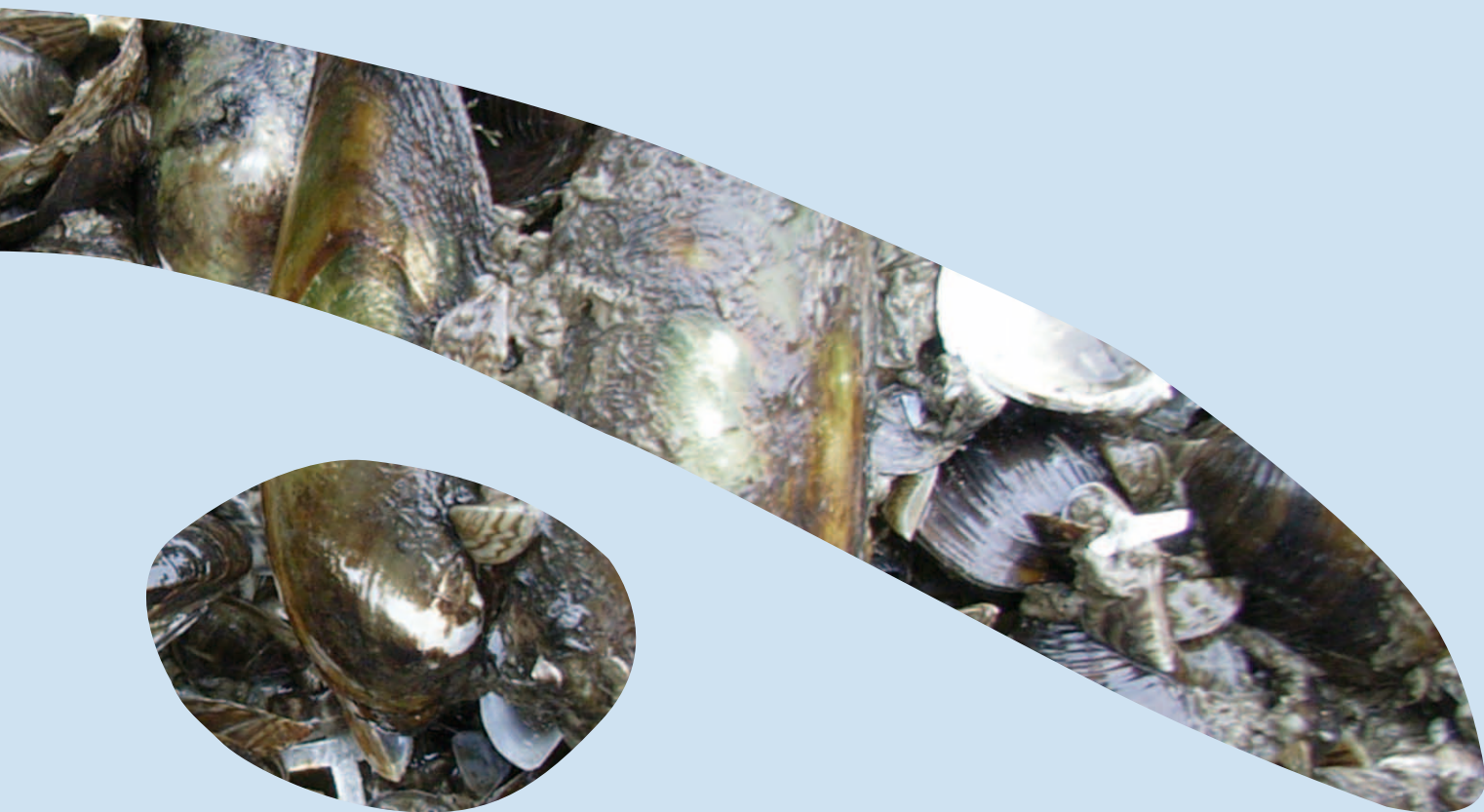


Het voorkomen van zoetwatermosselen van het geslacht *Dreissena*, de driehoeksmossel en de quaggamossel, in het Hollandsch Diep



Rapport nr.: 2008/01

Datum: februari 2008

Waterfauna

Hydrobiologisch
Adviesbureau



Het voorkomen van zoetwatermosselen van het geslacht *Dreissena*, de driehoeksmossel en de quaggamossel, in het Hollandsch Diep

Auteur: A. bij de Vaate

Datum: februari 2008

Statuspagina

Titel: Het voorkomen van zoetwatermosselen van het geslacht *Dreissena*, de driehoeksmossel en de quaggamossel, in het Hollandsch Diep

Auteur: Dr. A. bij de Vaate

Samenstelling: Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau
Oostrandpark 30, 8212 AP Lelystad
Tel.nr.: 0320 241 345
Email: vaate@waterfauna.nl

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat-Waterdienst

Projectbegeleider: Ir. B. Reeze

Aantal pagina's: 35 + 3 bijlagen

Versie: definitief

Datum: februari 2008

Bibliografische referentie:

Bij de Vaate, A., 2008. Het voorkomen van zoetwatermosselen van het geslacht *Dreissena*, de driehoeksmossel en de quaggamossel, in het Hollandsch Diep. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2008/01

© 2008 Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau

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

Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau. De opdrachtgever vrijwaart Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	5
2	Inleiding	7
3	Resultaten literatuurstudie over ecologisch vergelijk tussen de driehoeks- en de quaggamossel	9
3.1	Systematiek	10
3.2	Onderscheid tussen quagga- en driehoeksmosselen	11
3.3	Habitat	13
3.4	Fysiologie	14
3.5	Groei en reproductie	15
3.6	Filtratiesnelheid	15
3.7	Watertemperatuur	16
3.8	Saliniteit	16
3.9	Calcium	17
4	Bodemfauna in het Hollandsch Diep	19
5	Resultaten	21
6	Ontwikkelingen in het voorkomen van driehoeksmosselen	23
7	Discussie	27
	Literatuur	31
	Bijlagen	37
1	Korfmosselelen aangetroffen tijdens de bemonstering op 20 en 21 augustus 2007	37
2	Basisgegevens bemonsteringen 20 en 21 augustus 2007	39
3	Basisgegevens voor berekening van een mogelijke relatie tussen het voorkomen van driehoeksmosselen en kuifeenden.	49

1 Samenvatting

Was de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) al in 1823 een vaste bewoner van de Nederlandse binnenwateren, de quaggamossel (*D. rostriformis bugensis*) is pas rond 2004 begonnen met de kolonisatie van deze wateren. Onduidelijk is waarom er ongeveer 200 jaar zit tussen het arriveren van beide soorten in Nederland terwijl ze beiden afkomstig zijn uit hetzelfde gebied en dezelfde verspreidingsvectoren nodig hadden. Hoe de quaggamossel in het Hollandsch Diep terecht is gekomen is niet duidelijk. Er zijn twee voor de hand liggende mogelijkheden: vanuit het Ponto-Kaspische gebied, het oorspronkelijke verspreidingsgebied, via de Donau, het Main-Donaukanaal de Rijn en de Waal, of via ballastwater uit zeegaande schepen die in het Hollandsch Diep arriveerden vanuit het Ponto-Kaspische gebied of vanuit Noord-Amerika. Kolonisatie van Noord-Amerika had in de 1980-er jaren plaats gevonden, tegelijk met de driehoeksmossel.

Voor een ecologisch vergelijk tussen beide soorten is hoofdzakelijk Noord-Amerikaanse literatuur gebruikt. De belangstelling voor beide soorten was daar groot in verband met de economische en ecologische schade die ze er veroorzaakten (o.a. verstopping van leidingen, teruglopen van bestanden van commercieel belangrijke vissoorten, bedreiging van inheemse Unionidae).

Het onderscheid tussen de driehoeks- en quaggamossel is gebaseerd op verschillen in specifieke schelpkenmerken, waarvan de onderrand wel de belangrijkste is. Beide soorten hebben dezelfde habitatvoorkeur, ze leven met hun byssusdraden vastgehecht op vaste voorwerpen. Uit verschillende publicaties blijkt dat quaggamosselen sneller groeien dan driehoeksmosselen. Dit kan verklaard worden met het verschil in energiebudget. Quaggamosselen kunnen meer energie steken in groei dan driehoeksmosselen. Ook worden in mengpopulaties grotere exemplaren van quaggamosselen aangetroffen. Het vleesgewicht van quaggamosselen is hoger dan van driehoeksmosselen bij gelijke schelplengte. In combinatie met een snellere groei kan dit van positieve invloed zijn op de carrying capacity van een waterlichaam voor duikenden.

