

Factsheet quaggamossel

(Dreissena rostriformis bugensis Andrusov, 1897)

Statuspagina

Titel Factsheet quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*
Andrusov, 1897)
Opdrachtgever Sportvisserij Nederland
Postbus 162
3720 AD BILTHOVEN
Telefoon 030-605 84 00
Telefax 030-603 98 74
E-mail info@sportvisserij nederland.nl
Homepage www.sportvisserij nederland.nl

Auteur(s) W.A.M. van Emmerik
E-mailadres emmerik@sportvisserij nederland.nl
Aantal pagina's 28
Trefwoorden quaggamossel, driehoeksmossel, exoten, vis

Versie definitief
Projectnummer KI201401

Datum 3 april 2014

Bibliografische referentie: W.A.M. van Emmerik, 2014. Factsheet quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897). Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

© **Sportvisserij Nederland, Bilthoven**

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyrighthouder en de opdrachtgever.

Sportvisserij Nederland is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassing van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Sportvisserij Nederland.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
	Aanleiding en doel	4
	Werkwijze.....	4
2	Systematiek en uiterlijke kenmerken	5
	Systematiek en verwantschap	5
	Uiterlijk en herkenning	5
3	Oorsprong, introductie en verspreiding in Nederland	7
	Oorsprong en introductie	7
	Verspreiding in Nederland.....	7
	Omliggende landen	8
4	Leefwijze.....	9
	Levenscyclus.....	9
	Voedsel	9
	Predatie	9
	Competitie.....	10
5	Habitatieisen en tolerantie	11
	Temperatuur.....	11
	Diepte water	11
	Stroomsnelheid	11
	Uitdroging	12
	Zuurstof	12
	Substraat	12
	Saliniteit.....	13
	Zuurgraad	13
	Calcium.....	14
6	Effecten	15
	Filtratie	15
	Accumulatie verontreinigingen	16
	Effecten op vogels	16
	Effecten op macrofauna.....	17
	Effecten op waterplanten.....	17
	Effecten op (blauw)algen.....	17
	Effecten op vis	18
	Impact op het ecosysteem.....	18
	Parasieten	19
	Biofouling (aangroei)	19
7	Beheersmaatregelen	20
	Bestrijden / voorkomen quaggamosselen	20
	Uitzetten van quaggamosselen.....	20
8	Conclusies en discussie	21
	Literatuurlijst	24

1 Inleiding

Aanleiding en doel

De quaggamossel is een soort die de laatste jaren sterk opkomt in Nederland. Het vermoeden bestaat dat de soort een extreem effect heeft op de waterkwaliteit. Binnen de sportvisserij zijn er zorgen over de toename van de quaggamossel en de effecten die dit mogelijk kan hebben op de vis (gebrek aan voedsel voor de overleving van planktivore vis (levensstadia), de waterkwaliteit (extreme helderheid van het water) en het gehele aquatische voedselweb (door sterke wegfiltering van fytoplankton en kleine deeltjes ineenstorting van het voedselweb).

Sommige waterbeheerders willen *Dreissena*'s gebruiken om blauwalgen te bestrijden. Het ministerie van Economische Zaken heeft recent ontheffing gegeven om de quaggamossel uit te zetten op enkele (niet-geïsoleerde) wateren.

Bovenstaande vormde aanleiding om een literatuurstudie uit te voeren. Hierbij liggen de volgende vragen voor:

1. Wat zijn de trends in het voorkomen van de quaggamossel?
2. Is/wordt de biomassa van quaggamossel + driehoeksmossel groter dan de biomassa van alleen de driehoeksmossel (toen de quaggamossel er nog niet was)?
3. Zijn de (te verwachten) effecten van de quaggamossel op onder meer de waterkwaliteit groter dan die van de driehoeksmossel?
4. Zijn er (andere) negatieve effecten bekend van de quaggamossel die niet of minder werden gevonden bij de driehoeksmossel?
5. Zijn er maatregelen tegen de quaggamossel denkbaar en wenselijk?

Werkwijze

Deze factsheet is gebaseerd op een beknopt literatuuronderzoek. Twee recente stukken werden als uitgangspunt gebruikt. Ten eerste is dat het Nederlandse rapport 'Key factors for spread, impact and management of Quagga mussels in the Netherlands' uit 2012 van de Radboud Universiteit Nijmegen (Matthews *et al.*, 2012) en ten tweede een Noord-Amerikaans reviewartikel uit 2013 (Cuhel & Aguilar, 2013), met de titel 'Ecosystem transformations of the Laurentian Great Lake Michigan by nonindigenous biological invaders'.

Aanvullend werd in ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts) met combinaties van trefwoorden *Quagga mussel* of *Dreissena rostriformis bugensis* en *effect(s)*, *impact(s)* gezocht en voor een aantal specifieke aspecten ook woorden als *reproduction*, *temperature*, *cyanobacteria*, *bioaccumulation*, *filtration* en *profunda*. Daarnaast werd op Internet naar relevante (voornamelijk) Nederlandse rapporten en artikelen gezocht met behulp van Google en Google Scholar.

2 Systematiek en uiterlijke kenmerken

Systematiek en verwantschap

Taxonomische indeling	
Rijk	Animalia (dieren)
Stam	Mollusca (weekdieren)
Klasse	Bivalvia (tweekleppigen)
Orde	Veneroida
Familie	Dreissenidae (dreisseniden)
Geslacht	Dreissena

De quaggamossel is een zoetwatermossel, een aquatische tweekleppige mollusk. Hij valt net als de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) onder het geslacht *Dreissena*, deze worden ook wel dreisseniden genoemd.

De soort is vernoemd naar de 'quagga', een uitgestorven zebra-onder soort, omdat deze mossel net als de quagga strepen heeft die vervagen naar de ventrale zijde (de zijde waar de schelp opent).

De wetenschappelijke naam *Dreissena rostriformis bugensis* is een samenvoeging van de taxa *Dreissena rostriformis* en *Dreissena bugensis*, die tegenwoordig worden beschouwd als één soort (Therriault *et al.*, 2004). Ook beide andere namen worden nog wel gebruikt in de literatuur.

In de jaren negentig van de vorige eeuw werd een nieuwe Dreissenasoort onderscheiden die *Dreissena 'profunda'* werd genoemd (ref. in Bij de Vaate, 2008). Deze werd alleen op grote diepte aangetroffen en had andere uiterlijke kenmerken (zoals de afwezigheid van strepen). De verschillen bleken echter fenotypisch te zijn (refs. in Cuhel & Aguilar, 2013).

Uiterlijk en herkenning

De quaggamossel heeft een karakteristieke mosselvorm met een streeppatroon. De quaggamossel kan verward worden met de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*).

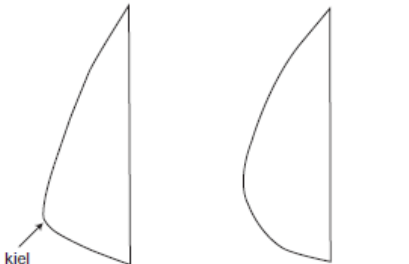
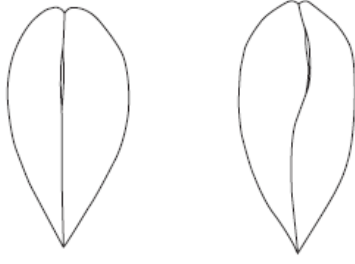


De quaggamossel (boven) en de driehoeksmossel (onder) Bron: (Bij de Vaate, 2008).

Onderscheid tussen quaggamossel en driehoeksmossel:

- bij de quaggamossel zijn de kleppen asymmetrisch (bij de driehoeksmossel symmetrisch) en zit er een bocht in de binnenzijde van de schelpheft (bij de driehoeksmossel is deze recht);
- bij de quaggamossel zijn de kleppen in dwarsdoorsnee afgerond in plaats van gekield zoals bij de driehoeksmossel.
- een minder betrouwbaar kenmerk is dat bij de quaggamossel de strepen naar het aanhechtingspunt van de twee kleppen vervagen. Er is echter te veel variatie binnen de soorten en er zijn ook quaggamosselen zonder strepen;

Tabel 2.1 Uiterlijke kenmerken van de quaggamossel en verschillen met de driehoeksmossel (bron: Bij de Vaate, 2006).

