



# Mogelijkheden van de inzet van driehoeksmosselen voor verbetering van de waterkwaliteit Casestudy: Beheersgebied Hunze & Aa's



Yanike Sophie  
02-07-2012

## INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding .....	pag. 4
2. Methode .....	pag. 5
3. Resultaten	
3.1. Systeemanalyse driehoeksmossel .....	pag. 6
3.2. Waterkwaliteit .....	pag. 9
3.3. Mossel in noordelijke meren .....	pag. 11
3.4. Risico's .....	pag. 14
4. Discussie .....	pag. 15
5. Conclusie .....	pag. 16
6. Literatuur .....	pag. 17

## SAMENVATTING

In dit onderzoek wordt antwoord gegeven op de volgende vraag: Hoe kan de inzet van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in noordelijke meren bijdragen aan verbetering van de waterkwaliteit? De driehoeksmossel kan hieraan bijdragen door haar filtercapaciteit. Het voorkomen van de mossel is afhankelijk van de toegankelijkheid om zich te vestigen, aanwezigheid van substraat, de temperatuur, de diepte en de aanwezige stoffen in de meren. Voor een optimale filtercapaciteit zijn verder nog de stroming, dichtheid en de kwaliteit van het seston van belang. Binnen waterschap Hunze en Aa's zouden vooral in het Zuidlaardermeer en Schildmeer de driehoeksmossels kunnen bijdragen omdat hier de hoeveelheid nutriënten en de doorzicht niet aan de normen van de KRW voldoen. In het Oldambtmeer en het Schildmeer voldoen de meren aan de eisen van de mosselen om zich te vestigen. In het Zuidlaardermeer is de hoeveelheid seston en aanwezigheid van microcystine een beperkende factor voor haar voorkomen. Een limiterende factor voor de aanwezigheid van driehoeksmosselen in het Hondhalstermeer is de geringe diepte van het meer, waardoor temperatuurschommelingen en predatie de driehoeksmossel verstoren. Er moet nog onderzoek komen naar de werkelijke hoeveelheid van de driehoeksmossel en ook naar het effect van driehoeksmosselen op het voorkomen van blauwalg.

## SUMMARY

In this research the following question will be answered: How could zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) be used to improve the quality of water in lakes in the northern Netherlands. The possibilities of using zebra mussels to contribute to healthier and cleaner water in the waterboard of Hunze en Aa's have been studied. The mussels could contribute by their filter capacity. Their presence depends on the possibilities to establish in the lakes, presence of hard substrates, temperature, depth and water compounds. For the optimal filtering capacity also the velocity of the water, densities of the mussel colonies and the quality of the seston are of importance. In the Zuidlaardermeer and Schildmeer the amount of nutrients is too high and the clarity too low, the zebra mussel could improve this. In the Oldambtmeer and Schildmeer the factors are good for the zebra mussel to establish. In the Zuidlaardermeer the amount of seston and the presence of microcystin is limiting the appearance of the zebra mussel. The Hondhalstermeer is too shallow, causing fast temperature changes and increased predation which makes it not ideal for mussels to establish. More research is needed to the actual amounts of zebra mussels in the northern lakes and also to the effects of the mussel on the appearance of cyano-bacterial blooms.

## 1. INLEIDING

Dit onderzoekspaper is geschreven in opdracht van waterschap Hunze en Aa's. Zij zijn benieuwd naar de stand van zaken omtrent onderzoek naar de driehoeksmossel als instrument om de chemische en ecologische waterkwaliteit te verbeteren. Waterschappen zijn constant bezig met het schoon en gezond houden van de wateren. Planten, dieren en mensen zijn afhankelijk van schoon water: voor onder andere drinkwater, de landbouw, recreatie en de diversiteit in de natuur. De kwaliteitseisen van het water worden bepaald door meerdere externe referentiekaders, zoals de Kaderrichtlijn Water (zie box 1). Deze referentiekaders stellen bepaalde eisen aan de kwaliteit van het water. Onderzoek doen naar de methoden ter verbetering van de waterkwaliteit draagt bij aan het maatschappelijk doel om schoon water te bieden aan planten, dieren en mensen. In dit onderzoekspaper behandel ik één van de methoden.

### Box 1. Kaderrichtlijn Water

De Kaderrichtlijn Water is een Europese richtlijn die eind 2000 van kracht ging met als doel meer eenheid te brengen in de regelgeving omtrent de waterkwaliteitseisen van grond- en oppervlaktewater. Het doel is: "een goede chemische toestand en een goed ecologisch potentieel of een goede ecologische toestand" (Kaderrichtlijn Water 2000). Dit houdt onder andere in dat er niet teveel nutriënten in het systeem mogen zitten, want dit zorgt voor algenbloei. Algenbloei vermindert de hoeveelheid zuurstof voor dieren en zorgt voor afname in het doorzicht, waardoor planten niet genoeg licht krijgen om te groeien. Ook is het belangrijk zo min mogelijk stoffen als chloor, lood en bestrijdingsmiddelen in het water terug te vinden, omdat deze giftig zijn als ze bijvoorbeeld in het drinkwater terecht komen. Tot 2008 hadden de waterschappen de tijd om beheerplannen op te stellen en in de periode 2008-2015 worden deze uitgevoerd om het doel te behalen.

Uit laboratoriumonderzoek is gebleken dat de aanwezigheid van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) bijdraagt aan een goede waterkwaliteit: er is minder gesuspendeerd materiaal in het water, minder chlorofyl-a<sup>1</sup> en het doorzicht is groter (Budd et al., 2001). Van verschillende mosselsoorten is de driehoeksmossel het meest succesvol in het reinigen van water (de snelheid waarop het water wordt gezuiverd is ongeveer tien maal dat van andere zoetwatermosselen (Vanderploeg et al., 2002)) en bovendien het meest bestudeerd (Zaiko & Daunys 2012) en zou dus kunnen bijdragen aan het ecologisch herstel van wateren. Het is gebleken dat deze mossel, geïntegreerd met andere maatregelen zoals manipulatie van de visstand en verbetering van de oevers, een bijdrage kan leveren aan een goede waterkwaliteit (Maclsaac et al., 1999, Reeders et al., 1989). Deze mossel is al sinds de 19<sup>e</sup> eeuw een vaste bewoner van de Nederlandse wateren en verspreidt zich door oppervlaktestroming, wind en misschien wel de belangrijkste factor: scheepvaart (Padilla et al., 1996). Een voorwaarde voor de vestiging van de mossel is de aanwezigheid van toegankelijk substraat (Orlova & Panov 2004). Er zijn veel studies gedaan naar de driehoeksmossel in het westen en midden van Nederland, rondom de randmeren en zijrivieren van de Rijn (Bij de Vaate 2009), maar goede studies naar de verspreiding en invloeden van de mossel in de noordelijke wateren ontbreken nog. Om hier meer inzicht in te krijgen, heb ik onderzocht wat de eisen aan het water zijn van de driehoeksmossel en deze vergeleken met de huidige waterkwaliteit en normen van meren in beheersgebied Hunze en Aa's. Ten slotte heb ik gekeken wat de driehoeksmossel kan bijdragen aan de noordelijke meren.