De productie van larven begint bij quaggamosselen ongeveer twee weken eerder dan bij driehoeksmosselen; quaggamosselen produceerden larven bij een watertemperatuur $>9^{\circ}\text{C}$, voor driehoeksmosselen dient deze minimaal 12°C te zijn. Driehoeksmosselen stoppen meer energie in de reproductie quaggamosselen.

Over invloeden van de watertemperatuur en de saliniteit op het voorkomen van beide soorten is uit de bestudeerde literatuur geen eenduidig beeld verkregen. Het lijkt erop dat de acclimatisatie van de mosselen vooraf gaande aan experimenten hierop van invloed is.

De quaggamossel heeft een hogere calciumbehoefte dan de driehoeksmossel; voor driehoeksmosselen is de ondergrens 8 mg.l^{-1} , voor quaggamosselen 12 mg.l^{-1} . Deze hogere calciumbehoefte kan verklaard worden uit de hogere groeisnelheid van laatstgenoemde soort.

Omdat de indruk bestond dat de dichtheid aan driehoeksmosselen in het Hollandsch Diep sterk achteruit liep en daarnaast in 2006 een tweede soort van het geslacht *Dreissena* in het gebied werd aangetroffen, de quaggamossel, is in augustus 2007 een verkenning uitgevoerd met als doel de selectie van een aantal locaties om in de komende jaren de populatieontwikkeling van beide soorten te volgen.

De resultaten van deze verkenning geven aan dat de quaggamossel al in 2004 in het gebied aanwezig moet zijn geweest. Het aandeel van de soort in de monsters, die in augustus 2007 werden genomen, bedroeg 30%. Uit de populatieopbouw van beide soorten werd

geconcludeerd dat voor de driehoeksmossel slechts marginale voortplantings- en groeicondities in het Hollandsch Diep aanwezig zijn.

In hoeverre aanhechtingssubstraat voor beide soorten limiterend is voor het voorkomen van beide soorten in het gebied is onduidelijk. Behalve dat ze zich op soortengenoten en elkaar kunnen vasthechten is er substraat aanwezig in de vorm van lege schelpen van korfmosselen, waarvan de soort *Corbicula fluminea* (Aziatische korfmossel) algemeen voorkomt in het gebied. Ook andere zoetwatermosselen, o.a. Unionidae, kunnen als aanhechtingssubstraat dienen.

Uit driehoeksmossekarteringen uitgevoerd in 1990, 1994 en 2001 blijkt dat in het oostelijk deel van het Hollandsch Diep nauwelijks driehoeksmosselen voorkomen. Verschillen tussen de drie jaren zijn dan ook niet significant voor dit gebied. In het westelijk deel is er wel een significant verschil tussen de drie genoemde jaren. Ten opzichte van 1990 werden in 1994 meer ($P=0,05$) en in 2001 minder ($P=0,05$) mosselen aangetroffen; de afname in 2001 ten opzichte van 1994 was zelfs duidelijker ($P=0,01$) dan ten opzichte van 1990.

Op basis van bovengenoemde karteringsresultaten is nagegaan in hoeverre de het jaarlijks aantal (driehoeksmossetende) kuifeenden in het Hollandsch Diep een aanwijzing kan zijn voor dichtheidsveranderingen van de driehoeksmosselen. Er bleek geen relatie te bestaan tussen het voorkomen van driehoeksmosselen in de jaren 1990, 1994 en 2001, en het seizoensgemiddelde van de kuifeenden en in dezelfde jaren. Dit was ook het geval wanneer deelgebieden worden onderscheiden en maandgemiddelden van het aantal kuifeenden over kortere perioden voor de relatie worden gebruikt. Wel lijkt er een verband te bestaan tussen het gemiddeld aantal driehoeksmosselen per monster in het westelijk deel van het Hollandsch Diep in de genoemde jaren en het seizoensgemiddelde aantal kuifeenden in het jaar daarna; echter statistisch gezien bleek dit geen significante relatie. Meerdere gebiedsdekkende karteringen zijn nodig om een mogelijk statisch significant verband te kunnen vaststellen. Een steekproef zoals in feite in augustus 2007 heeft plaatsgevonden is onvoldoende om veranderingen in het gehele gebied te kunnen traceren. Wel geeft een jaarlijkse steekproef relatief snel inzicht in veranderingen in de onderlinge verhouding tussen soorten (bijv. in hoeverre de ene soort verdrongen wordt door een andere) wanneer de bemonstering plaats vindt in hun habitats, zoals in augustus 2007 het geval was. Dichtheidsontwikkelingen in deze habitats kunnen een aanwijzing zijn voor veranderingen in het gehele gebied en op basis daarvan zou dan besloten kunnen worden tot een gebiedsdekkende kartering. Door gericht habitats te bemonsteren, in dit geval voor Dreissena's, zijn MWTL-bemonsteringen minder geschikt om ontwikkelingen in de Dreissenapopulaties te volgen. Daarbij komt dat de MWTL-monitoring van de Hollandsch Diepbodem slechts een keer per drie jaar wordt uitgevoerd.

2 Inleiding

Het accent van het verspreidingsgebied van zoetwatermosselen van het geslacht *Dreissena* lag in eerdere geologische tijdperken in gebieden rondom de Zwarte - en de Kaspische zee, Klein-Azië en Voor-Azië (Kinzelbach, 1992). Voor de quaggamossel beperkte het gebied zich tot de benedenloop van de zuidelijke Bug in de Ukraine (Son, 2007). De driehoeksmossel begon tegen het einde van de 18^{de} eeuw zijn opmars richting West-Europa (Bij de Vaate *et al.*, 2002). In de eerste helft van de 19^{de} eeuw werd de soort voor het eerst in Nederland waargenomen (Van Benthem-Jutting, 1954). De quaggamossel begon zich pas in de tweede helft van de vorige eeuw sterk uit te breiden; in eerste instantie in de toenmalige USSR. O.a. de stroomgebieden van de Dnjestr, Don en Wolga werden gekoloniseerd (Orlova & Shcherbina, 2002; Orlova *et al.*, 2004; Son, 2007). De aanleg van kanalen die verbindingen vormen tussen stroomgebieden en de scheepvaart worden beschouwd als de belangrijkste oorzaak van deze sterke gebieds-uitbreiding. Dit geldt overigens ook voor de driehoeksmossel (Bij de Vaate *et al.*, 2002).

Het lijkt aannemelijk dat de gebiedsuitbreiding van de quaggamossel, richting West-Europa, via het Main-Donaukanaal heeft plaatsgevonden. Een route die al door meerdere Ponto-Kaspische ongewervelde dieren met succes is gevolgd, met name door kreeftachtigen (Bij de Vaate *et al.*, 2002). Wat betreft de quaggamossel leek het er op dat deze dezelfde route had gevolgd. De soort was al in de Donau in Roemenië in de buurt van Drobeta Turnu-Severin (44° 37' 13.68" n.b.; 22° 40' 49.40" o.l.) gesignaleerd (Popa & Popa, 2006). Met de vondst in het Hollandsch Diep bleek de quaggamossel een enorme sprong westwaarts te hebben gemaakt. Dat hij nog niet elders op de route tussen Drobeta Turnu-Severin en het Hollandsch Diep werd aangetroffen zou kunnen komen omdat de dichtheid ten opzichte van die van de driehoeksmossel op dit traject misschien net zo laag of lager was dan in het Hollandsch Diep. Hierdoor en wellicht ook vanwege het relatief lastige onderscheid van de quaggamossel tussen de "polymorfe" driehoeksmosselen kon de quaggamossel gemakkelijk over het hoofd gezien zijn. Latere waarnemingen van Van der Velde en Platvoet in de Main (Van der Velde & Platvoet, 2007) ondersteunen de aanname dat de invasie via het Main-Donaukanaal moet hebben plaatsgevonden.

Toch kan zeker niet uitgesloten worden dat de introductie van de quaggamossel in Nederland ook via een andere weg zou kunnen hebben plaatsgevonden. Zo is in de jaren 80 van de vorige eeuw de quaggamossel in de Great Lakes in Noord-Amerika geïntroduceerd; hoogstwaarschijnlijk gelijk met de driehoeksmossel. De introductie van de driehoeksmossel vond plaats door ballastwaterlozingen van schepen die het ballastwater hadden ingenomen het Ponto-Kaspische gebied (Herbert *et al.*, 1989). Ook in het Hollandsch Diep arriveren schepen uit alle delen van de wereld onder ballast (persoonlijke mededeling laadmeester Shell Chemie, Moerdijk). Introductie van de quaggamossel door lozing van ballastwater in het Hollandsch Diep zou dan een verklaring kunnen zijn voor het feit dat vóór april 2006 de soort niet is waargenomen in het traject tussen Drobeta Turnu-Severin en het Hollandsch Diep en dat Van der Velde en Platvoet de soort in mei 2007 niet aantroffen in het Main-Donaukanaal en de bovenloop van de Donau waar ze eveneens bemonsteringen hadden uitgevoerd (Van der Velde & Platvoet, 2007). De vondst van de soort in Main zou het resultaat kunnen zijn van stroomopwaartse migratie met behulp van binnenvaartschepen. Mosselen kunnen zich namelijk met hun byssusdraden aan scheepswanden hechten en op die manier stroomopwaarts getransporteerd worden. Andere tweekleppigen, zoals de Aziatische - (*Corbicula fluminea*) en de toegeknepen korfmossel (*C. fluminalis*) moeten zo vanuit het benedenrivierengebied het stroomgebied van de Rijn gekoloniseerd hebben (Bij de Vaate, 1991^A).