 <p><i>Dreissena polymorpha</i> <i>Dreissena rostriformis bugensis</i></p>		 <p><i>Dreissena polymorpha</i> <i>Dreissena rostriformis bugensis</i></p>	
Kenmerk	driehoeksmossel	quaggamossel	
onderrand schelpheft	vrijwel recht	met duidelijke bocht	
overgang ventrale/dorsale zijde	hoekig/gekield	afgerond	
quotiënt diameter/hoogte	±1	duidelijk <1	
laterale doorsnede	driehoekig	driehoekig met afgeronde basishoeken	
bilateraal	symmetrisch	asymmetrisch	

3 Oorsprong, introductie en verspreiding in Nederland

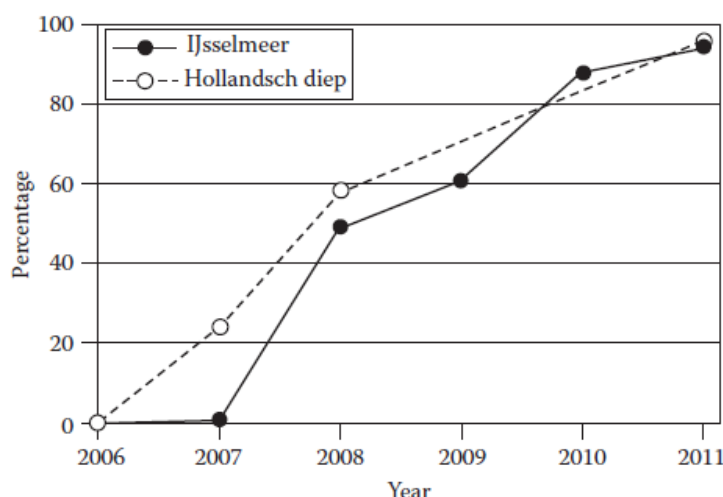
Oorsprong en introductie

De soort is net als de driehoeksmossel afkomstig uit het gebied rond de Zwarte en Kaspische Zee. In 2006 werd de soort voor het eerst aangetroffen in Nederland in het Hollandsch Diep (Bij de Vaate, 2006). Eerst vermoedde men dat de quaggamossel ons land had bereikt via de Donau, het Main-Donaukanaal en de Rijn. Later werd duidelijk dat introductie via de lozing van ballastwater waarschijnlijker is (Bij de Vaate, 2010).

De driehoeksmossel bereikte ons land al in het begin van de 19e eeuw en werd in 1826 voor het eerst in de omgeving van Maastricht waargenomen. Deze soort kan als ingeburgerd beschouwd worden.

Verspreiding in Nederland

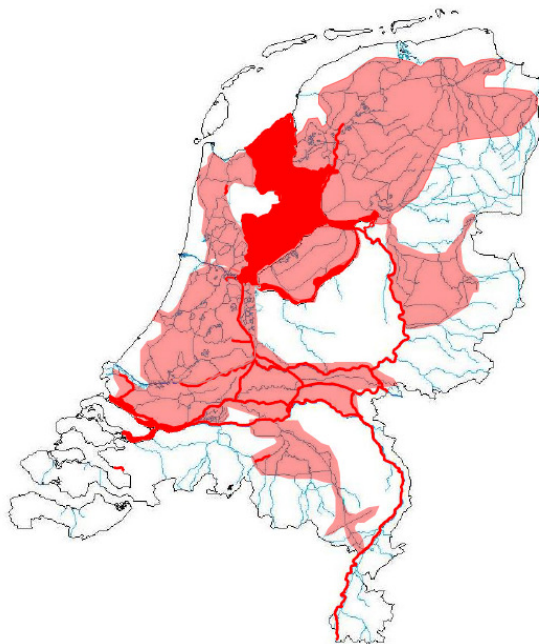
Sinds 2006 is de quaggamossel bezig met een snelle opmars. Net als in de andere landen verdringt hij daarbij vaak de driehoeksmossel (Bij de Vaate & Beisel, 2011; Bij de Vaate *et al.*, 2013). In een aantal Nederlandse wateren was de driehoeksmossel overigens al sterk achteruitgegaan op het moment dat de quaggamossel arriveerde. In delen van het IJsselmeer en het Hollands Diep bestaat de Dreissena populatie nu al voor meer dan 90% uit quaggamosselen (zie Figuur 3.1), in het Markermeer was het aandeel quaggamossel in 2010 al toegenomen tot 60%.



Figuur 3.1 Trends van de relatieve abundantie (%) quaggamossel op de totale populatie Dreissena's in het Hollands Diep en de stortstenen oevers in het zuidelijk deel van het IJsselmeer (bron: Bij de Vaate *et al.*, 2013).

De quaggamossel is inmiddels al verspreid over (zo goed als) alle grote rivieren en grote meren. Volgens Matthews *et al.*, (2012) is de soort present in 60% van de bemonsterde wateren met een permanente open verbinding en 20% in wateren met alleen een verbinding tijdens hoog water. Welke wateren bemonsterd zijn is niet helemaal duidelijk. Met de

grote meren wordt in ieder geval gedoeld op Markermeer, IJsselmeer, de Randmeren en de grote Zeeuwse en Zuid-Hollandse zoete binnenwateren. Ook in een aantal meren in het gebied van Rijnland, Friesland en Noord-Holland is de quaggamossel aangetroffen. Op de Waal, Neder-Rijn en IJssel is de dichtheid (nog) relatief laag (Matthews *et al.*, 2012). In geïsoleerde wateren is de quaggamossel niet of nauwelijks aanwezig. Voor de kolonisatie van dit soort wateren is transport over land noodzakelijk (zie verderop in de tekst). Op het onderstaande kaartje is de huidige en potentiële verspreiding in Nederland weergegeven. De quaggamossel heeft zich in Europa verspreid met een snelheid van gemiddeld 120 km/jaar (met een grote variatie; Matthews *et al.*, 2014).



Figuur 3.2 Huidige verspreiding (rood) en potentiële verspreiding (roze) van de quaggamossel, gebaseerd op de verspreiding van de driehoeksmossel (bron: Matthews *et al.*, 2012).

Omliggende landen

De quaggamossel is in 2007 aangetroffen in de Main, een zijrivier van de Rijn in Duitsland en in 2010 in de Belgische Maas. In 2011 waren er meerdere gerapporteerde waarnemingen in Duitsland, België, Frankrijk en Oostenrijk (Bij de Vaate *et al.*, 2013).

Vectoren/mechanismen van verspreiding

De mosselen kunnen zich onder meer verplaatsen via stroming, wind, gehecht aan materialen (zoals drijfhout en dergelijke) en door eigen beweging in het water.

Quaggamosselen kunnen een korte periode van uitdroging verdragen (Ricciardi *et al.*, 1995). Deze eigenschap draagt bij aan de verspreiding van de soort over land. De mosselen kunnen van het ene naar het andere water worden getransporteerd doordat ze blijven hangen aan netten, boeien, pontons, vaartuigen of trailers of via (ballast)water in schepen, bagger of door predatoren (Matthews *et al.*, 2014).

4 Leefwijze

De biotoop van de quaggamossel komt globaal overeen met die van de driehoeksmossel, dat wil zeggen permanente stilstaande tot licht stromende zoete wateren. Een sleutelfactor is de aanwezigheid van harde materialen waaraan beide soorten zich moeten kunnen vasthechten om hun levenscyclus te kunnen voltooien. Dit harde materiaal mag niet ondergeslibd zijn of bezet door andere dieren (o.a. zoetwatersponzen) want dan kunnen ze zich niet vestigen.