De driehoeksmossel vormt een belangrijk onderdeel van aquatische ecosystemen, maar brengt ook economische risico's met zich mee, omdat ze leidingen kunnen verstoppen (Bij de Vaate 2008a). Het is dus van

---

<sup>1</sup> Een maat voor de aanwezige hoeveelheid algen, deze wordt gebruikt om de hoeveelheid plankton weer te geven.

belang het verspreidingsgedrag en effecten van de driehoeksmossel goed in kaart te brengen.

Er zijn nog tegenstrijdigheden in het huidige onderzoek, enerzijds blijkt dat de mossel het water filtreert en vrij maakt van algen, maar anderzijds verdwijnt de driehoeksmossel op plekken waar de algengroei te groot is. In de jaren zeventig was de driehoeksmossel in de Nederlandse Rijntakken uitgestorven door het lage zuurstofgehalte, ook in de Veluwerandmeren verdwenen ze door eutrofiëring van het water (Helpdesk water 2012).

In het beleidsplan van Hunze en Aa's zijn voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) 16 waterlichamen opgenomen. Deze zijn onderverdeeld in meren, kanalen en beekdalen. De volgende ecologische doelen stelt de KRW aan beken en kanalen: meer stromingsprocessen, meandering, vrije migratiemogelijkheden voor vissen (van zee naar bron) en oevers met taludhellingen, een natuurvriendelijker inrichting (voor de grotere scheepvaartkanalen zijn de huidige gebruiksfuncties leidend; wel worden vrije migratiemogelijkheden voor vissen verbeterd). En voor de meren: een natuurlijker peilbeheer (voor de ontwikkeling van de oevers) en helder, plantenrijk water, waarbij de oevers fungeren als paai- en opgroeiplaats voor vissen en als natuurlijke slibvang.

In bovenstaande opsomming zijn de volgende knelpunten te zien: in de beken en kanalen zijn dat de harde oevers en het vaste waterpeil, maar ook de hoge nutriëntenconcentraties (pers. comm. Hunze en Aa's), de kanalisatie, de barrières voor vissen en de lage stroomsnelheid. De knelpunten in de meren zijn het vaste waterpeil, de harde oevers, het ontbreken van waterplanten en in sommige meren de hoge nutriëntenconcentraties. Omdat dit paper zich toespitst op het effect van mosselen, zal ik alleen de waterlichamen behandelen waarop deze een bijdrage kunnen hebben op het herstel van de waterkwaliteit. In dit geval zijn dit vooral de meren, want de mosselen kunnen bijdragen aan helder, plantenrijk water. Bovendien zijn de meren interessanter voor natuurherstel dan de kanalen, omdat de kanalen voornamelijk de beroepsvaart faciliteren.

Door de informatie over de waterkwaliteit en over de driehoeksmossel toe te passen en te vergelijken met de informatie over de noordelijke meren, wordt de huidige literatuur uitgebreid. De hoofdvraag is: *Hoe kan de inzet van de driehoeksmossel in noordelijke meren bijdragen aan verbetering van de waterkwaliteit?* Om deze te beantwoorden, zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Wat zijn de kenmerken van de driehoeksmossel die bijdragen aan de ecologische waterkwaliteit?
2. Wat is de huidige en gewenste waterkwaliteit van de noordelijke meren?
3. Wat zijn de risico's van de aanwezigheid van driehoeksmosselen?

Na dit literatuuroverzicht van de driehoeksmossel in de noordelijke meren te hebben gemaakt, kan ik deze deelvragen beantwoorden.

---

## 2. METHODE

Om uiteen te zetten wat de mogelijkheden zijn van de inzet van driehoeksmosselen voor verbetering van de waterkwaliteit, is er eerst een systeemanalyse van de mossel weergegeven, vervolgens wordt de huidige en gewenste waterkwaliteit van de meren in Hunze en Aa's behandeld. De combinatie van deze informatie leverde een samenvatting op wat de kansen zijn van de driehoeksmossel in de noordelijke meren. Tot slot is er een overzicht van de risico's bij de inzet van driehoeksmosselen weergegeven (zie figuur 1).

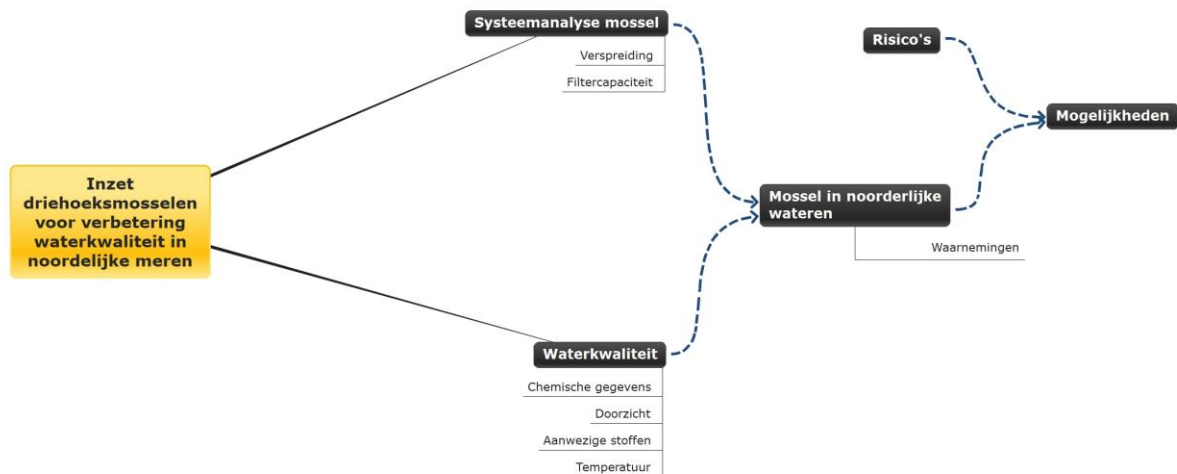
Bij de systeemanalyse van de mossel werden onder andere de habitatvoorkeuren, verspreidingsmogelijkheden en filtercapaciteit behandeld. Hiervoor is er gebruik gemaakt van de wetenschappelijke literatuur. Databases als de bibliotheek van de Universiteit Utrecht en Scopus vormden de bron van de wetenschappelijke artikelen. Deze kennis werd aangevuld met grijze literatuur: onderzoeken van waterschappen en adviesbureaus zijn ook meegenomen in het onderzoek.

Vervolgens is er een overzicht gemaakt van wat de knelpunten zijn van de huidige waterkwaliteit en wat de gewenste waterkwaliteit is. Deze informatie is via het waterschap Hunze en Aa's verkregen: via beheerplannen en periodieke metingen.

Vervolgens is er door voorgaande onderdelen te combineren een samenvatting gemaakt over wat de mossel kan betekenen in de noordelijke meren. Hiervoor zijn waarnemingen gebruikt waar de mossel zich al bevindt, deze informatie volgde ook uit de gegevens van het waterschap Hunze en Aa's.

Voor het laatste onderdeel van de resultaten zijn kort de gevaren voor de omgeving behandeld, deze konden ook uit de wetenschappelijke en grijze literatuur gehaald worden. Om deze toe te passen zijn ook de gegevens gebruikt over de omgevingsfactoren, deze kwamen van waterschap Hunze en Aa's.