Mondiaal gezien zijn er thans twee Dreissenasoorten belangrijk omdat ze door menselijk handelen hun verspreidingsgebied sterk konden uitbreiden: de driehoeks- en de quaggamossel. Vanuit

ecologisch oogpunt gezien spelen beide soorten een belangrijke rol in aquatische voedselketens (o.a. Van Eerden, 1998; Presj *et al.*, 1990); voor de economie zijn het "plaagsoorten" omdat ze door hun levenswijze in staat zijn leidingen te verstoppen bij bedrijven die oppervlaktewater gebruiken in hun productieproces (o.a. Kovalak *et al.*, 1993; LePage, 1993). Door hun voedingswijze, het zijn zogenaamde filter-feeders, kunnen ze actief worden ingezet bij de bestrijding van overmatige fytoplanktongroei in eutrofe binnenwateren (o.a. Reeders, *et al.*, 1993; Smit *et al.*, 1993).

In Nederland wordt het belang van driehoeksmosselen erkend bij het ecologisch herstel van oppervlaktewateren (o.a. Reeders & Bij de Vaate, 1990; Weber *et al.*, in druk). Een goede stand aan driehoeksmosselen zorgt voor een beter doorzicht in het water waardoor vegetaties van ondergedoken waterplanten betere ontwikkelingskansen krijgen. Dit heeft op zich weer een positief effect op diersoorten die op en tussen deze vegetaties hun habitat vinden (Scheffer, 1998). Ook vormen driehoeksmosselen een belangrijke voedselbron voor overwinterende duikeenden. In principe zou de quaggamossel, gezien zijn vergelijkbare levenswijze en bouw, een zelfde rol kunnen spelen in het dieet van duikeenden.

Ecologisch herstel van oppervlaktewateren is het doel van de Europese Kaderrichtlijn Water. Aangezien de lidstaten worden afgerekend op de inspanningen die daarvoor getoond moeten worden is het belangrijk dat de middelen zo efficiënt mogelijk worden ingezet om te komen tot een goed ecologisch potentieel voor de sterk veranderde wateren, tot welke categorie de meeste binnenwateren in Nederland (ook het Hollandsch Diep) behoren. De driehoeksmossel en zeer waarschijnlijk ook de quaggamossel kunnen hierbij een rol spelen. Dit houdt in dat het beheer van de binnenwateren mede gericht moet zijn op het in stand houden en/of de uitbreiding van bestaande populaties.

In het Hollandsch Diep lijkt het bestand aan driehoeksmosselen in de afgelopen jaren sterk te fluctueren (ongepubliceerde waarnemingen A. bij de Vaate). Bovendien is daar in nu de quaggamossel bijgekomen (Bij de Vaate, 2006; Molloy *et al.*, 2007). In hoeverre deze soort zich zal ontwikkelen, in absolute zin en ten opzichte van de driehoeksmosselen is een open vraag. Om daar inzicht in te krijgen is het belangrijk de populatieontwikkelingen van beide soorten de komende jaren in het Hollandsch Diep te blijven volgen. De resultaten van een dergelijke monitoring zijn met name van belang ter ondersteuning van die beheersmaatregelen in het gebied die gericht zijn op het versterken van het ecologisch potentieel.

In dit rapport worden achtereenvolgens gepresenteerd de resultaten van een literatuurstudie waarin de ecologie van beide soorten met elkaar wordt vergeleken en de resultaten van een verkenning voor het vaststellen van geschikte bemonsteringslocaties om de ontwikkeling van de driehoeks- en quaggamossel in het Hollandsch Diep in de komende jaren te gaan volgen.

3 Resultaten literatuurstudie over ecologisch vergelijk tussen de driehoeks- en de quaggamossel

Op 19 april 2006 werd de quaggamossel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897), voor het eerst in West-Europa aangetroffen en wel in het Hollandsch Diep (Bij de Vaate, 2006; Molloy *et al.*, 2007). De dieren werden aangetroffen tijdens het verzamelen van een flinke hoeveelheid driehoeksmosselen, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), ten behoeve van nader onderzoek aan één van de parasieten van driehoeksmosselen, de ciliaat *Ophryoglena hemophaga*. Het Hollandsch Diep is de typelocatie voor deze parasiet (Molloy *et al.*, 2005).



Foto 1. De quagga- (boven) en driehoeksmossel (onder).

Omdat voor het parasitair onderzoek tamelijk veel volwassen driehoeksmosselen nodig waren werden ze verzameld met een kleine mosselkor, ongeveer ter hoogte van Willemstad. Bij het selecteren van de mosselen voor het parasitair onderzoek werd een aantal quaggamosselen opgemerkt, waarmee de eerste vondst van deze soort in West-Europa een feit was. Met deze vondst bleek de quaggamossel een enorme sprong westwaarts te hebben gemaakt. De meest westelijke locatie in Europa was tot dan toe de Donau in Roemenië in de buurt van Drobeta Turnu-Severin (44° 37' 13.68" n.b.; 22° 40' 49.40" o.l.) (Popa & Popa, 2006). Gezien de schelplengte van de quaggamosselen die in april 2006 in het Hollandsch Diep werden aangetroffen (tot 20,4 mm) moet de soort het gebied al in 2004 hebben gekoloniseerd. Deze veronderstelling is gebaseerd de aanname dat de groeisnelheid in het gebied ongeveer vergelijkbaar is met die van de driehoeksmossel (Smit *et al.*, 1992). Uit ongepubliceerde waarnemingen van het adviesbureau blijkt dat de quaggamossel begin 2008 al grote delen van Nederland gekoloniseerd heeft (figuur 1). In het IJsselmeergebied is de soort aangetroffen in het IJmeer, Markermeer en IJsselmeer. In de Maas bovenstrooms van de stuw bij Sambeek (als meest stroomopwaartse locatie), in de benedenloop bij Gewande en in de Bergse Maas. De vondst in de Main, in het stroomgebied van de Rijn, houdt in dat in de gehele hoofdstroom van de Rijn benedenstrooms van de Mainmonding in principe quaggamosselen kunnen worden aangetroffen. Het voorkomen in het Hollandsch Diep, het Haringvliet, de Nederrijn en de Lek is inmiddels vastgesteld. Ook maakt de soort al een belangrijk deel uit van de Dreissenapopulatie in het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal. De vondst in het IJmeer wijst er op dat ook het Utrechtse pand van het kanaal moet zijn gekoloniseerd.



Figuur 1. Vindplaatsen (rode stippen) van de quaggamossel in Nederland, situatie op 05 februari 2008

3.1 Systematiek

Binnen de familie Dreissenidae (J.E. Gray, 1840) worden tegenwoordig drie geslachten onderscheiden (Van der Velde *et al.* in press):

- a. *Mytilopsis* (Conrad, 1858),
- b. *Congeria* (Partsch, 1835),
- c. *Dreissena* (Van Beneden, 1835).