Levenscyclus

Beide Dreissenasoorten hebben een geslachtelijke voortplanting, waarbij zowel de eitjes als het zaad worden afgezet in het open water. Uit onderzoek in het Eriemeer (Noord-Amerika) is gebleken dat vrouwtjes van de quaggamossel 3-4x minder eitjes (per keer) produceren dan vrouwtjes van de driehoeksmossel (Stoeckmann, 2003), het is niet bekend of dit in Nederland ook het geval is.

Dreisseniden hebben als unieke eigenschap dat ze planktonische larvenstadia hebben (Matthews *et al.*, 2014). Door deze vrij levende larvestadia hebben ze een groot koloniserend vermogen. Na ongeveer een maand zetten de larven zich vast op een hard substraat met behulp van byssusdraden.

De quaggamossel wordt gemiddeld 3-5 jaar oud. De gangbare gedachte is dat de soort sneller groeit dan de driehoeksmossel en groter en zwaarder wordt (onderzoek in het Eriemeer, Stoeckmann, 2003), hoewel dat in onder andere het IJsselmeer echter niet het geval is (Bij de Vaate & Jansen, 2012). De maximale schelp lengte van beide soorten ligt rond de 4 cm, terwijl de dichtheden kunnen oplopen tot duizenden exemplaren per m².

Voedsel

Quaggamosselen zijn net als driehoeksmosselen filter-feeders, dat wil zeggen dat ze fytoplankton, bacteriën en detritusdeeltjes uit het water opnemen.

Naast feces wordt ongebruikt materiaal in de vorm van pseudofeces uitgescheiden.

Predatie

- Dreisseniden vormen een belangrijke voedselbron voor overwinterende benthosetende duikeenden (kuifeend, tafeleend, brilduiker en toppereend) en meerkoeten.
- De quaggamossel wordt ook gegeten door de exotische grondels, waaronder met name de zwartbekgrondel (Schiphouwer, 2011; Van Kessel *et al.*, 2013). Het is niet duidelijk of het preferentievoedsel is. Uit Noord-Amerika is bekend dat de aan onze baars verwante soort de 'yellow perch' (*Perca flavescens*) kort na hun introductie geen Dreissena's op het menu had, maar dat dit 10 jaar later toch het geval was. Zhulidov *et al.* (2006) noemen ook blankvoorn, brasem, kolblei, winde, karper en sommige houtingachtigen als predatoren van

dreisseniden. Ook aal zal waarschijnlijk een predator van quaggamosselen zijn omdat die ook driehoeksmosselen op het menu heeft staan (De Nie, 1982).

- Uit onderzoek in de rivier de Don (Rusland) is gebleken dat de quaggamossel met meer voorkeur gegeten wordt dan de driehoeksmossel, mogelijk omdat de quaggamossel daar een dunnere schelp heeft (Zhulidov *et al.*, 2006). Oorzaak daarvan zou zijn dat de schelp van de quaggamossel dunner is, doordat er minder calcium in het water beschikbaar is. De calciumbehoefte bij quaggamosselen zou hoger zijn dan bij driehoeksmosselen.
- Wanneer er voldoende calcium in het water aanwezig is, zoals in de Nederlandse rivieren en de daarmee in verbinding staande wateren, zou de schelp van de quaggamossel juist dikker zijn dan die van de driehoeksmossel. In het IJsselmeer blijkt echter de schelp van de quaggamosselen ook dunner te zijn dan die van de driehoeksmossel (Bij de Vaate, ongepubliceerde gegevens).
- In het Volkerak-Zoommeer lijkt de quaggamossel (nog?) niet gepredeerd te worden (De Vries & Postma, 2013). Mogelijk speelt mee dat er een overmaat aan mosselen aanwezig is op het nabijgelegen Hollandsch Diep en het Haringvliet.
- Omtrent de suggestie dat de quaggamossel lastiger te prederen zou zijn vanwege een sterkere aanhechting aan substraat of kolonie is geen onderbouwing in de literatuur gevonden.
- De quaggamossel kan ook door de mens gegeten worden. Het is echter een soort die microverontreinigingen kan accumuleren, wat een probleem kan vormen hoger in de voedselketen (refs. in Van Kessel *et al.*, 2013) (zie ook paragraaf 6). Daarnaast bevat de mossel vaak ziekteverwekkende micro-organismen. Het wordt dan ook afgeraden de soort te gebruiken voor humane consumptie (Richerson, 2013).

Competitie

- Wanneer de quaggamossel ergens geïntroduceerd is, kan hij de aanwezige driehoeksmosselen binnen enkele jaren verdringen (Bij de Vaate, 2008 en refs. daarin).
- Stoeckmann (2003) verklaart het verschijnsel dat de quaggamossel een competitief voordeel op de driehoeksmossel heeft doordat de soort groter is, een lagere ademhalingsnelheid / lager basismetabolisme heeft en minder energie steekt in reproductie dan de driehoeksmossel.
- De quaggamossel vertoont een sterke competitie met herbivore zoöplankton om het aanwezige fytoplankton en dit werkt door in de voedselketen. Er is dan minder zoöplankton beschikbaar voor bijvoorbeeld juveniele vis. Binnen enkele jaren kan hierdoor de visstand in elkaar storten (ref. in Cuhel & Aguilar, 2013).

5 Habitatieisen en tolerantie

Temperatuur

- De quaggamossel heeft een minder hoge temperatuurtolerantie bovengrens dan de driehoeksmossel (Spidle *et al.*, 1995; refs. in Stoeckmann, 2003) maar een watertemperatuur van 26°C kunnen ze voor langere tijd goed verdragen (Stoeckmann, 2003). De maximumtemperatuur ligt rond de 25-34°C (refs. in Matthews *et al.*, 2012).
- De literatuurdata over de ondergrens van de temperatuurtolerantie zijn tegenstrijdig. Volgens Matthews *et al.* (2012) reageren quaggamosselen anders dan op een lage temperatuur dan driehoeksmosselen. Bij 5°C vertonen ze onder meer minder groei van de byssusdraden dan de driehoeksmossel.
- Uit de Noord-Amerikaanse literatuur is bekend dat de quaggamossel beter tegen lage temperaturen bestand is dan de driehoeksmossel. Daardoor is de quaggamossel in staat de diepe zones van diepe meren te koloniseren. Uit Noord-Amerika is ook bekend dat de quaggamossel de hele winter actief blijft filteren terwijl de driehoeksmossel dan niet actief is (Cuhel & Aguilar, 2013).
- Aanwijzingen voor voortplanting van de quaggamossel bij temperaturen rond de 5°C werd gevonden in het Eriemeer, terwijl de driehoeksmossel volgens de meeste bronnen pas bij temperaturen $\geq 12^{\circ}\text{C}$ wordt waargenomen (Roe & MacIsaac, 1997).

Diepte water

- Uit de Noord-Amerikaanse literatuur komt naar voren dat er twee vormen zijn binnen de soort quaggamossel: de profundale vorm met een langere sifon die in diepe wateren voorkomt (tot 80 m) en vaak op zachte substraten (zoals zand en klei) hecht en de pelagische vorm die (ondieper) hecht aan hard substraat, net als de driehoeksmossel (Roe & MacIsaac, 1997; ref. in Cuhel & Aguilar, 2013). Het gaat meer om fenotypische dan om genetische verschillen (ref. in Cuhel & Aguilar, 2013). Deze profundale vorm is in 2012 voor het eerst in Europa aangetroffen in een stuwmeer langs de Wolga (ref. in Matthews *et al.*, 2014). In het Markermeer en IJsselmeer zijn ook wel van dit type ongestreepte (witte) quaggamosselen aangetroffen (Bij de Vaate, persoonlijke mededeling).
- Matthews *et al.* (2012) vonden bij veldproeven in Nederland dat quaggamosselen nauwelijks overleefden op 17 m in tegenstelling tot de driehoeksmossel. Een diepte van 10 meter was geen probleem voor de quaggamossel.

Stroomsnelheid

- Volgens de literatuur ligt de maximale stroomsnelheid voor beide dreisseniden rond de 0,09-0,2 m/s (Ackerman, 1999). In de praktijk blijken de mosselen ook in water met een hogere stroomsnelheid voor te komen. Bij hogere stroomsnelheden worden waarschijnlijk zowel de filter-feeding als de hechting van larven aan het substraat beperkt.