Tegenstrijdigheden in het onderzoek zijn in de discussie behandeld en vervolgens meegenomen bij het formuleren van de conclusie.



Figuur 1 – Overzicht opbouw

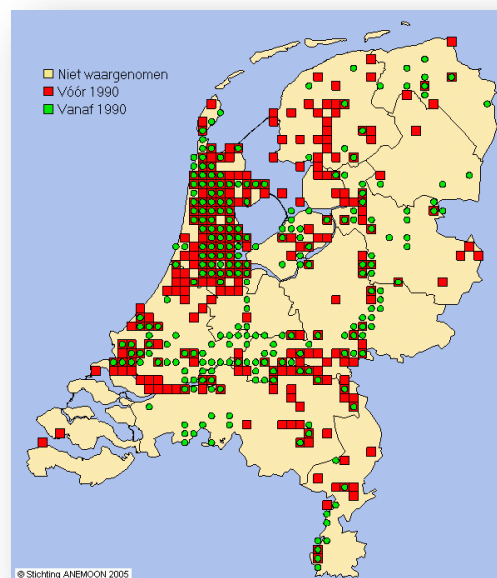
### 3. RESULTATEN

#### 3.1 SYSTEEMANALYSE DRIEHOEKSMOSSEL

Om te kijken of de gewenste waterkwaliteit is te behalen door de aanwezigheid van de driehoeksmossel volgt hier een systeemanalyse van de mossel. Omdat mosselen pas functioneren en het water zuiveren als ze in groepen voorkomen, beschrijf ik ze als systeem. Dit mosselsysteem en zijn omgeving, namelijk het meer, beïnvloeden elkaar. Figuur 2 geeft een overzicht weer van de waargenomen driehoeksmosselen in Nederland. De driehoeksmossel bezet een brede habitat, met verschillende voorwaarden, die ik hieronder kort toelicht.

##### Substraat

Een eerste voorwaarde is dat er genoeg hard substraat aanwezig moet zijn (Orlova & Panov 2004), dit kan ook in de vorm van aanwezigheid van andere zoetwatermosselen (Bij de Vaate 2008a). Als het water vervuild is, verdwijnt de mossel door de effecten van eutrofiëring, het substraat wordt dan 'ondergesneeuwd' met afgestorven algen (Helpdesk water 2012).



Figuur 2 – Voorkomen Dreissena (Stichting Anemoon)  
\* kaart uit 2005

### *Temperatuur*

Een tweede voorwaarde is een temperatuur tussen 0 tot 36,97 °C +/- 0,63. Dit zijn de waarden waarbij de mossel kan overleven (Bij de Vaate 2008b) en een temperatuur van >12°C om larven te produceren (Bij de Vaate 2008b).

### *Diepte*

De mossel leeft vaak op een diepte tussen 1 en 3 m (Bijeenkomst Platform Ecologisch Herstel Meren 2000). In ondieptes wordt de afwezigheid mogelijk veroorzaakt door de snelle temperatuurwisselingen, door predatiedruk door vogels of door een hoge wintersterfte als gevolg van gebrek aan zuurstof door een lange periode met ijsbedekking (Strayer 1991). Bij grotere dieptes (>5m) zijn te lage temperatuur en een laag zuurstofgehalte vaak limiterende factoren (Sprung 1994).

### *Aanwezige stoffen*

Ten slotte heeft de mossel voldoende seston (gesuspendeerd materiaal en plankton) nodig, dit dient als voedsel. Bij een te grote hoeveelheid seston wordt een drempelwaarde bereikt, omdat het filtermechanisme van de driehoeksmossel verstopt raakt (Zaiko & Daunys 2012).

Naast voedingsstoffen moet er ook genoeg calcium aanwezig zijn om de schelp op te bouwen, de drempel voor het voorkomen van de mossel ligt bij een minimale concentratie calcium tussen de 8 en 12 mg L<sup>-1</sup> (Bij de Vaate 2008b).

De aanwezigheid van microcystine<sup>2</sup> beïnvloedt de mossel op een negatieve wijze (Vanderploeg et al., 2001). Waarden van 0.25 µg microcystine/µg chlorofyl-a kunnen al giftig zijn (Vanderploeg 2009).

De mossel filtert water en neemt stoffen op via de kieuwen (Bruner et al., 1994). Als stoffen niet opgelost zijn moeten ze eerst desorberen en vervolgens kunnen ze door de darmwand dissociëren zodat het door het weefsel kan worden opgenomen (Gobas et al., 1993). Het grootste deel van de stoffen verlaat de mossel als pseudofaeces, dit materiaal wordt voor de vertering door de mossel uitgespuugd en bestaat uit de niet verteerbare deeltjes en wordt samengehouden met slijm. Dit materiaal is zwaarder dan water en zinkt naar de bodem met als gevolg dat het water helderder wordt (Noordhuis et al., 1992). Om deze filtermethode optimaal te laten verlopen, zijn er naast de eerder genoemde voorwaarden nog een aantal aanvullende omstandigheden die het proces beïnvloeden.

De eerste factor is de hoeveelheid mosselen per oppervlakte (Reeders & Bij de Vaate 1992), deze dichtheid is afhankelijk van meerdere factoren waaronder ook de hoeveelheid en kwaliteit van het gesuspendeerd materiaal. Men kan stellen dat hoe hoger de dichtheid van de mosselkolonie is, hoe hoger de filtratiesnelheid (Zaiko & Daunys 2012). De verwijdering van chlorofyl-a verloopt ongeveer logaritmisch met de mosseldichtheid (Elliott et al. 2008). Bij een optimale filtratiesnelheid (Zaiko & Daunys, 2012) ligt de mosseldichtheid rond de 3000±684 mosselen m<sup>-2</sup>, bij hogere waarden (5100±1282 mosselen m<sup>-2</sup>) versnelt de filtratiesnelheid niet. Dit was echter wel een laboratoriumexperiment en komt waarschijnlijk niet overeen met de waarden in het veld. Bij dichtheden vanaf enkele honderden driehoeksmosselen m<sup>-2</sup> wordt het meer namelijk ook al gefilterd (Noordhuis et al., 1992).

Ook de stroomsnelheid (Elliott et al., 2008) is van belang, tot een stroomsnelheid van 100 ml (4cm) s<sup>-1</sup> neemt men een hogere filtratiesnelheid waar. Dit komt waarschijnlijk doordat de hogere stroomsnelheid voor meer turbulentie zorgt. Hierdoor wordt er meer vers water aangevoerd en wordt er minder water herfilterd. Hogere snelheden (rond de 300 ml (12 cm) s<sup>-1</sup>) hadden geen extra effect. Verder is voor een effectieve filtermethode het temperatuuroptimum tussen de 5 en 20°C (Reeders et al., 1989). En ten slotte vermindert de aanwezigheid van metalen, zoals koper, zink, cadmium en lood (Kraak et al., 1994) ook de filtratiesnelheid.