Op basis van schelpkenmerken onderscheidten Rosenberg & Ludyanskiy (1994) binnen het geslacht *Dreissena* de volgende soorten:

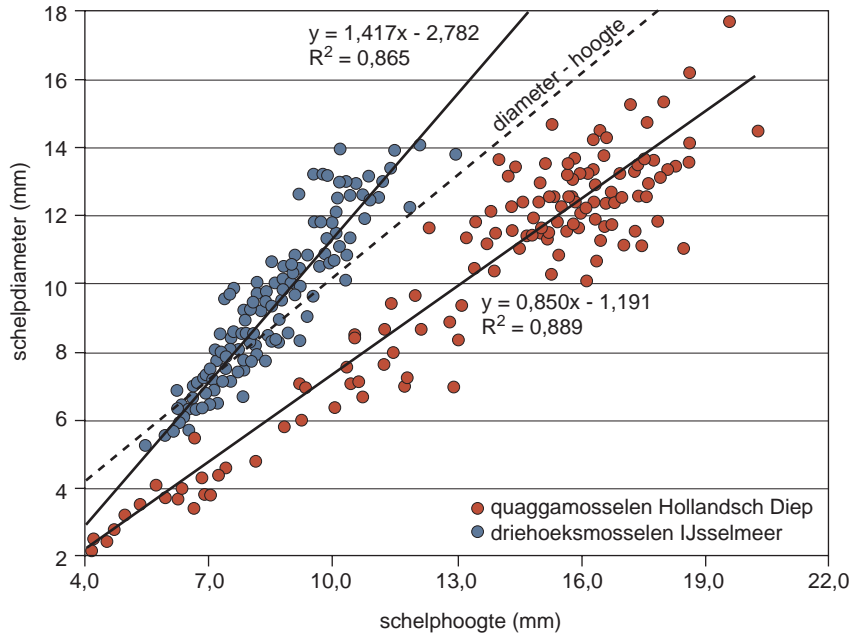
- a. *D. rostriformis* (Deshayes, 1838),
- b. *D. bugensis* (Andrusov, 1897),
- c. *D. polymorpha* (Palas, 1771),
- d. *D. elata* (Andrusov, 1897),
- e. *D. caspia* Eichwald, 1855,
- f. *D. caputlacus* (Schüt, 1993)
- g. *D. stankovici* (L'vova & Starobogatov, 1982).

Volgens Stepien *et al.* (2003) moet de scheiding tussen *D. bugensis* en *D. rostriformis* ongeveer 347.000 jaar geleden zijn begonnen. Ze geven echter aan dat beide taxa nog beschouwd kunnen worden als één soort, maar suggereren om voorlopig toch maar beide namen te blijven hanteren! Therriault *et al.* (2004) zijn het er eveneens over eens dat *D. bugensis* dezelfde soort is als *D. rostriformis*, maar doen de aanbeveling om voortaan de naam *D. rostriformis bugensis* te gaan gebruiken. Deze aanbeveling is door velen overgenomen en is om die reden ook in dit rapport gebruikt. Overigens wordt in de TWN-code (Taxa Waterbeheer Nederland) de soortnaam *D. bugensis* gebruikt.

Dermott & Munawar (1993) onderscheidden een nieuwe *Dreissena* soort die ze *Dreissena* "profunda" noemden. Ze vonden die alleen op grotere diepte (>40 m) in zowel Lake Erie als in Lake Ontario. Het onderscheid met *D. rostriformis bugensis* was de duidelijke anteroventrale (voorzijde, onderkant) verdikking van de beide schelphelften in combinatie met de afwezigheid van tekening op de buitenkant. Deze soort is dus voornamelijk wit van kleur. Hoewel Spidle *et al.* (1994) concludeerden dat *D. "profunda"* een fenotype is van *D. rostriformis bugensis*, vonden Baldwin *et al.* (1996) een genetisch verschil tussen beide taxa, met name in het mitochondriaal cytochroom oxidase 1 gen. Claxton *et al.* (1998) vonden echter geen genetisch verschil in dit gen.

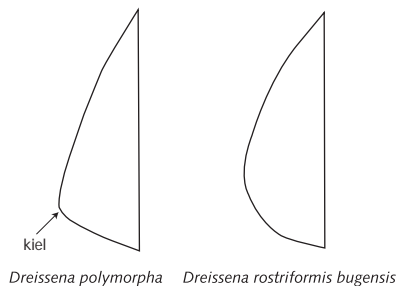
3.2 Onderscheid tussen quagga- en driehoeksmosselen

Met de eerste vondst van de quaggamossel werd plotseling de vraag actueel hoe deze soort te onderscheiden van de driehoeksmossel. Een determinatiesleutel voor het onderscheid van de Dreissenasoorten is er niet en op het eerste gezicht lijken beide soorten nogal op elkaar. De driehoeksmossel, die al vanaf 1823 in ons land wordt waargenomen (Van Benthem Jutting, 1954), is een alom bekende verschijning. Wie niet goed oplet bij het aantreffen van deze soort zal de quaggamossel gemakkelijk over het hoofd kunnen zien als die tussen de driehoeksmosselen aanwezig is. Verwacht mag worden dat dit relatief vaak het geval zal zijn wanneer slechts een enkele quaggamossel tussen de driehoeksmosselen voorkomt. Identificatie op basis van de kleurpatronen op de quaggaschelp is geen betrouwbaar kenmerk. In grote lijnen komt de tekening op de schelp van beide soorten overeen, hoewel grote verschillen kunnen bestaan tussen exemplaren van dezelfde soort en tussen beide soorten (Rosenberg & Ludyanskiy, 1994). De vorm van de schelp biedt meer houvast om tot onderscheid te komen. Zo is bij vergelijkbare schelpenlengte de schelphoogte bij de quaggamossel meestal groter is dan bij de driehoeksmossel. Dit verschil wordt veroorzaakt door de min of meer afgeplatte uitgroei van de quaggamossel-schelp aan de dorsale zijde (Pathy & Mackie, 1992). Ook bij gelijke schelpdiameter is de schelphoogte van quaggamossel meestal groter dan die van de driehoeksmossel. In het algemeen ligt het quotiënt van schelpdiameter en schelphoogte (diameter:hoogte) bij driehoeksmosselen rond de 1, terwijl dit quotiënt bij de quaggamossel duidelijk kleiner dan 1 is. In figuur 2 is dit geïllustreerd aan de hand van driehoeksmosselen die op 19 oktober 2006 werden verzameld in het zuidelijk deel van het IJsselmeer en quaggamosselen verzameld op 20 en 21 augustus 2007 in het Hollandsch Diep.



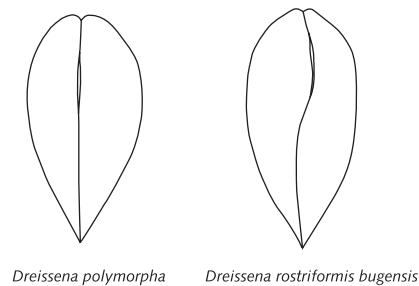
Figuur 2. De diameter/hoogteverhouding van driehoeksmosselen uit het IJsselmeer ($n=125$) en quaggamosselen ($n=130$) uit het Hollandsch Diep

Omdat beide soorten naar verhouding erg "polymorf" zijn kan er soms sprake zijn van een zekere overlap, waardoor het diameter/hoogtequotiënt geen eenduidig determinatiekenmerk kan zijn. Daarbij komt, dit quotiënt varieert waarschijnlijk met de locatie waar ze voorkomen. Voor de driehoeksmossel is dit nagegaan door de populatie uit het zuidelijke IJsselmeer te vergelijken met die uit Lough Key (verzameld in 2002 en 2005), een betrekkelijk klein meer in Ierland. Het bleek dat de Ierse driehoeksmosselen wat slanker waren dan die uit het IJsselmeer, waardoor de diameter/hoogteverhouding lager was (Bij de Vaate & Jansen, 2007). Het verschil tussen beide populaties moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan verschillen in groeicondities. Hoewel het verschil in diameter/hoogtequotiënt tussen beide Dreissenasoorten dus geen "hard" kenmerk is, kan het in combinatie met andere verschillen wel een hulpmiddel zijn bij de uiteindelijke determinatie. Een tweede verschil in schelpvorm zit hem in de overgang tussen de ventrale en dorsale zijde van de beide schelphelften, de zogenaamde kiel of carina (figuur 3). Bij de driehoeksmossel is de overgang duidelijk hoekig, bij de quaggamossel veel meer afgerond waardoor nog nauwelijks van een kiel gesproken kan worden (May & Marsden, 1992; Domm *et al.*, 1993). In laterale doorsnede (de mossel gezien vanaf de voorzijde) is de driehoeksmossel dus min of meer driehoekig van vorm, terwijl de quaggamossel meer afgerond van vorm is. Daarbij valt ook op dat de quaggamossel, in tegenstelling tot de driehoeksmossel, bilateraal asymmetrisch is (Domm *et al.*, 1993). Dit is ook te zien wanneer van onder- of bovenaf naar de schelp gekeken wordt.



Figuur 3. De overgang tussen de ventrale en dorsale zijde van een schelphelften bij de driehoeksmossel en de quaggamossel

Een derde kenmerk is de onderrand van de beide schelpheften. Bij de driehoeksmossel is die vrij recht, bij de quaggamossel is er een duidelijk bocht waarneembaar (figuur 4) (Domm *et al.*, 1993). Voor zover dit kon worden nagegaan is het een vrij "hard" kenmerk. Door als eerste op dit kenmerk te letten kunnen de meeste exemplaren van beide mosselsoorten wel van elkaar worden onderscheiden, ook de juveniele exemplaren. Mochten daarna nog twijfels bestaan dan moet gekeken worden naar de laterale doorsnede. Geeft dat ook niet de doorslag dan wellicht de diameter/hoogtequotiënt van de mossel (tabel 1).