Quaggamosselen lijken iets gevoeliger voor hogere stroomsnelheden dan de driehoeksmossel (Matthews *et al.*, 2012).

Een mogelijke verklaring hiervoor is de geringere byssusdradenproductie van quaggamosselen ten opzichte van de driehoeksmossel (Peyer *et al.*, 2009 in Matthews *et al.*, 2014), hoewel ander onderzoek een verschil in sterkte van aanhechting tegenspreekt (Ackermann *et al.*, 1995 in Matthews, *et al.*, 2014).

Uitdroging

- De quaggamossel is minder goed bestand tegen uitdroging dan de driehoeksmossel, bij bijvoorbeeld wisselende waterstanden. Bij 20°C en een uitdrogingsperiode tot 5 dagen is de overleving van de quaggamossel 15-100% lager dan van de driehoeksmossel. De mate waarin de mossel bestand is tegen uitdroging varieert met de temperatuur, de luchtvochtigheid en de grootte van de mossel. Globaal kunnen Dreissena's bij gematigde zomerse omstandigheden 3-5 dagen buiten het water overleven (Ricciardi *et al.*, 1995).

Zuurstof

- De quaggamossel is beter / langer tegen bestand tegen lage zuurstofconcentraties dan de driehoeksmossel. Precieze data zijn moeilijk te geven, want deze zijn afhankelijk van de temperatuur en de grootte van de schelp (Karatayev *et al.*, 1998)).

Substraat

- Na het vrij levende larvale stadium hechten de quaggamosselen zich met hun byssusdraden aan substraat. Door de meeste auteurs wordt gesteld dat ze zich aan hard substraat hechten. Dit hoeft niet noodzakelijkerwijs primair hard substraat te zijn; de mosselen kunnen zich ook op andere mosselen of losse schelpen hechten. Ook kunnen ze zich op elkaar hechten zodat ze door elkaar heen in kluiten voorkomen. Wanneer de kluiten aan elkaar gaan groeien ontstaan mosselbanken. Op deze manier kunnen mosselbanken ook op zachtere bodems ontstaan (refs. in Bij de Vaate, 2008).
- Matthews *et al.* (2012) hebben waargenomen dat quaggamosselen zich ook kunnen hechten aan kunstmatige materialen zoals houten en stenen beschoeiingen, stenen om oevererosie tegen te gaan en harde materialen die in het water terecht zijn gekomen (glas, plastics, rubber en metalen zoals autowrakken, fietsen, enz.). Daarnaast wordt beton genoemd als substraat (Matthews *et al.*, 2014).



- Zoals eerder genoemd, is in Noord-Amerika gebleken dat een bepaald fenotype van de quaggamossel zich onder bepaalde omstandigheden op zachtere substraten kan vestigen (ref. in Cuhel & Aguilar, 2013). Een tijdlang werd gedacht dat dit type in Nederland niet voorkwam, maar nu is deze toch gesignaleerd in het Markermeer en het IJsselmeer (Bij de Vaate, ongepubliceerde waarnemingen).
- Quaggamosselen lijken minder dan driehoeksmosselen in staat zich te hechten aan waterplanten (refs. in Matthews *et al.*, 2014).
- Quaggamosselen blijken zich goed te kunnen vestigen als kluitjes aan elkaar en zijn daarom minder afhankelijk van hard substraat (Van Geest & Noordhuis, 2013B; concept).

Voedselrijkdom

- De quaggamossel is bij relatief lage voedselrijkdom in het voordeel ten opzichte van de driehoeksmossel: hij heeft dan een relatief hoge groeisnelheid (ref. in Bij de Vaate, 2008).
- De range van voedselomstandigheden is groter bij de quaggamossel dan bij de driehoeksmossel: ook onder slibrijke omstandigheden of bij hogere concentraties anorganisch zwevend stof doet de soort het beter (refs. in Bij de Vaate, 2008).

Saliniteit

- De soort verdraagt net als de driehoeksmossel zwak brak water. Uit diverse onderzoeken komt ook naar voren dat de tolerantie hoger is na een acclimatisatieperiode (Bij de Vaate, 2008).
- Uit onderzoek van Spidle *et al.* (1995) is gebleken dat beide soorten een saliniteit van meer dan 5‰ niet langer dan 18 dagen overleefden. Matthews *et al.* (2012) lieten zien dat beide soorten bij een saliniteit van 4‰ of meer geen bysussdraden meer produceren.
- Uit een Russisch onderzoek in de rivier de Don bleek een positief verband tussen de saliniteit en het aandeel quaggamosselen ten opzichte van de driehoeksmosselen (ref. in Bij de Vaate, 2008). Op grond van deze waarnemingen lijkt de quaggamossel een grotere tolerantie voor zout te hebben dan de driehoeksmossel.

Zuurgraad

- De pH bovengrens voor de driehoeksmossel ligt tussen de 9,3 en 9,6 (Bowman & Bailey, 1998), voor de quaggamossel zijn geen data bekend. Een pH beneden de 8 is niet optimaal voor dreisseniden, maar

ze kunnen een pH tussen 7,5 en 8 goed verdragen, 7,4 is ongeveer de ondergrens voor de driehoeksmossel (refs. in Matthews *et al.*, 2014). Een pH van 6,9 leidde op lange termijn tot sterfte van quagga- en driehoeksmosselen (refs. in Matthews *et al.*, 2012).

Calcium

- Calcium is een belangrijke bouwstof voor de schelp van mosselen. De quaggamossel lijkt een grotere calciumbehoefte te hebben dan de driehoeksmossel. Onder de 8 mg Ca/l worden geen driehoeksmosselen aangetroffen, voor quaggamosselen is de ondergrens 12 mg Ca/l. Een Ca-concentratie van >25 mg/l zou nadelig te zijn voor driehoeksmosselen (refs. in Bij de Vaate, 2008).
Onderzoek naar effecten van calcium op Dreissena's is in Nederland nooit uitgevoerd. Een mogelijk calciumgebrek speelt in het grootste deel van de Nederlandse oppervlaktewateren namelijk geen rol omdat die direct of indirect met de Rijn of Maas in verbinding staan en waarin de Ca-concentratie schommelt tussen de 40 en 90 mg/l. Gezien deze range en het feit dat de quaggamossel zich kennelijk uitstekend thuis voelt in ons land lijkt een grens van 25 mg Ca/l waarboven ook mogelijk negatieve effecten zijn te verwachten voor deze soort wel erg laag.

6 Effecten

Filtratie

Er zijn zorgen over het (extreem) helder worden van een aantal wateren, waaronder de Randmeren en (delen van) het IJsselmeer. Er zijn indicaties dat de quaggamossel meer filtert dan de driehoeksmossel en door zijn verdringing van de driehoeksmossel deze toegenomen helderheid veroorzaakt.

Hieronder zijn enkele gegevens uit de literatuur op een rij gezet:

- Een driehoeksmossel van 2 cm filtert in de zomer ongeveer een liter water per dag (Reeders & Bij de Vaate, 1992). Maar de in de literatuur genoemde filtratiesnelheden variëren sterk omdat ze o.a. afhankelijk van de proefopzet/omstandigheden (Bij de Vaate, 2008).
- Het gebied dat de Dreissena's beïnvloeden met filter-feeding is beperkt tot minder dan een meter afstand van de mosselen. Voor de mate van effect is menging van de waterkolom (bijvoorbeeld door windwerking) van belang (ref. in Matthews *et al.*, 2012).
- Volgens Ackerman (1999) is er geen significant verschil tussen beide Dreissenasoorten (60-70 ml/uur voor mosselen van 11 mm lengte bij een stroomsnelheid van <10 cm/s). Bij een stroomsnelheid van > 20 cm/s neemt de filtratiecapaciteit van beide soorten af. Grotere mosselen filteren meer per tijdseenheid dan kleinere mosselen.
- Diggins (2001) vond in laboratoriumproeven met beide Dreissena-soorten bij de quaggamossel een 27% hogere filtratiesnelheid dan bij de zebromossel (lengte mosselen 20 mm; filtratiesnelheid resp. 309 en 226 ml/uur/mossel).
- In Lake Michigan in Noord-Amerika is gebleken dat de quaggamossel het hele jaar blijft doorfilteren, ook in de winter, terwijl de driehoeksmossel een winterrust kent (Cuhel & Aguilar, 2013).