Zoals hier naar voren komt, hangt de filtratiesnelheid van veel factoren af. Gepubliceerde waarden liggen tussen de 2 ml mossel<sup>-1</sup> uur<sup>-1</sup> en 574 ml mossel<sup>-1</sup> uur<sup>-1</sup> (Elliott et al., 2008, zie tabel 1). Deze variëteit komt ook

---

<sup>2</sup> Microcystine is een gifstof dat wordt geproduceerd door blauwalgen (*Cyanobacteria*), een veelvoorkomende bacterie in de Nederlandse wateren.

door de reactie van mosselen in laboratoria: als ze erg verstoord worden, gaat de filtercapaciteit achteruit (Reeders et al., 1989). Verstoring kan onder andere door golfslag komen (Reeders et al., 1989), bij blootstelling aan de lucht gaat de filtercapaciteit achteruit. Ook wordt bij een te grote hoeveelheid seston een drempelwaarde bereikt, omdat het filtermechanisme verstopt raakt. Deze drempelwaarde varieert van 2 mg L<sup>-1</sup> tot 79 mg L<sup>-1</sup> drooggewicht seston (Zaiko & Daunys 2012).

Referentie	Testmethode	Voedsel	Mossel grootte (mm)	Temperatuur (°C)	Filtratiesnelheid (ml mossel <sup>-1</sup> u <sup>-1</sup> )
Reeders et al. (1989)	Geroerde reactor	Meerwater	20-22	13-17.7	30-170
Reeders and Bij de Vaate (1990)	<i>In-situ</i> behuizing	Meerwater	22	10-21	40-75
Morton (1971)	Beker	Colloïde grafiet	29	5-30	5-180
Mikheev (1967)	<i>In situ</i>	Klei suspensie	22	15	2-50
Kryger and Riisgard (1988)	Beker	<i>Chlorella</i>	22	20	286.8
Silverman et al. (1995)	Testbuisje	<i>Escherichia coli</i>	17-25	?	137
Lei et al. (1996)	Beker	Polymere microsferen	57 mg DW	15	74
Bastviken et al. (1998)	Recirculerende doorstroming ≈ 7 cm s <sup>-1</sup>	Rivierwater	11.52±5.89	16-20	44-63
Ackerman (1999)*	Recirculerende doorstroming < 1 cm s <sup>-1</sup>	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	11.4±0.8	20.6±0.3	60±30
Ackerman (1999)*	Recirculerende doorstroming 9 cm s <sup>-1</sup>	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	11.4±0.8	20.6±0.3	140±20
Ackerman (1999)*	Recirculerende doorstroming 20 cm s <sup>-1</sup>	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	11.4±0.8	20.6±0.3	30±5
Ackerman (1999)*	Recirculerende doorstroming 9 cm s <sup>-1</sup>	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	32.5	20.6±0.3	320±40
Baldwin et al. (2002)	Beker	<i>Chlamydomonas</i>	20-25	20	20-125
Baldwin et al. (2002)	Doorstroming	<i>Nanochloris</i>	19-22	20	18-402
Elliott 2008	Industriële doorstroming	Rivierwater	4-27	15.1-15.5	574±20 (g <sup>-1</sup> )

Tabel 1 – literatuuroverzicht van de filtratiesnelheden van de driehoeksmossel (gepubliceerd door Elliott et al., 2008)

DW = dry weight

\* = ter vergelijking zijn opgenomen de filtratiesnelheden van de quaggamossel (*Dreissena bugensis*)

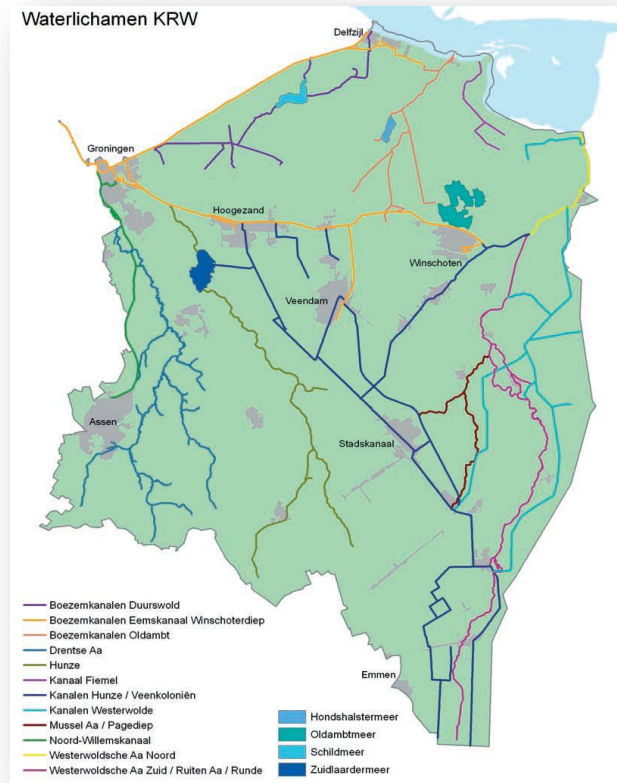


### 3.2 WATERKWALITEIT

Om vervolgens te kijken wat de mossel kan betekenen in de meren van Hunze en Aa's heb ik de huidige en gewenste waterkwaliteit in kaart gebracht, door middel van een overzicht van de relevante onderdelen van het beleidsplan van Hunze en Aa's

#### *Meren*

De vier meren welke zijn opgenomen in de KRW zijn: Schildmeer, Hondshalstermeer, Oldambtmeer en het Zuidlaardermeer (zie figuur 2). De noordelijkste drie meren vormen een eenheid als de Noordelijke Natte As. De omgeving van de meren is te omschrijven als akkerbouw en bos- en natuurgebied en de omgeving van het Zuidlaardermeer is opgenomen in de Natura2000. Het Hondshalstermeer en het Schildmeer zijn onderdeel van de boezem van het Oldambtgebied. Het Zuidlaardermeer is onderdeel van het Hunzedal en voor deze meren loopt de afwatering via het Eems-Dollard. Het Oldambtmeer heeft geen



**Figuur 2 – Waterlichamen KRW**

afwatering. Het Oldambtmeer en Hondshalstermeer zijn kunstmatig, dat wil zeggen door mensen gegraven. De meren worden gevoed door regen, grondwater en/of oppervlaktewater, met uitzondering van het Oldambtmeer dat hoofdzakelijk wordt gevoed door regenwater en uitgeslagen water uit omliggende polders.

Om de waterkwaliteit van de meren te bepalen zijn er een aantal ecologische en fysisch-chemische normen vastgesteld: zuurgraad, temperatuur, zuurstofgehalte, doorzicht, hoeveelheid chloride, stikstof en fosfaat. Op de volgende pagina staat tabel 2 met de condities van deze factoren voor de vier meren in de periode 2011-2012 en de waterkwaliteitseisen voor 2015. Ook opgenomen in de tabel zijn de huidige condities van calcium, chlorofyl-a en microcystine. Deze horen niet bij de normen van de KRW, maar kunnen wel van toepassing zijn voor dit onderzoek.