Figuur 4. De dorsale zijde van de driehoeksmossel en de quaggamossel

Kenmerk	Driehoeksmossel	Quaggamossel
onderrand schelpheft (figuur 4)	vrijwel recht	met duidelijke bocht
overgang ventrale/dorsale zijde (figuur3)	hoekig (gekiëld)	afgerond
quotiënt diameter/hoogte (figuur 8)	±1	duidelijk <1
laterale doorsnede	driehoekig	driehoekig met afgeronde basis hoeken
bilateraal	symmetrisch	asymmetrisch

Tabel 1. Kenmerken om de quagga- van de driehoeksmossel te kunnen onderscheiden

3.3 Habitat

Na het larvale stadium moeten de soorten van het geslacht *Dreissena* zich met hun byssusdraden aan harde voorwerpen kunnen vasthechten om hun levenscyclus te kunnen volbrengen. Het belang van primair aanwezig hard substraat neemt echter af naarmate dichtheden toenemen en de soorten op aangrenzende zand, klei- en eventueel slihbodems kluiten gaan vormen (secundair hard substraat) die vervolgens kunnen uitgroeien tot mosselbanken (Hunter & Bailey, 1992; Berkman *et al.*, 2000; Haltuch *et al.*, 2000). Mosselbanken werden bijvoorbeeld waargenomen in het IJsselmeergebied (Bij de Vaate, 1991^B). Ook kunnen mosselbanken op relatief zachte bodems ontstaan met als kern een andere zoetwatermossel, bijvoorbeeld *Unionida*soorten (Lewandowski, 1976; Ricciardi *et al.*, 1998, Orlova & Panov, 2004; Schloesser *et al.*, 1998, 2006) of korfmosselen zoals dat o.a. het geval is in het Hollandsch Diep. Door zich vast te hechten op andere mosselsoorten (levende dieren of lege schelpen) kunnen *Dreissena*'s verspreid voorkomen in de ondiepe Nederlandse wateren, waar bodemopwoeling plaatsvindt als gevolg van golfwerking. Door deze opwoeling kan inert hard substraat (substraat anders dan levende schelpdieren) tijdelijk met een laag slib worden bedekt. Wanneer dit voorkomt in de periode dat de larven zich definitief vestigen (broedvalperiode) ontstaat een "mismatch" waardoor een belangrijk deel van de broedval verloren kan gaan. Uit onderzoek van Jones & Ricciardi (2005) naar factoren (Ca^{2+} -concentratie, korrelgrootte en diepte) die van invloed zijn op de verspreiding van driehoeks- en quaggamosselen in de St.Lawrence River bleek dat dat de korrelgrootte van het substraat 20 en 11% verklaarde van het verschil

in biomassa van respectievelijk de driehoeks- en quaggamossel op de onderzochte locaties. Echter het verschil tussen de korrelgrootte/biomassa relatie van beide soorten was niet significant.

3.4 Fysiologie

Uit het onderzoek van Stoeckmann (2003) blijkt dat de respiratiesnelheid van quaggamosselen significant lager is dan van driehoeksmosselen. Respiratie door tweekleppigen is gekoppeld aan voeding (Bayne & Newell, 1983) en neemt o.a. toe met de voedselopnameactiviteit, de hoeveelheid beschikbaar voedsel, de behandeling en verwerking van het voedsel (Bayne *et al.*, 1989). Ook voor de driehoeksmossel is vastgesteld dat de respiratiesnelheid toeneemt met voedselbeschikbaarheid en gecorreleerd is met voedseldichtheden (Madon *et al.*, 1998; Stoeckmann & Carton, 2001).

De consequentie van een lagere respiratiesnelheid is dat quaggamosselen naar verhouding minder energie nodig hebben voor hun voedselvoorziening en de verwerking daarvan dan driehoeksmosselen. Het gevolg is dat er dan meer energie beschikbaar is voor groei en reproductie. Een tweede gevolg is dat de quaggamossel naar verhouding minder van suboptimale voedingscondities te lijden zal hebben. Gesuspendeerd anorganisch sediment is een belangrijke factor voor de kwaliteit en kwantiteit van het voedsel. Een toenemende concentratie van anorganische zwevende stof in het water verlaagt niet alleen de kwaliteit van het voedsel, maar reduceert ook de groei van fytoplankton (de belangrijkste voedselbron voor *Dreissena*'s) waardoor bovendien de kwantiteit afneemt. Een afnemende voedselkwaliteit leidt tot een naar verhouding hogere respiratiesnelheid (Stoeckmann, 2003) en resulteert in een lagere groeisnelheid (Madon *et al.*, 1998; Stoeckmann & Garton, 2001). Gebieden waarin relatief veel gesuspendeerd anorganisch materiaal in het water voorkomt, o.a. Hollandsch Diep, Haringvliet en Markermeer, lijken daarom meer geschikt voor de vestiging van quagga- dan van driehoeksmosselen. Het slibgehalte in reservoirs in de Ukraine bleek bijvoorbeeld de belangrijkste factor voor de verdringing van de driehoeksmossel door de quaggamossel in deze wateren (Karatayev *et al.*, 1998). Een aanwijzing dat de quaggamossel minder problemen heeft met slibrijke omstandigheden komt uit de resultaten van de verkenning die in augustus 2007 in het Hollandsch Diep heeft plaatsgevonden en waarvan de resultaten in dit rapport zijn samengevat. Bij de quaggamossel konden drie jaarklassen worden onderscheiden, hetgeen er overigens op wijst dat de kolonisatie van het gebied in ieder geval al in 2004 moet zijn begonnen, bij de driehoeksmossel was slechts één lengteklasse waarneembaar (figuur 9). Het is overigens niet reëel om die lengteklasse als één jaarklasse te beschouwen. Opvallend is dat zowel de juveniele (schelplengte tot ca. 8 mm) als de oudere driehoeksmosselen (schelplengte >20 mm) minimaal in de populatie aanwezig waren. Dit wijst er duidelijk op dat in het Hollandsch Diep de voortplantings- en groeicondities voor de driehoeksmossel suboptimaal zijn.

Bij relatief lage voedselconcentraties is de quaggamossel eveneens sterk in het voordeel. Baldwin *et al.* (2002) namen onder laboratorium omstandigheden (bij een temperatuur van 23°C en een chlorofyl a concentratie van 1-5 µg.l⁻¹) een 19 maal hogere groeisnelheid van juveniele quagga-mosselen waar ten opzichte van driehoeksmosselen met een vergelijkbare schelplengte.

Wanneer de quaggamossel in een gebied geïntroduceerd is kan de aanwezige driehoeksmossel-populatie binnen een gering aantal jaren vrijwel volledig vervangen zijn door een quaggamossel-populatie. Orlova *et al.* (2004) namen waar dat in de Wolgadelta, waar in 1993 nog geen quaggamosselen werden aangetroffen, het bestand aan *Dreissena*'s in 1994 voor 4% bestond uit *D. rostriformis bugensis* en in 2000 reeds uit 96%. In sommige gebieden in Lake Ontario was in drie jaar tijd de quaggamossel dominant ten opzichte van de driehoeksmossel (Mills *et al.*, 1999).

3.5 Groei en reproductie

De groei van driehoeksmosselen begint wanneer de watertemperatuur boven de 6°C komt (Bij de Vaate, 1991^B). Quaggamosselen groeien sneller dan driehoeksmosselen (Stoeckmann, 2003). In de Wolgadelta, waar quaggamosselen in 1994 voor het eerst werden aangetroffen, nam de maximale schelplengte van de verzamelde mosselen toe van 1,5 mm in 1994 tot 12 mm in 1995 en 30 mm in 1996 (Orlova *et al.*, 2004). Een snellere groei van quaggamosselen wordt ook bevestigd door de resultaten van experimenteel onderzoek, uitgevoerd door Thorp *et al.* (1998), die aangeven dat de quaggamossel beter groeit bij temperaturen <15°C dan de driehoeksmossel.

In de Noord-Amerikaanse Great Lakes worden quaggamosselen groter (grotere schelplengte) dan driehoeksmosselen (Mills *et al.*, 1999). Dit lijkt ook voor het Hollandsch Diep op te gaan waar tijdens de bemonstering in augustus 2007 quaggamosselen (n=389) werden aangetroffen met een maximale schelplengte van 32 mm terwijl de grootste driehoeksmossel (n=1210) niet langer was dan 26 mm (figuur 9). Overigens zegt dit niets over de maximale schelplengte die beide soorten kunnen bereiken. Van de grootste driehoeksmossel ooit door Bij de Vaate (ongepubliceerde gegevens) gevonden bedraagt de schelplengte 43 mm.

