreams. Bij de overige rwzi's is wel een patroon herkenbaar met afnemende waarden benedenstreams. Dit bevestigt de notie dat de invloed van een rwzi belangrijker wordt naarmate de hoeveelheid effluent groter wordt (gegeven natuurlijk de concentraties in het effluent).

Conclusies

- Multivariate analyses laten zien dat seizoen, locatie van de rwzi en organisch gebonden stikstof (N_{kj}) de soortensamenstelling van de diatomeeëngemeenschap sterk beïnvloeden. Een effect van de positie boven- of benedenstrooms van een rwzi komt niet naar voren. Analyses per rwzi laten wel verschillen zien, maar het aantal waarnemingen wordt dan te beperkt om betrouwbare uitspraken te doen over de invloed van de positie ten opzichte van een effluentlozing.
- Multivariate analyses op basis van de indicerende eigenschappen van de diatomeeën (via Van Dam-index) tonen dat een klein deel van de waargenomen patronen verklaard wordt door de factor 'ligging ten opzichte van lozingspunt effluent rwzi's' en dat seizoen en locatie van de rwzi nauwelijks van invloed zijn.
- Een sterker beeld komt naar voren uit statistische analyses van EKR-scores en Van Dam-indices. Dan laat de biologische waterkwaliteit in het beheergebied van waterschap Aa en Maas benedenstrooms van de rwzi's namelijk significant lagere EKR-scores zien dan bovenstrooms. Daarnaast laten analyses van de Van Dam-indices zien dat benedenstrooms van de rwzi's significant meer soorten worden aangetroffen die een hoge organische belasting, een lager zuurstofniveau en een hoge belasting door stikstof indiceren.

De conclusies uit deze pilot sluiten aan op een eerdere oriënterende studie van STOWA [1]. Dat bevestigt de aanname dat diatomeeën een geschikte indicator zijn voor de invloed van rwzi-effluent op een waterloop. Om meer conclusies te kunnen trekken over de invloed van effluent op de samenstelling van de diatomeeëngemeenschap, dient de analyse uitgevoerd te worden met een grotere dataset. Daarvoor moet de huidige opzet een paar jaar herhaald worden of het aantal onderzoeklocaties worden vergroot. Voor dat laatste is een waterschapgrensoverschrijdend onderzoek nodig.

Referenties

1. Haye, M. De la, E. Verduin & M. Wilhelm, 2009. De invloed van rwzi-effluenten op de ecologische waterkwaliteit, Oriënterend veld- en literatuuronderzoek naar de effecten op de biologische kwaliteitsparameters van de KRW, STOWA rapport 2009-13, Utrecht.
2. Bijkerk, R. (red) (2010). Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Rapport 2010-28, STOWA.
3. Molen, van der, et al. (2012). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. Stowa, Utrecht.
4. Dam, H. van, Mertens, A. & Sinkeldam, J. Netherlands Journal of Aquatic Ecology (1994) 28: 117. doi:10.1007/BF02334251
5. Elias, C.L., Vieira, N., Feio, M.J. et al. Hydrobiologia (2012) 695: 223.