**Tabel 2 – De gemeten en gewenste fysische-chemische normen in de vier noordelijke meren (Bron: beleidsplan Hunze en Aa's) en aanvullende huidige gegevens (Bron: Hunze en Aa's)**

Meer	Zuur- graad	T (°C)	Zuurstof (%)	Doorzicht (m)	Cl (mg L <sup>-1</sup> )	N (mg L <sup>-1</sup> )	P (fosfaat) (mg L <sup>-1</sup> )	Chlorofyl-a (µg L <sup>-1</sup> )	Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Microcystine* (µg L <sup>-1</sup> )
<b>Oldambtmeer 2011-2012</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Goed = ≥0.6	Goed = ≤200	Goed = ≤4.0	Goed = ≤0.10	<2-26 gem. <8	Gem. 40	Geen gegevens**
<b>Oldambtmeer 2015</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Goed = ≥0.6	Goed = ≤200	Goed = ≤4.0	Goed = ≤0.10			
<b>Schildmeer 2011-2012</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Goed = ≥0.6	Goed = ≤200	Matig = 3.5-5.2	Goed = ≤0.10	7-15 gem. 13	Gem. 82	0.1-4.2 Gem. 1.5 (data 2008-2010)
<b>Schildmeer 2011-2012</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Goed = ≥0.6	Goed = ≤200	Goed = ≤3.5	Goed = ≤0.10			
<b>Zuidlaardermeer 2011-2012</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Ontoereikend = 0.3-0.4	Goed = ≤40	Matig = 2.2-3.3	Matig = 0.1-0.2	66-150 gem. 103	Gem. 51	2.3- <b>21.8</b> gem. 11.9
<b>Zuidlaardermeer 2015</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Matig = 0.4-0.6	Goed = ≤40	Matig = 2.2-3.3	Matig = 0.1-0.2			
<b>Hondhalstermeer 2011-2012</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Goed = ≥0.3	Goed = ≤400	Goed = ≤4.0	Goed = ≤0.20	5-58 gem. 36	Gem. 83	n.v.t.
<b>Hondhalstermeer 2015</b>	Goed = 5.5-8.5	Goed ≤ 25	Goed = 60-120	Matig = 0.2-0.3	Goed = ≤400	Goed = ≤4.0	Goed = ≤0.20			

\*De gemarkeerde gegevens zijn boven de advieswaarde (20 µg L<sup>-1</sup>) van de Gezondheidsraad.  
\*\* er is niet gemeten omdat er geen verdenking is geweest van potentieel gezondheidsrisico vanwege blauwalgen

In het Oldambtmeer en Schildmeer is de waterkwaliteit al op de gewenste norm. Het Hondhalstermeer voldoet onverwacht voor de eisen van de KRW al aan de normen (de norm van doorzicht is al behaald). Vooral in het Zuidlaardermeer is er veel verbetering nodig: het doorzicht moet toenemen en de hoeveelheid stikstof en fosfaat moet afnemen. De gewenste normen hiervoor zijn een doorzicht van meer dan 0.6 m, een hoeveelheid stikstof van  $\leq 2.2 \text{ mg L}^{-1}$  en een hoeveelheid fosfaat van  $\leq 0.1 \text{ L}^{-1}$ .

Als eerder genoemd zorgt de driehoeksmossel vooral voor verwijdering van nutriënten en verbetering van het doorzicht. Hieronder volgt een tabel met fysische gegevens van de meren welke van belang kunnen zijn voor de aanwezigheid van de driehoeksmossel.

**Tabel 3 – Fysische gegevens meren (Hunze en Aa's, 2012)**

Meer	Diepte Gem. (m)	Diepte Max. (m)	Aanwezigheid andere mosselen *	Inhoud (m <sup>3</sup> ) (Schatting)	Stroming
<b>Oldambtmeer</b>	1.4	nb	Geen gegevens	800	Zeer beperkt, korte verblijftijd (3-5 dagen).
<b>Schildmeer</b>	1.7	8	ja	287	Nihil
<b>Zuidlaardermeer</b>	1.23	2	ja	600	Nihil
<b>Hondhalstermeer</b>	0.5	2	ja	150	Korte verblijftijd (3-5 dagen), geen hoge stroomsnelheden, maar wel veel golfslag

\* Schatting door Jeroen Meeuse

In alle meren zijn er rietstengels aanwezig, harde boomwortels en in delen van de meren hard zand, welke als substraat kunnen dienen.

### 3.3 MOSEL IN NOORDELIJKE MEREN

Nu alle gegevens overzichtelijk zijn gemaakt, kan bekeken worden of deze mossel iets kan betekenen voor de gewenste waarden in de noordelijke meren (tabel 2). Daarom vergelijk ik in het volgende hoofdstuk de gegevens van de driehoeksmossel met tabellen 2 en 3 om een inschatting te kunnen maken of de mossel zich kan handhaven in de noordelijke meren. Op de volgende pagina volgt een overzicht (tabel 4).

#### *Vestiging*

De driehoeksmossel is een exoot die wordt verspreid door stroming, wind en scheepvaart. De meren zijn niet geïsoleerd en staan in verbinding met het Winschoterdiep of het Eems(kanaal) waar door beroepsvaart mosselen kunnen binnenkomen, ook vindt er vaarrecreatie plaats in het Schildmeer, Zuidlaardermeer en Oldambtmeer, dus de vestiging van de driehoeksmossel moet geen problemen opleveren.

#### *Substraat*

De mosselen eisen voldoende hard substraat. In het Schildmeer, Oldambtmeer en Hondhalstermeer zijn verharde oevers. In het Schildmeer, Oldambtmeer en Zuidlaardermeer zijn havens aanwezig, deze dienen ook als substraat. Verder is er in alle meren voldoende hard zand en zijn er rietstengels en harde boomwortels aanwezig. Dit zou dus geen problemen moeten opleveren voor de vestiging van de driehoeksmossel.

Tabel 4 – Inschatting kansen driehoeksmossel in noordelijke meren

Factor	Grenzen	Oldambtmeer	Schildmeer	Zuidlaardermeer	Hondhalstermeer
<b>Vestiging</b>	Scheepvaart, in verbinding met ander water	Goed	Goed	Goed	Goed
<b>Substraat</b>	Hard substraat (zand, riet, wortels, harde oevers, havens)	Goed	Goed	Goed	Goed
<b>Temperatuur (°C)</b>	0-36.97	Goed	Goed	Goed	Goed
<b>Diepte (m)</b>	1-3	Goed	Goed	Goed	Matig
<b>Minimale hoeveelheid Calcium (mg L<sup>-1</sup>)</b>	8-12	Goed	Goed	Goed	Goed
<b>Microcystine (µg µg chlorofyl-a<sup>-1</sup>)</b>	0.25	Goed	Goed	Ontoereikend	Onbekend
<b>Maximale hoeveelheid seston (mg L<sup>-1</sup>)</b>	2-79	Goed	Goed	Matig	Goed
<b>Filtertemperatuur (°C)*</b>	5-20	Goed 79%	Goed 73%	Goed 73%	Goed 66%
<b>Stroomsnelheid</b>	Tussen 100 ml s <sup>-1</sup> en 300 ml s <sup>-1</sup>	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
<b>Dichtheid mosselen</b>	Enkele honderden	Ontoereikend	Ontoereikend	Ontoereikend	Ontoereikend
<b>Overig</b>	Geen golfslag	Goed	Goed	Goed	Matig
	Afwezigheid predators	Goed	Goed	Goed	Matig

\* Procent van de gemeten waarden 2011-2012 dat voldoet

### *Temperatuur*

De temperatuur van de meren liggen tussen de 0,5°C (Hondhalstermeer februari 2012) en de 21,5°C (Hondhalstermeer augustus 2011), dit is dus binnen de norm van tussen de 0°C en 36,97°C en zou dus niet beperkend moeten zijn voor het voorkomen van de driehoeksmossel.