Het vleesgewicht van quaggamosselen is significant hoger dan van driehoeksmosselen bij gelijke schelplengte (Mills *et al.*, 1999; Baldwin *et al.*, 2002). Baldwin *et al.*, 2002 vonden in juni 1998 bij mosselen uit de St. Lawrence een (droog) vleesgewicht van 3,5 en 2,8% voor respectievelijk *D. rostriformis bugensis* en *D. polymorpha*; bij mosselen uit Lake Erie bedroegen deze percentages respectievelijk 9,7 en 2,1 (mosselen uit beide gebieden hadden een schelplengte van 5-9 mm). Een hoger vleesgewicht bij de quaggamossel uit zich overigens niet in een hogere gametenproductie (Stoeckmann, 2003). Het tegendeel is het geval. Stoeckmann (2003) nam waar dat driehoeksmosselen een hogere massa aan gameten en meer eieren produceerden dan quaggamosselen. Bij het vrijkomen van sperma vond zij geen verschil tussen beide soorten. Een en ander wijst er echter op dat driehoeksmosselen meer energie stoppen in hun reproductie dan quaggamosselen. De productie van larven begint bij de quaggamossel ongeveer twee weken eerder dan bij driehoeksmosselen (Claxton & Mackie, 1998). Claxton & Mackie (1998) namen waar dat, in het hypolimnion van Lake Erie, quaggamosselen larven produceerden bij een temperatuur van 9-10°C. Bij driehoeksmosselen namen ze bij die temperatuur geen productie van larven waar. Voor deze soort dient de watertemperatuur tenminste 12°C te zijn (Sprung, 1987; Borcharding, 1991; Walz, 1978). Roe & MacIsaac (1997) vonden in Lake Erie bij een watertemperatuur van 4,8°C, op 55 m diepte, zowel driehoeks- als quaggamosselen in verschillende stadia van seksuele rijpheid. Een deel van de mosselen had de geslachtscellen reeds uitgestoten. Langdurige acclimatisatie aan de fysische omstandigheden op een dergelijke grote diepte (o.a. permanente lage watertemperatuur) kan een verklaring zijn voor deze anomalie.

3.6 Filtratiesnelheid

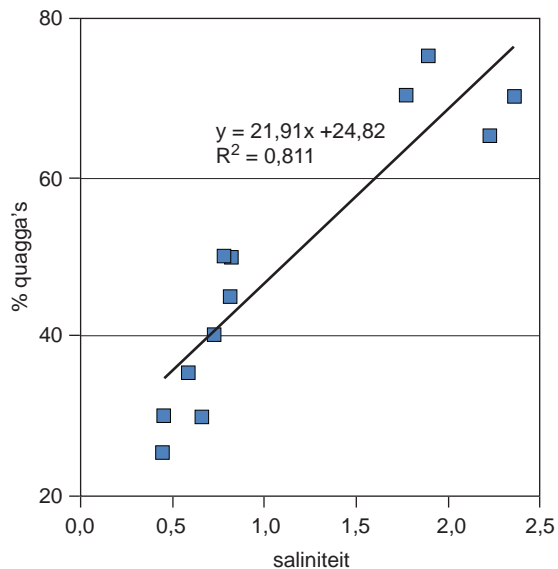
Uit onderzoek van Ackerman (1999) blijkt dat de filtratiecapaciteit van beide Dreissenasoorten niet significant van elkaar verschilt bij stroomsnelheden $<20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Onder de $10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ vond hij waarden tussen de 60 en 70 ml per uur voor mosselen van 11 cm schelplengte. Boven de $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ werd een afname van de filtratiecapaciteit voor beide soorten waargenomen. Uit diverse publicaties blijkt dat de waargenomen range van filtratiesnelheden van de driehoeksmossel relatief groot is. Deels zal dit ongetwijfeld zijn veroorzaakt door de proefopzet (o.a. te korte gewinning aan de proefomstandigheden, zie o.a. Reeders *et al.*, 1989) en deels zal dit fenotypisch bepaald zijn.

3.7 Watertemperatuur

Thorp *et al.* (2002) bestudeerden de groei en overleving van driehoeks- en quaggamosselen in stroomgoten (mesocosms) die gevoed werden met onbehandeld water uit de Ohio River. De watertemperatuur in de goten varieerde van maximaal 32°C in de zomer tot ca. 0°C in de winter. De resultaten gaven, in vier van de vijf seizoenen die het onderzoek in beslag nam, een betere overleving te zien van quagga- dan van driehoeksmosselen. De cumulatieve groei van de beide mosselensoorten gedurende de gehele onderzoeksperiode verschilde echter niet significant van elkaar. Mitchell *et al.* (1996) namen waar dat quaggamosselen meer abundant voorkwamen in een warmtepluim van een elektriciteitscentrale dan daarbuiten. Voor driehoeksmosselen vonden zij geen verschil. Op basis van laboratoriumexperimenten concludeerden Domm *et al.* (1993) echter dat driehoeksmosselen meer thermisch resistent zijn dan quaggamosselen. Zij baseerden deze conclusie op het verschil tussen het CTmax (Critical Thermal maximum) van beide soorten ($36,97^\circ\text{C} \pm 0,63$ voor de driehoeksmossel en $36,42^\circ\text{C} \pm 0,68$ voor de quaggamossel). Ook vonden zij dat de overlevingstijd van driehoeksmosselen, bij een constante watertemperatuur van 32°C , duidelijk langer was dan bij quaggamosselen (respectievelijk 275 en 75 minuten).

3.8 Saliniteit

Janssen & Janssen-Kruit (1967) vonden tot een saliniteit van 2,76 ‰ nog driehoeksmosselen in het Kanaal door Voorne. In het Noordzeekanaal bedraagt de 75-percentiel van de saliniteit op de plaatsen waar de soort is aangetroffen 3,7 ‰ (Van Haaren & Tempelman, 2006). Van Benthem-Jutting (1922) vond nog driehoeksmosselen in de voormalige Zuiderzee bij een chloridegehalte van 6,8 ‰ (saliniteit van ca. 12,3 ‰). Deze waarde lijkt niet reëel, waarschijnlijk werd de waarneming gedaan tijdens een tijdelijke verhoging van het chloridegehalte (in het gebied was altijd een chloridegradiënt aanwezig die zich continu verplaatste onder invloed van het getijde op de Waddenzee en de aanvoer van zoet water via rivieren (o.a. Eem, IJssel, Overijsselse Vecht). Uit het experimentele werk van Setzler-Hamilton *et al.* (1997) blijkt na 12 maanden 96-98% overleving van driehoeksmosselen tot 8‰ saliniteit en 46% overleving bij 10‰. Ze produceerden larven bij 4 en 6‰ saliniteit. Kilgour *et al.* (1994) vonden in experimenten een achteruitgang in de conditie van driehoeksmosselen bij een saliniteit >1 ‰ en een temperatuur van 18-20°C. Na langzame acclimatisatie kan de tolerantie voor de saliniteit oplopen tot 8‰ bij 20°C. Bij lagere temperaturen (3-12°C) vonden zij dat de volgende saliniteitswaarden werden getolereerd: post-veliger larven 2 ‰, veliger larven 4,5 ‰ en volwassen driehoeksmosselen (5-15 mm) tussen 2 en 4 ‰.



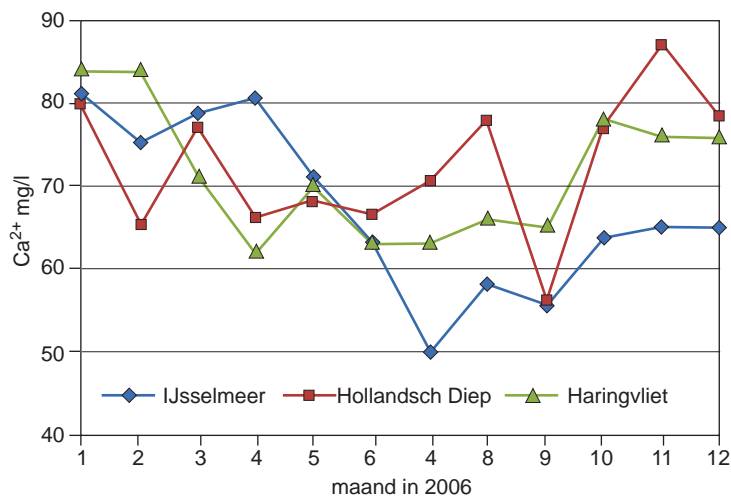
Figuur 5. Het verband tussen het voorkomen van quaggamosselen en de saliniteit (Zhulidov *et al.*, 2004)

Voor Noord-Amerikaanse populaties van de quaggamossel worden maximale tolerantiegrenzen opgegeven van 4 ‰ (McMahon, 1996) en 5 ‰ (Spidle *et al.*, 1995) onder experimentele condities. Orlova *et al.* (1998) geven voor Russische populaties geeft een waarde op van 7 ‰, na stapsgewijze acclimatisatie aan een hogere saliniteit en eveneens onder experimentele omstandigheden.