Verdringing driehoeksmossel of co-existentie van Dreissena's

- Uit data van het Markermeer/IJmeer komt naar voren dat het biovolume aan driehoeksmosselen al afneemt sinds de jaren negentig van de twintigste eeuw, maar dat sinds de opkomst van de quaggamossel in 2007 het biovolume van de quagga- en driehoeksmosselen gezamenlijk 25% hoger was dan dat van de driehoeksmossel (Van Geest & Noordhuis, 2013A, zie Tabel 6.1).
- Matthews *et al.* (2012) hebben voor 12 locaties (grote meren en rivieren) bekeken of het totale biovolume van de dreisseniden toenam door de recente opkomst van de quaggamossel. Voor 7 van de 12 locaties bleken echter geen dichtheidsdata beschikbaar te zijn. Van de andere 5 bleken 2 een toename van de totale Dreissena-dichtheid te vertonen, 2 een afname en 1 vertoonde geen duidelijke trend.

Tabel 6.1 Verloop van het biovolume van de Dreissenamosselen in Markermeer/ IJmeer vanaf 1981 tot 2011 (data afkomstig van refs. in Van Geest & Noordhuis, 2013A).

jaar (Dreissenasamenstelling)	biovolume Dreissena's
1981 (alleen driehoeksmossel)	90 ml/m ²
1993 (alleen driehoeksmossel)	71 ml/m ²
2000 (alleen driehoeksmossel)	32 ml/m ²
2006 (alleen driehoeksmossel)	22 ml/m ²
2011 (quagga- + driehoeksmossel)	115 ml/m ²

Accumulatie verontreinigingen

- Quaggamosselen vertonen net als de driehoeksmossel accumulatie van verontreinigingen, bijvoorbeeld zware metalen (Matthews *et al.*, 2012). Er treden verschillen in mate van accumulatie op in verschillende wateren en in verschillende seizoenen. Onderzoek in Nederland heeft geleid tot uiteenlopende resultaten met betrekking tot de soort-specifieke accumulatie van zware metalen. Het overall beeld is dat de meeste zware metalen door de quaggamossel niet in hogere mate geaccumuleerd lijken te worden dan in driehoeksmosselen, behalve selenium, arseen en lood. Selenium is een stof die in hogere concentraties toxisch kan zijn voor vissen (zoals zalm, Hamilton *et al.*, 1990) en vogels (refs. in Matthews *et al.*, 2012). Zware metalen-verontreinigingen in het Nederlandse oppervlaktewater zijn echter de laatste decennia afgenomen, dus naar verwachting zullen eventuele gezondheidtrisico's ook afnemen.
- Glorius & Kotterman (2012)(IMARES) geven aan dat uit de biologische monitoring van microverontreinigingen in de Rijkswateren in 2011 bleek dat de quaggamossel ongeveer in gelijke mate stoffen accumuleert als de driehoeksmossel (het gaat wel om een vergelijking tussen verschillende jaren). Over het algemeen blijven de verschillende stoffenconcentraties in de mosselen onder de normen.
- Schaefer *et al.* (2012)(Duitsland) lieten in laboratoriumexperimenten met rivierslib zien dat de quaggamossel meer PCB's en enkele andere organochloorverbindingen accumuleert dan de driehoeksmossel. Dit wordt deels veroorzaakt doordat de quaggamossel een hoger vetgehalte heeft dan de driehoeksmossel en deze stoffen zich ophopen in vetweefsel.
- Vanuit Amerikaanse studies is bekend dat door ophoping van toxische stoffen in de pseudofeces van Dreissena's toxische effecten kunnen optreden op macrofauna (Watkins *et al.*, 2007) en op die manier verder kunnen doorwerken in de voedselketen (Snyder *et al.*, 1997).

Effecten op vogels

- Zoals al eerder vermeld vormen dreisseniden belangrijk stapelvoedsel voor watervogels op onder andere IJsselmeer, Markermeer, Hollandsch Diep en Haringvliet. Nadat de hoeveelheid driehoeksmosselen was afgenomen op het Markermeer bleek de quaggamossel dit te kunnen compenseren (Noordhuis *et al.*, 2010 in Matthews *et al.*, 2102).
- Dreisseniden (quaggamosselen en driehoeksmosselen) accumuleren sporen van de bacterie *Clostridium botulinum*, die botulisme kan veroorzaken (met het type E toxine). Ook in de omgeving van de

mosselbanken, met daarin dode schelpen, feces en pseudofeces kan deze bacterie zich ophopen. Dit kan (onder ander) vogels die mosselen of vissen eten vergiftigen.

Effecten op macrofauna

- Volgens Matthews *et al.*, 2012 zijn op harde substraten in de Nederlandse waterwegen de overall effecten van de huidige dichtheid aan quaggamosselen op zich positief voor de dichtheid en diversiteit van de macrofauna. Verdere toename van de quaggamosseldichtheid (zoals te zien in de Kraaijenbergse plassen, waar één dicht tapijt van schelpen de bodem bedekt) zou wel tot afname van de abundantie van bepaalde macrofaunasoorten kunnen leiden. Wittmann *et al.* (2011) melden ook dat de biodiversiteit van macro-invertebraten afneemt bij een quaggamosseldichtheid van $\geq 2500/m^2$.
- De quaggamossel hecht zich net als de driehoeksmossel ook op andere inheemse mosselen zoals de schildersmossel en de zwanenmossel (de unioniden). Daarbij treedt groeiremming van de geïnfecteerde mossel op (Matthews *et al.* 2012).

Effecten op waterplanten

- Doordat dreisseniden zorgen voor een groter doorzicht in het water (in Oneida Lake, New York, ging het doorzicht van 3,0 naar 5,1 meter), kunnen ze bijdragen aan het herstel van de onderwatervegetatie. Waar voorheen het water troebel was, kunnen planten terugkomen. Waar al wel vegetatie aanwezig is, zal de samenstelling van de watervegetatie kunnen veranderen.
- In de zuidelijke Randmeren hangt de toename van het doorzicht en de waterplanten ook samen met (onder andere) een toename van de quaggamossel (Van Geest & Noordhuis, 2013B; concept).
- De prognose is dat een verdere toename van de quaggamossel kan leiden tot helderder wateren en een (verdere) toename van de waterplantengroei (Matthews *et al.*, 2012).
- Bij hoge dichtheden aan mosselen gaan deze zich mogelijk ook hechten aan planten. Hierdoor en door het afzetten van pseudofeces en feces krijgen de planten minder licht, wat kan leiden tot remming van de fotosynthese en achteruitgang van de waterplanten. Maar men verwacht dat deze effecten geringer zijn dan het helderder worden van het water (refs. in Matthews *et al.*, 2012).

Effecten op (blauw)algen

- Uit Noord-Amerika is bekend dat Dreissena's (mogelijk de quaggamossel nog meer dan de driehoeksmossel) bloei van blauwalgen kunnen veroorzaken doordat de mosselen deze niet 'lusten' en daarom selectief via de pseudofeces uitscheiden. De cellen van de algen zijn dan nog levensvatbaar en gaan extra snel groeien vanwege verminderde competitie om voedingsstoffen (Nalepa, 2010). Uit Nederland is dit niet bekend.
- Een verhoogde hoeveelheid toxische blauwalgen in relatie met de quaggamossel zou een relatie hebben met lagere P concentraties (ref. in Matthews *et al.*, 2012).
- Driehoeksmosselen worden in Nederland lokaal toegepast om (al dan niet toxische) blauwalgenbloei te verhelpen/voorkomen (onder andere

Dionisio Pires *et al.*, 2005). Ook wordt waargenomen dat de door de mosselen gefilterde blauwalgen (deels?) naar buiten worden gewerkt met de pseudofeces. De vraag is dan of het inzetten van Dreissena's dan niet contraproductief kan werken.