### *Diepte*

De meren hebben allemaal de gewenste diepte van tussen de 1 en 3 meter, met uitzondering van het Hondhalstermeer, deze is hoofdzakelijk ondieper dan 1 meter. Er zijn wel een aantal plekken dieper dan 1 meter. Mijn verwachting is dat de mossel wel hinder zal ondervinden van de geringe diepte door de hoeveelheid vogels die hier zitten, die hierdoor makkelijker de mossel kunnen eten. Verder zou door de geringe diepte het Hondhalstermeer eerder kunnen dichtvriezen, maar de cijfers spreken dit tegen (laagst waargenomen waarde is 0,5°C).

### *Aanwezige stoffen*

Het voedsel van de mossel bestaat uit plankton, alle meren bevatten voldoende chlorofyl-a. Ook de aanwezigheid van calcium is van belang voor de vorming van de schelpen, de drempelwaarde ligt hierbij tussen de 8 en 12 mg L<sup>-1</sup>. Dit wordt in alle meren ruimschoots gehaald, met waardes vanaf de 40 mg L<sup>-1</sup> (Oldambtmeer). De aanwezigheid van microcystine kan het functioneren van de mossel beperken, alleen in het Zuidlaardermeer is deze in hoge aantallen aanwezig en zou dus een negatieve invloed kunnen hebben op het voorkomen van de driehoeksmossel.

In het Oldambtmeer, Schildmeer en Hondhalstermeer wordt aan alle bovenstaande factoren voldaan, dus de huidige omgevingsfactoren leveren geen problemen op voor de vestiging van de driehoeksmossel hier. Echter de soms hoge waarden van microcystine in het Zuidlaardermeer kan de driehoeksmossel negatief beïnvloeden.

Voor een ecologische waterzuivering is het ook gewenst dat de mossel het water filtert, hier volgt een vergelijking of dit mogelijk is in de vier meren.

De belangrijkste factor is de kwaliteit en de hoeveelheid gesuspendeerd materiaal. Bij waardes tussen de 2 mg L<sup>-1</sup> en 79 mg L<sup>-1</sup> seston kan de mossel verstopt raken. De waardes van seston zijn onbekend, maar omdat dit chlorofyl-a bevat, geven de waardes van chlorofyl-a een goede schatting van de verstopping in de mosselen. Bij de minimale waarde (2 mg L<sup>-1</sup>) zou alleen het Oldambtmeer op bepaalde momenten door mosselen gefilterd kunnen worden, aangezien deze een minimale waarde van <2 mg L<sup>-1</sup> (zie tabel 2) vertoont. Bij de maximale waarde (79 mg L<sup>-1</sup>) kunnen alle meren, behalve het Zuidlaardermeer, gefilterd worden aangezien alle gemiddelde waarden hieronder liggen. Het Zuidlaardermeer heeft wel een aantal waardes onder de 79 mg L<sup>-1</sup> en er zou dus op sommige momenten wel filtratie kunnen plaatsvinden.

Een tweede factor is een optimum temperatuur van tussen de 5 en 20°C. Dit betekent dat er vooral gefilterd zal worden in het voor- en najaar, dit wordt ook bevestigd door de literatuur (Vanderploeg 2009).

De derde factor is stroomsnelheid. Bij een hogere stroomsnelheid zal er meer gefilterd worden, in alle meren is de stroomsnelheid echter nihil. Een voordeel van het Hondhalstermeer en het Oldambtmeer is de snelle doorstroom van het meer, dit heeft als voordeel dat het water niet herfilterd wordt. Echter is er in het Hondhalstermeer ook een sterke golfslag, dit kan een negatief effect hebben omdat dit de mosselen verstoort.

Een laatste factor is de dichtheid van de mosselen, bij een hogere dichtheid zal er een hogere filtratiesnelheid zijn. Zie hieronder de tabel (5) met gevonden dichtheden in de noordelijke meren.

Tabel 5 – Gevonden driehoeksmosselen

Locatiennaam	Monsterdatum	Aantal/m <sup>2</sup>
Oldambtmeer, noordbekken	29-4-2009	1.6
Oldambtmeer, zuidwestbekken	19-4-2010	8
Oldambtmeer, noordbekken	19-4-2010	1.6
Hondhalstermeer, midden	26-5-2011	0.8
Oldambtmeer, zuidwestbekken	26-4-2011	21.6
Oldambtmeer, noordbekken	26-4-2011	2.4
Zuidlaardermeer, meer-noord	27-8-1996	1.6
Schildmeer, midden	7-5-2003	44.8
Schildmeer, zuidwest-over, einde Heerenhuisweg	7-5-2003	4.8

Bij de gemeten filtratiesnelheden in tabel 1 beginnen de mossel dichtheden pas vanaf enkele honderden mosselen per m<sup>2</sup>, dit is nodig om de vereiste waardes van doorzicht en dus een vermindering van chlorofyl-a te verkrijgen, dit wordt dus nog niet behaald in de noordelijke meren.

### 3.4 RISICO'S

Er kunnen dus driehoeksmosselen voorkomen in de noordelijke meren, maar deze brengen ook een aantal risico's met zich mee.

#### *Verstoppen leidingen*

Er zijn verschillende risico's met betrekking tot de driehoeksmossel. Een eerste probleem is dat de driehoeksmossel zich in leidingen van koelwatersystemen kan vestigen (Bijeenkomst Platform Ecologisch Herstel Meren 2000) waardoor deze kunnen verstoppen. Dit is op te lossen door het doseren van chloor, maar dit verslechtert de waterkwaliteit, doordat chloorverbindingen toxisch zijn en vispopulaties, bodem en planten aantasten, maar ook giftig zijn voor mensen als het chloorgehalte in drinkwater te hoog is (Lenntech 2012).

Het verstoppen van leidingen is voor de wateren van Hunze en Aa's alleen relevant bij kanalen, want in de meren komen geen leidingen uit.

#### *Blauwalgen*

Een tweede probleem is dat de driehoeksmosselen niet alleen algen en gesuspendeerd materiaal filteren, maar ook bepaalde bacteriën. Omdat dit selectief gebeurt, ontstaat na de komst van de mossel soms blauwalg (cyanobacteriële bloei) (Elliott et al., 2008). Verschillende onderzoeken nemen na vestiging van de driehoeksmossel een toename in blauwalgen waar in meren met een lage hoeveelheid P (fosfor) in het water (Vanderploeg et al., 2009, Raikow et al., 2004, Bierman et al., 2005). Uit recent onderzoek blijkt dat driehoeksmosselen in meren met hogere P concentraties (25 µg/L) een negatieve invloed hebben op de aanwezigheid van *Microcystis aeruginosa* (Sarnelle et al., 2012). In meren met een lage P concentratie (5-12 µg/l) hadden driehoeksmosselen een positieve invloed op de aanwezigheid van *M. aeruginosa*. Alhoewel het geen onderdeel van het onderzoek was, vermoeden de onderzoekers het volgende mechanisme dat dit verschijnsel verklaart: door het recyclen van nutriënten bij een lage P stimuleert de mossel de groei van *M. aeruginosa*, zover dat de groei hoger is dan de sterfte door het grazen.