Uit onderzoek van Zhulidov *et al.* (2004), uitgevoerd in de benedenloop van de Don en de zijrivier de Manych, blijkt een verband tussen de saliniteit en het aandeel van quaggamosselen in de aangetroffen *Dreissena*'s (*D. polymorpha* en *D. rostriformis bugensis*). Dit verband is aangegeven in figuur 5. Op grond van deze waarnemingen (Zhulidov *et al.*, 2004) lijkt de driehoeksmossel dus minder tolerant te zijn voor saliniteit en daarmee dus ook voor chloride. Sterfte van deze soort in de benedenloop van de Dnjepr/Bug treedt op wanneer de saliniteit boven de 6 ‰ komt (Rosenberg & Ludyanskiy, 1994). Wright *et al.* (1996) vonden een grotere saliniteitstolerantie van veligerlarven van driehoeksmosselen dan van quaggamosselen. Geconcludeerd kan worden dat er zowel bij de driehoeks- als de quaggamossel een fenotypische aanpassing bestaat voor hogere osmotische waarden. Dit resulteert in een grotere tolerantie voor de concentratie aan zouten in het water waar ze voorkomen.

3.9 Calcium

Calcium is een belangrijk element voor de opbouw van de schelp en speelt tevens een rol in de osmoregulatie (bepaald een deel van de saliniteit). In Nederland zal echter de calciumconcentratie in watertypen die in verbinding staan met de Rijn (65% van het zoete oppervlakte water, Middelkoop, 1998) nooit beperkend zijn (figuur 6). De drempel voor het voorkomen van driehoeksmosselen ligt tussen de 8 en 12 mg.l⁻¹ (Sprung, 1987; Vinogradov *et al.*, 1993; Hincks & Mackie, 1997). Er zijn echter ook veldwaarnemingen bekend waarbij beneden een Ca²⁺-concentratie van 15 mg.l⁻¹ geen driehoeksmosselen werden waargenomen (Mellina & Rasmussen, 1994; Strayer *et al.*, 1996; Allen & Ramcharan, 2001). Uit onderzoek van Jones & Ricciardi (2005) bleek dat de Ca²⁺-concentratie in de St. Lawrence River 21 en 10% verklaarde van het verschil in biomassa van respectievelijk de driehoeks- en quaggamossel op de onderzochte locaties. De biomassa van driehoeksmosselen nam toe met de Ca²⁺-concentratie tot 25 mg.l⁻¹ en nam daarboven af. Bij quaggamosselen werd een lineair verband gevonden tussen de biomassa en de Ca²⁺-concentratie. Driehoeksmosselen werden niet aangetroffen bij een Ca²⁺-concentratie <8 mg.l⁻¹, voor quaggamosselen was de ondergrens 12 mg.l⁻¹.



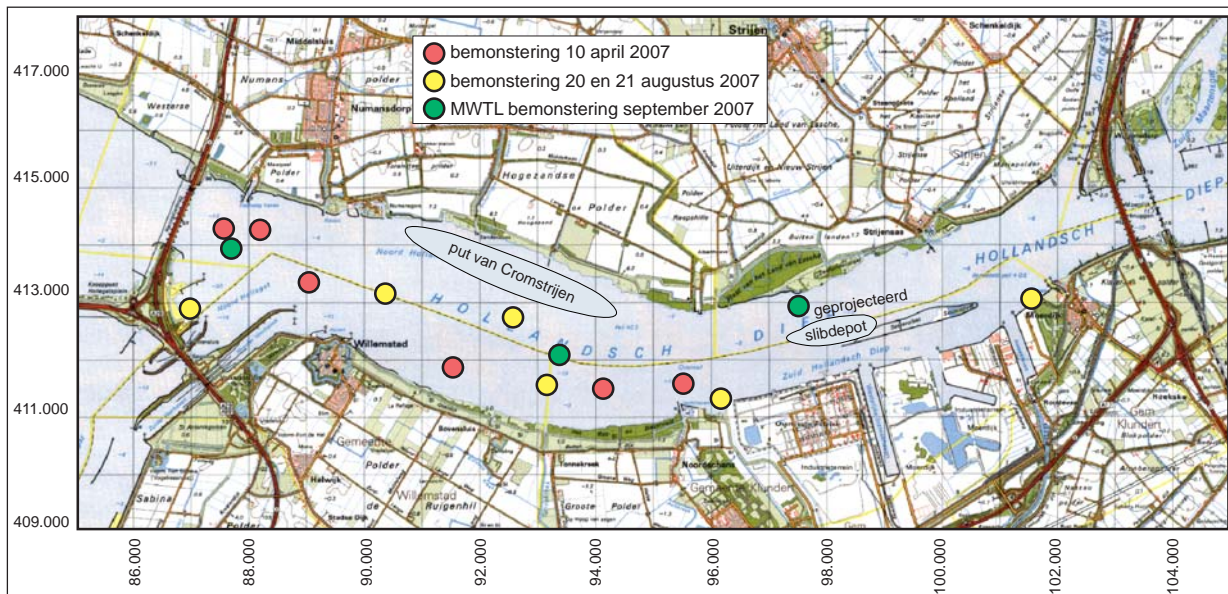
Figuur 6 Het verloop van de Ca²⁺-concentratie in het IJsselmeer, Hollandsch Diep en Haringvliet in 2006

Dit zou er op kunnen wijzen dat quaggamosselen een hogere calciumbehoefte hebben dan driehoeksmosselen (Zhulidov *et al.* 2004). De in het voorgaande geconstateerde hogere groeisnelheid van de quaggamossel kan een verklaring zijn voor de hogere calciumbehoefte.

Door Hincks & Mackie (1997) werd een negatief effect van calcium gevonden. Bij Ca²⁺-concentraties van >25 mg.l⁻¹ constateerden zij een verhoogde sterfte van driehoeksmosselen, terwijl de groeisnelheid van juveniele driehoeksmosselen af nam bij Ca²⁺-concentraties boven de 32 mg.l⁻¹. Of dit het gevolg zou kunnen zijn van onvoldoende acclimatisatie is onbekend. Verhoogde sterfte en/of een lagere groeisnelheid bij hogere Ca²⁺-concentraties (>32 mg.l⁻¹) is voor de Nederlandse driehoeksmosselen nooit onderzocht.

4 Bodemfauna in het Hollandsch Diep

Het Hollandsch Diep is een gebied waarin antropogene invloeden zich sterk doen gelden. Vooral de vervuiling van de bodem in de vorige eeuw met zware metalen en organische microverontreinigingen hadden een sterke invloed op de aanwezige fauna (o.a. Smit, 1995). Periodiek baggeren voor het op diepte houden van vaargeulen, het vullen van de “put van Cromstrijen” en de aanleg van het slibdepot ten westen van de Sassenplaat, waarbij vrijkomend bodemmateriaal in het westelijk deel van het Hollandsch Diep verspreid wordt (figuur 7), zijn ingrepen die ongetwijfeld van (tijdelijke?) invloed zijn op de aanwezige levensgemeenschap van bodemdieren. Daarnaast is er de “natuurlijke verstoring” door fluctuaties in de afvoer van Rijn en Maas waardoor wisselende sedimentatie en erosiepatronen ontstaan (o.a. Klink en Dudok van Heel, 1993). Door al deze verstoringen treden verschuivingen op in de onderliggende verhoudingen tussen soorten waardoor bijvoorbeeld ook soorten die van nature niet in Nederland thuis horen een vestigingskans kregen en nog steeds krijgen (Den Hartog *et al.*, 1992; Kennedy *et al.*, 2002; Shea & Chesson, 2002). Het Hollandsch Diep is wat dit laatste betreft inmiddels een smeltkroes geworden van soorten die via ballastwater zijn gearriveerd of via kanalen die verbindingen vormen tussen stroomgebieden (o.a. Bij de Vaate *et al.*, 2002; Van der Velde *et al.*, 2002).