- Van het Volkerak-Zoommeer is bekend dat de blauwalgenoverlast is verdwenen en het doorzicht is toegenomen sinds de opkomst van de quaggamossel (Van Hoorn & Visser, 2012).
- Met veldexperimenten (Wolderwijd) hebben Reeders & Bij de Vaate (1990, in: Bij de Vaate *et al.*, 2014) aangetoond dat 675 driehoeksmosselen per m² voldoende is om blauwalgenbloei in een eutroof meer tegen te gaan.

Effecten op vis

- Bij de effecten die Dreissena's kunnen hebben op vis gaat het om competitie om habitat, voedsel en schuilplaatsen voor predatoren. Het dieet van de mosselen overlapt met dat van planktivore (levenstadia van) vis: het gaat zowel om competitie om fytoplankton dat het voedsel vormt voor zoöplankton, als de competitie om (micro)-zoöplankton zelf (bijvoorbeeld raderdiertjes (Rotifera)).
- Een aantal vissoorten gebruikt Dreissena's als voedsel (of leren deze naar verloop van tijd te eten).
- Er is ook een aantal indirecte effecten te noemen. Zo zal een toename van het doorzicht een effect hebben op de visstand.
- In Lake Michigan stortte de visstand en de visserij volledig in, enkele jaren na de opkomst van de quaggamossel (Cuhel & Aguilar, 2013).
- Wanneer er dichte mosselbanken ontstaan is het voor bentivore vis moeilijk om bentische invertebraten te prederen (refs. in Matthews *et al.* 2012).
- Ook in Nederland zijn effecten op planktivore en bentivore vissoorten te verwachten, maar de omvang hiervan is nog onzeker. Matthews *et al.* (2012) verwachten een kleine afname van de productiviteit van planktivore vis en menen dat het effect op bentivore vis alleen te verwachten is op locaties met hoge dichtheden aan quaggamosselen op de bodem. De grootte van het effect is afhankelijk van hoe groot het biovolume quaggamosselen uiteindelijk wordt.
- Een negatief effect van de dreisseniden op de inheemse unionide mosselen kan indirect een effect hebben op de bittervoorn die voor de voortplanting afhankelijk is van de deze soorten. Hiervan zijn voorbeelden bekend (Vrtilek & Reichard, 2012).

Impact op het ecosysteem

- Matthews *et al.* 2012 geven aan dat de quaggamossel in de meeste gevallen niet meer impact heeft dan de driehoeksmossel wanneer hij de driehoeksmossel vervangt (zie Tabel 6.2). Als echter beide mosselsoorten aanwezig blijven kan het cumulatief effect groter zijn.

Tabel 6.2 Relatieve impact van de quaggamossel in vergelijking met de driehoeksmossel (bron: Matthews et al. 2012).

Impact	Characteristic of impact	Relative impact prediction
Macroinvertebrates	- / +	X
Waterfowl	- / +	↑
Unionid mussels	-	0 / ↓
Macrophytes	+	X
Fish – benthic feeders	+ / -	X
Fish – pelagic feeders	-	X
Cyanobacteria abundance	-	0 / ↑
Parasites	-	0
Economic	-	X

+ positive; +/- positive and negative; - negative; ↑ impact is greater; 0 impact is the same; ↓ impact is lower.; x no evidence to suggest that a greater impact will be experienced.

Parasieten

- Quaggamosselen dragen parasieten bij zich die zich verder in het aquatisch ecosysteem zouden kunnen verspreiden. Het lijkt dezelfde range van parasieten te zijn als die de driehoeksmossel bij zich draagt. Er is niet veel bekend over de gevolgen (Matthews *et al.*, 2012).

Biofouling (aangroei)

- Vanuit Noord-Amerika is bekend dat dreisseniden voor grote problemen kunnen zorgen doordat zij verstoppingen kunnen veroorzaken bij waterinnamepijpen, waterzuiveringen en koelwaterinstallaties van energiebedrijven. Het verwijderen van de mosselen leidt tot hoge kosten. Ook de aangroei op scheepsrompen kan probleem zijn.
- Het is niet bekend wat de kosten van de bestrijding van aangroei in Nederland zijn en ook niet of het hier überhaupt een probleem vormt. Ook is niet bekend of er verschil is in de mate van aangroei tussen beide dreissenide soorten.

7 Beheersmaatregelen

Bestrijden / voorkomen quaggamosselen

Matthews *et al.* (2012) noemen een aantal beheersmaatregelen om de verspreiding van de quaggamossel te voorkomen, zoals:

- Ontsmetting van materialen die van het ene water naar het andere water worden getransporteerd.
- Water zo beheren dat verdere verspreiding wordt geremd/voorkomen (door maatregelen met betrekking tot bijvoorbeeld stroomsnelheid en peilbeheer).
- Voorlichting om het publiek te informeren over risico's, mogelijke bronnen van verspreiding en om draagvlak voor maatregelen te verhogen.

Uitzetten van quaggamosselen

- De quaggamossel is als soort niet opgenomen in de Visserijwet of de Flora- en Faunawet. Voor dergelijke exoten geldt een uitzetverbod. Het uitzetten van deze mosselen mag alleen met een vrijstelling of ontheffing op grond van artikel 14 van de Flora- en Faunawet.
- Quaggamosselen worden (net als driehoeksmosselen) sinds kort ingezet in een onderzoek om blauwalgen te bestrijden. Gaaskratten met mosseltjes van enkele mm's groot, die zich hebben gehecht op het gaasmateriaal, worden uitgezet in wateren die last hebben van blauwalgenbloei.
- Gezien de grote ecologische effecten die de quaggamosselen in Noord-Amerika hebben – biofouling, verregaande oligotrofiëring en achteruitgang van vissoorten en zoetwatermosselen - lijkt het echter verstandiger grote terughoudendheid te betrachten met de introductie van deze soort, zeker zo lang er weinig bekend is over de effecten op andere/inheemse soorten in Nederland.

8 Conclusies en discussie

(aan de hand van de in de inleiding gestelde vragen)

1. *Wat zijn de trends in het voorkomen van de quaggamossel?*

De quaggamossel heeft net als de driehoeksmossel een vrij brede tolerantie en is goed aangepast aan de fysisch-chemische condities in de Nederlandse wateren. Hij heeft zich sinds 2006 in enkele jaren verspreid naar een groot deel van de hydrologisch in open verbinding staande wateren in Nederland.

De dichtheid is op sommige plekken (nog) vrij laag, op andere plekken is de driehoeksmossel bijna verdrongen.

Omdat de quaggamossel een korte periode van uitdroging (globaal 3-5 dagen) kan verdragen kan de soort over land getransporteerd worden (gehecht aan onder andere boten, visgerei en mogelijk andere voorwerpen) en zal daardoor waarschijnlijk ook in veel geïsoleerde wateren terecht komen. Doordat deze periode korter is dan bij de driehoeksmossel zal de verspreiding langzamer zal gaan.

Tijdens de beginfase van de kolonisatie kunnen mosselpopulaties explosief toenemen, maar het is te verwachten dat dit wordt gevolgd door een afname tot meer stabiele en duurzame niveaus (bekend van de driehoeksmossel, refs. in Matthews *et al.*, 2012). Dit verloop wordt trouwens vaak waargenomen bij invasieve exoten.

De quaggamossel heeft op een aantal punten competitief voordeel ten opzichte van de driehoeksmossel en heeft de driehoeksmossel in een aantal wateren in Nederland al bijna geheel of deels verdrongen.

Vraag 2 en 3 worden samen behandeld.