In de meren van Hunze en Aa's wordt er met waardes van fosfaat gerekend, ik heb de gewenste waardes van fosfaat omgezet naar hoeveelheid fosfor zodat er een voorspelling gemaakt kan worden over de verschijning van blauwalg bij de gewenste waterkwaliteit van Hunze en Aa's.

Meer	Gewenste waarde fosfaat (mg L <sup>-1</sup> )	Omgerekend in fosfor (µg L <sup>-1</sup> )
Oldambtmeer	≤0.1	15,8
Schildmeer	≤0.1	15,8
Zuidlaardermeer	≤0.1	15,8
Hondhalstermeer	≤0.2	32

Tabel 6 – Omgerekende gewenste waardes fosfor in de noordelijke meren

Uit de tabel blijkt dat de gewenste waarden van fosfor in de noordelijke meren niet overeen komen met de veronderstelde lage waarde van fosfor uit het onderzoek (Sarnelle et al., 2012) (5-12 µg L<sup>-1</sup>). Dus voor deze vier meren hoeft niet gevreesd te worden voor blauwalgplagen door een te lage hoeveelheid fosfor.

Echter in Nederland zijn ook meren gevonden waar het P-gehalte laag was en er geen blauwalg was geconstateerd (Reeders et al., 1989). Dit heeft te maken hebben met de hoeveelheid water die de mossel filtert. In veel Amerikaanse studies naar de driehoeksmossel, waar deze soms echt een plaag vormt, kan de mossel wel tot 0.7 deel van de waterkolom per dag filteren, terwijl dit aandeel in de kleinere Nederlandse meren maar tussen de 0.09 en 0.06 deel per dag ligt (Vanderploeg et al., 2001).

Het gevaar van blauwalggroei bij een lage P geldt dus alleen als de mosselpopulatie groot genoeg is om grote hoeveelheden water te filteren.

#### 4. DISCUSSIE

In dit paper heb ik alleen gekeken naar driehoeksmosselen in vier noordelijke meren, omdat deze zijn opgenomen in de KRW. Sloten zijn hierin niet opgenomen, maar vormen wel een groot deel van de waterhuishouding. Relevant kan het dus nog zijn om het effect van de mosselen in sloten te bestuderen, maar deze zijn voornamelijk te vervuild door de landbouw (pers. comm. Hunze en Aa's).

Verder kan het nuttig zijn ook het voorkomen van driehoeksmosselen in brakke wateren te bestuderen, om in te schatten of de soort ook in brakke en licht brakke systemen kan worden ingezet voor waterkwaliteitsverbetering. Het voorkomen van de mossel vermindert sterk vanaf een zoutwaarde van 8‰ (Bij de Vaate 2008b). In licht brakke (brak vanaf een waarde van 0.1-0.3‰) wateren zou de mossel zich dus ook kunnen handhaven en wordt hier vaker voor waterkwaliteitsverbetering ingezet (Zaiko & Daunys 2012).

Bij hogere waardes kan de blauwe mossel (*Mytilus edulis*) worden ingezet, maar, net als bij andere mosselen, is er weinig onderzoek gedaan naar de filtratiesnelheden (Zaiko 2012). Een uitzondering hierop vormt de quaggamossel (*Dreissena bugensis*), een exoot die nauwelijks van de driehoeksmossel is te onderscheiden, maar pas vanaf 2004 in de Nederlandse wateren is gevonden (Bij de Vaate, 2008a). Op een aantal plekken, zoals de Rijn, is de quagga-mossel in grote aantallen aanwezig, terwijl de driehoeksmossel populatie juist afneemt (Schäfer et al., 2011). De quaggamossel vervangt de driehoeksmossel op veel plekken in Europa, maar behalve het verlies van een soort, verandert er voor het ecosysteem niet veel. De quaggamossel bezet een iets grotere habitat en heeft dezelfde filtratiesnelheden als de driehoeksmossel (tabel 1 en Bij de Vaate, 2008b).

Een ander discussiepunt is dat er nog veel onzekerheden zijn bij het onderzoek over de relatie tussen blauwalgplagen en het voorkomen van de driehoeksmossel. In meren met veel driehoeksmosselen werd gevonden, dat bij een hogere hoeveelheid fosfor, minder blauwalgplagen voorkomen. Echter door toevoeging van fosfor wordt eutrofiëring gestimuleerd.

Een laatste discussiepunt gaat over de gevonden waarden van de driehoeksmosselen in de noordelijke meren. De gemeten gegevens zijn onderdeel van bijvangst van onderzoek naar andere waterorganismen. Bij

een gericht onderzoek naar hoeveelheden driehoeksmosselen verwacht ik dat in ieder geval in het Schildmeer en het Oldambtmeer de eigenlijke waarden veel hoger liggen.

---

## 5. CONCLUSIE

In de meren Oldambtmeer en Schildmeer kan de driehoeksmossel bijdragen aan schoner en gezonder water en waarschijnlijk gebeurt dit al, omdat de geschatte aanwezigheid van de driehoeksmossel daar veel hoger ligt en deze meren al aan de normen van het KRW voldoen. In het Hondhalstermeer is het effect van de driehoeksmossel te verwaarlozen aangezien te veel factoren niet voldoen aan de eisen van de mossel (diepte, gevaar voor predatie, golfwerking). In het Zuidlaardermeer zijn de effecten nog onzeker, de factoren die de zebromossel beperken (hoeveelheid seston en aanwezigheid van microcystine), zijn niet altijd te hoog en op de momenten dat deze niet te hoog zijn, kan de driehoeksmossel het water filteren. Echter eerst moet deze zich vestigen in het Zuidlaardermeer en de condities hiervoor zijn niet optimaal voor deze soort.

Hiermee is de onderzoeksvraag te beantwoorden: *Hoe kan de inzet van de driehoeksmossel in noordelijke meren bijdragen aan verbetering van de waterkwaliteit?* De driehoeksmossel kan namelijk bijdragen aan schoner en gezonder water door het verwijderen van nutriënten en chlorofyl-a. In het beheersgebied van Hunze en Aa's kan dit in het Schildmeer en het Oldambtmeer, waarschijnlijk niet in het Hondhalstermeer en misschien in het Zuidlaardermeer.

## DANKWOORD

Ik wil graag Jeroen Meeuse van waterschap Hunze en Aa's bedanken voor het verschaffen van alle benodigde informatie van het waterschap en voor het nakijken van de conceptversie.