2. *Is/wordt de biomassa van quaggamossel + driehoeksmossel groter dan de biomassa van alleen de driehoeksmossel (toen de quaggamossel er nog niet was)?*

3. *Zijn de (te verwachten) effecten van de quaggamossel op onder meer de waterkwaliteit groter dan die van de driehoeksmossel?*

Of de quaggamossel meer effect op het doorzicht van het water zal hebben dan de driehoeksmossel in het verleden, is afhankelijk van de volgende aspecten:

- a. Filteren quaggamosselen meer/sneller?
- b. Verdringen ze de driehoeksmosselen of blijven er ook nog driehoeksmosselen aanwezig?
- c. Wordt een grotere dichtheid bereikt door de quaggamosselen of de quaggamosselen + de driehoeksmosselen dan de voorheen alleen de driehoeksmosselen?

- d. Kunnen quaggamosselen meer habitats bezetten dan driehoeksmosselen?
- e. Zijn ze toleranter voor de milieuomstandigheden?

Op deze vragen kan - met de huidige kennis - echter nog geen eenduidig antwoord worden gegeven:

- a. Er is geen overeenstemming over de filtratiecapaciteit van beide soorten (en veel variatie in de beschikbare data);
- b. Het is nog niet duidelijk of de driehoeksmosselen in Nederland geheel verdrongen worden of dat ze naast de quaggamossel aanwezig blijven. Vaak blijven er in onderzochte wateren wel driehoeksmossel aanwezig, de hoeveelheid varieert per water(type). Of de driehoeksmossel verdwijnt, zal de tijd leren.
- c. In de Nederland is in het verleden weinig aandacht geweest voor de dichtheid / biomassa van de driehoeksmosselen. Daarom is het nu voor de meeste wateren niet goed mogelijk aan te geven of de quaggamossel een grotere dichtheid bereikt of niet. Het kleine aantal locaties waarvan wel data bekend zijn geeft verschillende uitkomsten te zien: in enkele wateren is de biomassa van beide Dreissena's samen hoger dan die van de driehoeksmossel in het verleden, in andere lager, of gelijk (Matthews *et al.*, 2012).
Uit gegevens van het Markermeer /IJmeer is echter wel gebleken dat het biovolume aan dreisseniden samen in 2011 25% hoger was dan begin jaren tachtig toen er alleen nog driehoeksmosselen voorkwamen (Van Geest & Noordhuis, 2013A).
- d. Het is lastig hierop antwoord te geven omdat de quaggamossel geen duidelijke voorkeur of acceptatie van habitats vertoont. In de Great Lakes in Noord-Amerika is gebleken dat de quaggamossel meer habitats kan bezetten dan de driehoeksmossel: ook in diepere wateren en op zacht substraat komt (een bepaalde type van) de soort voor. In Nederland leek dit type eerst niet voor te komen, maar het is nu toch aangetroffen in het Markermeer en IJsselmeer (Bij de Vaate, ongepubliceerde waarnemingen).
- e. Voor wat betreft tolerantie: quaggamossel is beter bestand tegen voedselarmere wateren dan de driehoeksmossel. Als ze dit voedselarme water verder filteren valt te verwachten dat dit zal leiden tot meer doorzicht dan bij filtratie door de driehoeksmossel. Dit kan ook leiden tot een (in eerste instantie) (verdere) toename van de waterplantengroei.

Het is echter opgevallen dat de quaggamossel zich in Nederland (en Europa) in een aantal aspecten anders lijkt te gedragen dan in Noord-Amerika. De tolerantie in vergelijking met de driehoeksmossel ten opzichte van een aantal parameters is bijvoorbeeld verschillend (zie Tabel 8.1). Mogelijk vertoont de quaggamossel een aanzienlijke (fenotypische?) plasticiteit. Hierdoor is het onzeker wat de waarde is van de bestaande kennis over de quaggamossel in Noord-Amerika voor de huidige Nederlandse situatie. Omdat de quaggamossel nog maar enkele jaren in Nederland voorkomt, is de kennis betreffende de plaatselijke situatie en ontwikkelingen nog maar beperkt.

Tabel 8.1 Tolerantie quaggamossel ten opzicht van de driehoeksmossel (bronnen: zie paragraaf 5).

parameter	tolerantie quaggamossel t.o.v. de driehoeksmossel
hoge temperatuur	minder
lage temperatuur	Noord-Amerika meer, Nederland: minder?
grotere diepte water	Noord-Amerika: meer, Nederland: gelijk/meer?
grotere stroomsnelheid	minder
uitdroging	minder
lage zuurstofconcentraties	meer
zacht substraat	Noord-Amerika: meer, Nederland: gelijk/meer?
voedselrijkdom	grotere range
saliniteit	Rusland: meer, Noord-Amerika/Nederland: gelijk

4. Zijn er (andere) negatieve effecten bekend van de quaggamossel die niet of minder werden gevonden bij de driehoeksmossel?

Voor wat betreft de accumulatie van de verontreinigingen zijn de data variabel. Enkele metalen worden mogelijk meer geaccumuleerd door de quaggamossel, maar grote problemen worden hiermee niet verwacht omdat er steeds minder zware metalen in de Nederlandse oppervlaktewateren aanwezig zijn.

PCB's lijken meer geaccumuleerd te worden dan door de driehoeksmossel, onder meer omdat de quaggamossel een groter vetgehalte heeft. Van een aantal andere microverontreinigingen is onzeker of de quaggamossel deze meer accumuleert. Het is daarom ook lastig uitspraken te doen over doorwerking in de voedselketen.

Wat het totaal effect van de invasie van de quaggamossel op het aquatische ecosysteem zal zijn is niet duidelijk zolang niet duidelijk is wat de totale dichtheid van de quaggamossel gaat worden in een stabiele situatie.

5. Zijn er maatregelen tegen de quaggamossel denkbaar en wenselijk?

Bestrijden van een soort als de quaggamossel die al zo wijd verspreid voorkomt is zo goed als onmogelijk. Door bepaalde maatregelen kan hooguit de verdere verspreiding worden afgeremd.

Aan de andere kant is het niet goed voorstelbaar dat een invasieve exoot wordt uitgezet in het Nederlandse buitenwater. Er is nog weinig bekend van de effecten van de quaggamossel in Nederland, maar gezien de effecten die zijn opgetreden in de Noord-Amerikaanse meren lijkt uitzetten niet zonder risico's voor de visstand en het aquatisch ecosysteem.

===

Dankwoord

De auteur wil Bram bij de Vaate bedanken voor het leveren van waardevol commentaar, suggesties om het document te verbeteren en recente informatie over de quaggamossel.

Literatuurlijst

- Ackerman, J. (1999). Effect of velocity on the filter feeding of dreissenid mussels (*Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*): implications for trophic dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(9): 1551-1561.
- Bij de Vaate, A. (2006). De quaggamossel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897), een nieuwe zoetwatermossel voor Nederland. *Spirula*, 353: 143-144.
- Bij de Vaate, A. (2008). 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. (2010). Some evidence for ballast water transport being the vector of the quagga mussel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897) introduction into Western Europe and subsequent upstream dispersal in the River Rhine. *Aquatic Invasions*, 5(2): 207-209.
- Bij de Vaate, A., & Beisel, J.-N. (2011). Range expansion of the quagga mussel *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) in Western Europe: first observation from France. *Aquatic Invasions*, 6, Suppl. 1: 71-74.
- Bij de Vaate, A., & Jansen, E. A. (2012). Driehoeks- en quaggamosselen in Marker- en IJsselmeer: resultaten van onderzoek uitgevoerd in de periode maart 2009 t/m juni 2012. Lelystad.
- Bij de Vaate, A., Rajagopal, S., & Van der Velde, G. (2010). The zebra mussel in Europe; Summary and synthesis. In G. Van der Velde, S. Rajagopal, & A. Bij de Vaate (Red.), *The zebra mussel in Europe* (pp. 415-422). Weikersheim: Backhuys Publishers, Leiden/Margraf Publishers.
- Bij de Vaate, A., Van de Velde, G., Leuven, R., & Heiler, K. (2013). Spread of the quagga mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*) in Western Europe. In T. & Nalepa, & T. N. Schloesser (Red.), *Quagga and zebra mussels: biology, impacts, and control* (pp. 83-92). CRC Press Boca Raton, U.S.A.
- Bowman, M., & Bailey, R. (1998). Upper pH tolerance limit of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Canadian Journal of Zoology*, 76: 2119-2123.
- Cuhel, R., & Aguilar, C. (2013). Ecosystem transformations of the Laurentian great lake Michigan by nonindigenous biological invaders. *Annual Reviews of Marine Science*, 5: 289-320.
- De Nie, H.W. (1982). A note on the significance of larger bivalve molluscs (*Anodonta* spp. and *Dreissena* sp.) in the food of the eel (*Anguilla anguilla*) in Tjeukemeer. *Hydrobiologia*, 95: 307-310.
- De Vries, I., & Postma, R. (2013). Quick scan waterkwaliteit en ecologie Volkerak-Zoommeer. Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst.
- Diggins, T. (2001). A seasonal comparison of suspended sediment filtration by quagga (*Dreissena bugensis*) and zebra (*D. polymorpha*) mussels. *Journal of Great Lakes Research*, 27 (4): 457-466.
- Dionisio Pires, L., Bontes, B., Van Donk, E., & Ibelings, B. (2005). Grazing on colonial and filamentous, toxic and non-toxic cyanobacteria by the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Journal of Plankton Research*, 27(4):331-339.
- Glorius, S., & Kotterman, M. (2012). Actieve biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in quaggamosselen – 2011. IMARES Wageningen UR.
- Hamilton, S., Buhl, K., Faerber, N., Bullard, F., & Wiedmeyer, R. (1990). Toxicity of organic selenium in the diet to chinook salmon. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 9(3): 347-358.

- Kissman, C., Knoll, L., & Sarnelle, O. (2010). Dreissenid mussels (*Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*) reduce microzooplankton and macrozooplankton biomass in thermally stratified lakes. *Limnology Oceanography*, 55(5): 1851–1859.
- Koese, B., De Bruyne, R., & Van Haaren, T. (2012). <http://www.nederlandsesoorten.nl/nsr/concept/0AHCYSI00459/similarSpecies>.
- Matthews, J., Van der Velde, G., Bij de Vaate, A., Collas, F., Koopman, K., & Leuven, R. (2014). Rapid range expansion of the invasive quagga mussel in relation to zebra mussel presence in The Netherlands and Western Europe. *Biological Invasions*, 16(1): 23-42.
- Matthews, J., Van der Velde, G., Bij de Vaate, A., & Leuven, R. (2012). Key factors for spread, impact and management of Quagga mussels in the Netherlands. Radboud Universiteit, Department of Environmental Science, Faculty of Science, Institute for water and Wetland Research, Nijmegen.
- Nalepa, T. (2010). An overview of the spread, distribution, and ecological impacts of the Quagga mussel, *Dreissena rostriformis bugensis*, with possible implications to the Colorado river system. University of Nebraska, Lincoln: Publications, Agencies and Staff of the U.S. Department of Commerce. Paper 412.
- Reeders, H., & Bij de Vaate, A. (1992). Bioprocessing of polluted suspended matter from the water column by the zebra mussel (*Dreissena polymorpha* Pallas). *Hydrobiologia*, 239(1): 53-63.
- Ricciardi, A., Serrouya, R., & Whoriskey, F. (1995). Aerial exposure tolerance of zebra and quagga mussels (*Bivalvia*: *Dreissenidae*): implications for overland dispersal. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52 (3): 470-477.
- Richerson, M. (2013). http://fl.biology.usgs.gov/Nonindigenous_Species/Zebra_mussel_FAQs/Dreissena_FAQs/dreissena_faqs.html#edible. Opgeroepen op februari 2014.
- Roe, S.L. & MacIsaac, H.J. (1997). Deep water population structure and reproductive state of quagga mussels (*Dreissena bugensis*) in Lake Erie. *Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Sciences* 54: 2428 – 2433.
- Schaefer, S., Hamer, B., Treursic, B., Mohlenkamp, C., Spira, D., Korlevic, M., Reifferscheid, G. & Claus, E. (2012). Comparison of bioaccumulation and biomarker responses in *Dreissena polymorpha* and *D. bugensis* after exposure to resuspended sediments. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62 (4): 614-627.
- Schenk, J., & Nefs, A. (2013). De Blauwe Verbinding: ecologisch inrichtings- en implementatieadvies. Hogeschool Rotterdam / Gemeente Rotterdam.
- Schiphouwer, M. (2011). What do Ponto-Caspian Gobiidae eat in the Dutch Rhine river system? Master thesis: Reports Environmental Science nr. 372. Radboud Universiteit Nijmegen.
- Snyder, F., Brainard Hilgendorf, M., & Garton, D. (1997). Zebra mussels in North America. The invasion and its implications. Opgehaald van http://ohioseagrant.osu.edu/_documents/publications/FS/FS-045%20Zebra%20mussels%20in%20North%20America.pdf
- Spidle, A., Mills, E., & May, B. (1995). Limits to tolerance of temperature and salinity in the quagga mussel (*Dreissena bugensis*) and the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52:2108-2119.
- Stoeckmann, A. (2003). Physiological energetics of Lake Erie dreissenid mussels: a basis for the displacement of *Dreissena polymorpha* by *Dreissena bugensis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60: 126-134.
- Therriault, T.W., Docker, M.F., Orlova, M.I., Heath, D.D., & MacIsaac, H.J. (2004). Molecular resolution of the family Dreissenidae (Mollusca: Bivalvia) with emphasis on Ponto-Caspian species, including first report of *Mytilopsis leucophaeta* in the Black Sea basin. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 30: 479-489.

- Thorp, J., Delong, M., & Casper, A. (1998). In situ experiments on predatory regulation of a bivalve mollusc (*Dreissena polymorpha*) in the Mississippi and Ohio rivers. *Freshwater Biology*, 39(4): 649-661.
- Van Geest, G., & Noordhuis, R. (2013A). Ecosysteemontwikkeling in het Hoornse Hop. Deltares, in opdracht van de Waterdienst.
- Van Geest, G., & Noordhuis, R. (2013B (concept)). Sturen op watervegetaties in het IJsselmeergebied. Deltares, in opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- Van Hoorn, I., & Visser, S. (2012). Zoetwater Rapportage 2012. Op weg naar een duurzame zoetwater voorziening in de Zuidwestelijke Delta. Deltaprogramma | Deelprogramma Zuidwestelijke Delta: Stuurgroep Zuidwestelijke Delta in samenwerking met het Afstemoverleg Zoetwater Zuidwestelijke Delta / Rijnmond-Drechtsteden (ZWD/RD).
- Van Kessel, N., Kranenbarg, J., Dorenbosch, M., De Bruin, A., Nagelkerke, N., Van der Velde, G., *et al.* (2013). Mitigatie van effecten van uitheemse grondels. Kansen voor natuurvriendelijke oevers en uitgekiende kunstwerken. Natuurbalans / Radboud Universiteit Nijmegen / Wageningen Universiteit.
- Vrtilek, M., & Reichard, M. (2012). An indirect effect of biological invasions: the effect of zebra mussel fouling on parasitisation of unionid mussels by bitterling fish. *Hydrobiologia*, 696(1): 205-214.
- Watkins, J., Dermott, R., Lozano, S., Mills, E., Rudstam, L., & Scharold, J. (2007). Evidence for remote effects of dreissenid mussels on the amphipod *Diporeia*: Analysis of lake Ontario benthic surveys, 1972-2003. *Journal of Great Lakes Research*, 33(3): 642-657.
- Wittmann, M.E., Chandra, S., Caires, A., Denton, M., Rosen, M. R., Wong, W.H., Teitjens, T., Turner, K., Roefere, P. & Holdreng, G.C. (2011). Early invasion population structure of quagga mussel and associated benthic invertebrate community composition on soft sediment in a large reservoir. *Lake and Reservoir Management* 27: 316-327.
- Zhulidov, A., Nalepa, T., Kozhara, A., Zhulidov, D., & Gurtovaya, T. (2006). Recent trends in relative abundance of two dreissenid species *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis* in the lower Don river system, Russia. *Archives of Hydrobiology*, 165(2): 209-220.



Sportvisserij Nederland
Postbus 162
3720 AD Bilthoven