## 6. LITERATUUR

- Bierman, V.J., Kaur, J., DePinto, J.V., Feist T.J. en Dilks, D.W., 2005. Modeling the role of zebra mussels in the proliferation of blue-green algae in Saginaw Bay, Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research* 31: 32-55.
- Bij de Vaate, A., 2008a. Het voorkomen van zoetwatermosselen van het geslacht *Dreissena*, de driehoeksmossel en de quaggamossel, in het Hollandsch Diep. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2008/01.
- Bij de Vaate, A., 2008b. Ecologisch vergelijk tussen de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*): een literatuurstudie. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2008/02.
- Bij de Vaate, A., 2009. De verspreiding van de quaggamossel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897), in de Nederlandse rijkswateren in 2008. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2009/01.
- Bruner, K.A., Fisher, S.W. en Landrum, P.F., 1994. The role of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in contaminant cycling: II. Zebra mussel contaminant accumulation from algae and suspended particles, and transfer to the benthic invertebrate, *Gammarus fasciatus*. *J. Great Lakes Res.*, 20 (4): 735-750.
- Budd, J.W., Drummer, T.D., Nalepa, T.F. en Fahnenstiel, G.L., 2001. Remote sensing of biotic effects: zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) influence on water clarity in Saginaw Bay, Lake Huron. *Limnology and Oceanography* 46: 213-223.
- Elliott, P., Aldridge, D. C. en Moggridge, G. D., 2008. Zebra mussel filtration and its potential uses in industrial water treatment. *Water research*, 42: 1664-1674.
- Fishman, D.B., Adlerstein, S.A. Vanderploeg, H.A. Fahnenstiel, G.L. en Scavia, D., 2009. Causes of Phytoplankton Changes in Saginaw Bay, Lake Huron, during the zebra mussel invasion. *Journal of Great Lakes Research*, 35 (4): 482-495.
- Gobas, F.A.P.C., McCorquodale, J.R. en Haffnel G.D., 1993. Intestinal absorption and of organochlorines. *Environ. Toxicol. Chem.*, 12: 567-576.
- Helpdesk Water. *Driehoeksmosselen*. Geraadpleegd op 3 mei 2012 via: <[www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie\\_maatregelen/ingreep\\_in\\_de/driehoeksmosselen](http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie_maatregelen/ingreep_in_de/driehoeksmosselen)>.
- Hunze en Aa's, 2009. Beheerplan Hunze en Aa's 2010-2015. Geraadpleegd op 5 mei 2012 via: <<http://www.hunzeenaas.nl/Organisatie,ontwerp-beheerplan-2010-2015>>.
- Kraak, M.H.S., Kuipers, F., Schoon, H., de Groot C.J. en Admiraal, W., 1994. The filtration rate of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* used for water quality assessment in Dutch rivers. *Hydrobiology*, 294: 13-16.
- Lenntech. *Chloor en water*. Geraadpleegd op 30 mei 2012 via: <<http://www.lenntech.nl/elementen-en-water/chloor-en-water.htm>>
- Maclsaac, H.J., Johannsson O.E., Ye, J., Sprulen, W.G., Leach, J.H., McCorquodale, J.A. en Grigorovich, I.A., 1999. Filtering impacts of an introduced bivalve (*Dreissena polymorpha*) in a shallow lake: Application of a hydrodynamic model. *Ecosystems*, 2: 338-350.

- Noordhuis R., Reeders, H.H. en Bij de Vaate, A., 1992. Filtration rate and pseudofaeces production in Zebra Mussels and their application in water quality management. In: Neumann & Jenner (red.), *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha*. Limnology. Aktuell, Band 4, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart: 101-114.
- Orlova, M.I. en Panov, V.E., 2004. Establishment of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas), in the Neva Estuary (Gulf of Finland, Baltic Sea): distribution, population structure and possible impact on local unionid bivalves. *Hydrobiologia*, 514: 207-217.
- Padilla, D.K., Chotkowski, M.A. en Buchan, L.A.J., 1996. Predicting the spread of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) to inland waters using boater movement patterns. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6 (5): 353-359.
- Platform Ecologisch Herstel Meren, 2000. *Verslag bijeenkomst platform ecologisch herstel meren*. Geraadpleegd op 3 mei 2012 via: <<http://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/3822/verslagplatformecologischherstelmeren13april2000.doc>>.
- Reeders, H.H., Bij de Vaate, A. en Slim, F.J., 1989. The filtration rate of *Dreissena polymorpha* (bivalvia) in three Dutch lakes with reference to biological water quality management. *Freshwater Biology*, 22: 133-141.
- Reeders, H.H. en Bij de Vaate, A., 1990. Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): a new perspective for water quality management. *Hydrobiology*, 200/201: 437-450.
- Reeders, H.H. en Bij de Vaate, A., 1992. Bioprocessing of polluted suspended matter from the water column by the zebra mussel (*Dreissena polymorpha* Pallas). *Hydrobiology*, 239: 53-63.
- Rijkswaterstaat, 2009. Tweekleppigen in IJsselmeer en Markermeer, 2006-2008. Nederland: Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied.
- Sarnelle, O., White, J.D., Horst, G.P. en Hamilton, S.K., 2012. Phosphorus addition reverses the positive effect of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on the toxic cyanobacterium, *Microcystis aeruginosa*. *Water research*, 46: 3471-3478.
- Schäfer, S., Hamer, B., Treursić, Möhlenkamp, C., Spira, D., Korlević, M, . . . , Claus, E., 2012. Comparison of bioaccumulation and biomarker responses in *Dreissena polymorpha* and *D. bugensis* after exposure to resuspended sediments. *Arch Environmental Contam Toxicology*, 62: 614-627.
- Sprung, M., 1994. The other life: An account of present knowledge of the larval phase of *Dreissana polymorpha*. H. 2 in *Zebra Mussels, biology, impacts and control*: 39-53.
- Stichting Anemoon. *Dreissena Polymorpha*. Geraadpleegd op 3 mei 2012 via: <<http://www.anemoon.org/anm/voorlopige-kaarten/kaarten-per-soort/zoetwatermollusken/wetenschappelijk/dreissena-polymorpha/?searchterm=dreissena>>.
- Stowa, 2007. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water. Stowa, Utrecht, rapportnummer 2007/32.
- Strayer, D.L., 1991. Projected distribution of the zebra mussel. *Dreissana polymorpha*, in North America. *Can. J. Fish. Aquati. Sci.* 48: 1389-1395.
- Vanderploeg, H. A., Johengen, T.H. en Liebig, J. R., 2009. Feedback between zebra mussel selective feeding and algal composition affects mussel condition: did the regime changer pay a price for its success? *Freshwater Biology*, 54: 47-63.

- Vanderploeg H.A., Nalepa, T.F., Jude, D.J., Mills, E.L., Holeck, K.T., Liebig, J.R., Grigorovich, I.A. en Ojaveer, H., 2002. Dispersal and emerging ecological impacts of Ponto-Caspian species in the Laurentian Great Lakes. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* 59: 1209-1228.
- Vanderploeg, H.A., Liebig, J.R., Carmichael, W.W., Agy, M.A., Johengen, T.H., Fahnenstiel, G.L. en Nalepa, T.F., 2001. Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) selective filtration promoted toxic *Microcystis* blooms in Saginaw Bay (Lake Huron) and Lake Erie. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 1208-1221.
- Zaiko, A. en Daunys, D., 2012. Density effects on the clearance rate of the zebra mussel *Dreissena Polymorpha*: flume study results. *Hydrobiology*, 680: 79-89.