Figuur 7. Het Hollandsch Diep met daarin aangegeven de bemonsteringslocaties in 2007.

Door de vele studies naar het voorkomen van bodemdieren in het gebied, die vooral werden uitgevoerd in de 1980-er en 1990-er jaren, is er relatief veel over bekend. Het voorkomen van driehoeksmosselen werd in kaart gebracht in de jaren 1990, 1994 en 2001. Bij driehoeksmosselinventarisaties in 1990 en 1994 werd onderscheid gemaakt tussen een oostelijk – en een westelijk deel. De grens lag daarbij op de 96^{ste} x-coördinaat (ter hoogte van Noordschans; figuur 7). Bij de uitwerking van de gegevens is deze grens aangehouden wanneer beide deelgebieden zijn onderscheiden.

5 Resultaten verkenning

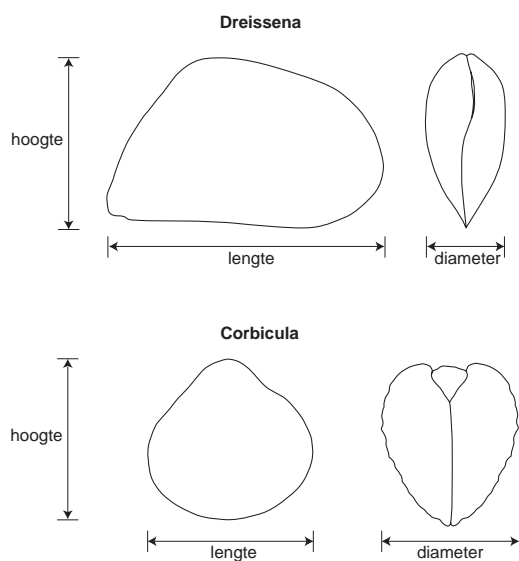
Doel van de bemonstering op 20 en 21 augustus 2007 was een verkenning voor het vaststellen van een aantal bemonsteringslocaties in het Hollandsch Diep om dichtheidsontwikkelingen van zowel de quagga- als de driehoeksmossel in de komende jaren te gaan volgen. Op basis van verspreidingskaarten van inventarisaties in eerdere jaren werd een zestal locaties geselecteerd waar driehoeksmosselen in uiteenlopende dichtheden zouden moeten voorkomen (tabel 2). Uitgangspunt voor de keuze van de locaties was dat de variatie in dichtheid vooral bepaald werd door de bodemsamenstelling. Een van deze locaties (plek 6) bleek tijdens de inventarisatie ongeschikt omdat deze in een sedimentatiegebied was gelegen. Er werd op die locatie uitsluitend puur slib aangetroffen zonder enig materiaal (schelpresten o.i.d.) wat zou kunnen dienen als aanhechtingsubstraat voor beide Dreissenasoorten.

Datum bemonstering	Locatie-aanduiding	Coördinaten	
		X	Y
20 aug.	plek 1	87.000	412.800
20 aug.	plek 2	90.400	413.250
20 aug.	plek 3	92.600	412.700
20 aug.	plek 4	96.200	411.200
21 aug.	plek 5	101.600	413.000
20 aug.	plek 6	93.100	411.500

Tabel 2. Bemonsterde locaties in het Hollandsch Diep (zie ook figuur 3).

De bemonsteringen werden uitgevoerd met een Van Veenhapper die een bemonsterings-oppervlak had van 500 cm². Op elke locatie werden tien bodem-monsters genomen die elk afzonderlijk op een zeef met een maaswijdte van 500 µm werden gespoeld, waarna de in het monster aanwezige Dreissena's, korfmosselen (de Aziatische korfmossel, *Corbicula fluminea*, en de toegeknepen korfmossel, *C. fluminalis*) en Unionidae kwantitatief werden verzameld. De coördinaten van elk monster zijn gegeven bijlage 2. Na de bemonstering werden de monsters ingevroren om op een later tijdstip alle mosselen te determineren waarbij tevens de schelpenlengte (figuur 8) werd opgemeten (schelpenlengte afgerond op hele mm's).

De basisgegevens en resultaten van de bemonsteringen zijn vermeld in bijlage 2. Zoals te verwachten viel kwamen zowel de quagga- als de driehoeksmossel sterk geclusterd voor op de bemonsteringslocaties (tabel 3). Op elke locatie werden beide soorten aangetroffen maar de variatie in het aantal aangetroffen exemplaren van elke soort per monster was relatief groot. Driehoeksmosselen werden in 64% van de monsters aangetroffen, quaggamosselen in 40%. Op basis van de samengevoegde resultaten van alle monsters bleek dat 30% van de Dreissena's bestond uit *D. rostriformis bugensis* en 70% uit *D. polymorpha*.



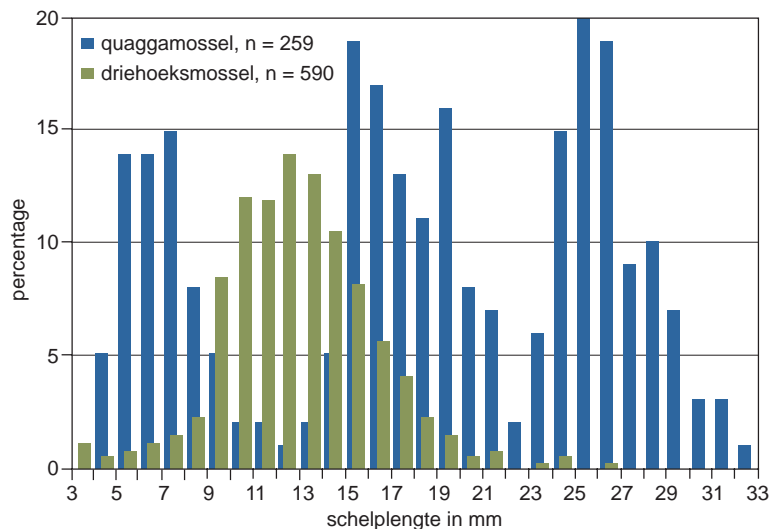
Opvallend waren de grote aantallen lege korfmosselschelpen die op elke locatie in of op de bodem voorkwamen. Aan de kleur van deze schelpen was duidelijk te zien dat de meesten door een sliblaag waren bedekt en derhalve onbereikbaar waren als aanhechtingsubstraat voor de Dreissena's. Lege Corbiculaschelpen die kennelijk op de bodem lagen, levende Corbicula's, Dreissena's en Unio's (zowel levende dieren als lege schelpen) waren het belangrijkste aanhechtingsubstraat voor de levende mosselen die werden aangetroffen (bijlagen 1 en 2).

Figuur 8. Dimensies van Dreissena's (boven) en Corbicula's (onder).

Door de resultaten van alle waarnemingen op de vijf locaties (tabel 2) samen te voegen konden met behulp van waarschijnlijkheidspapier (Harding, 1949; Cassie, 1954) voor de quaggamossel drie jaarklassen worden onderscheiden (figuur 9): a. de 0+-jaarklasse met een gemiddelde schelp lengte van 5,6 mm (st.dev.: 1,3 mm); b. de 1+-jaarklasse met een schelp lengte van 16,1 mm (st.dev.: 1,8 mm); c. de 2+-jaarklasse met een schelp lengte van 25,6 mm (st.dev.: 2,1 mm). Voor de driehoeksmossel kon slechts één duidelijke lengteklasse, met een schelp lengte van 6-21 mm worden onderscheiden (figuur 2). Het is echter niet reëel om die lengteklasse als één jaarklasse te beschouwen. Opvallend is dat zowel de juveniele (schelp lengte tot ca. 8 mm) als de oudere driehoeksmosselen (schelp lengte >20 mm) minimaal in de populatie aanwezig waren. Dit wijst er duidelijk op dat de driehoeksmosselen in het Hollandsch Diep slechts marginale habitats aantreffen. Dat de populatieopbouw van de quaggamossel drie duidelijke jaarklassen laat zien geeft aan dat deze soort beter is opgewassen tegen de heersende omstandigheden in het gebied.

plek	N	quaggamossel			driehoeksmossel			diepte (m)	sediment		
		n	min.	max. gem.	n	min.	max. gem.				
1	10	6	0	1360	372	7	0	280	106	2,7-6,0	slib tot slibrijk zand
2	10	6	0	160	106	8	0	960	488	5,1-8,4	zware modder tot slibrijk zand
3	10	1	0	120	12	4	0	80	24	3,6-5,5	zand
4	10	2	0	40	6	8	0	620	168	2,2-4,2	slibrijk zand tot zand
5	10	5	0	80	22	5	0	1540	416	2,0-5,7	zandig slib tot zand

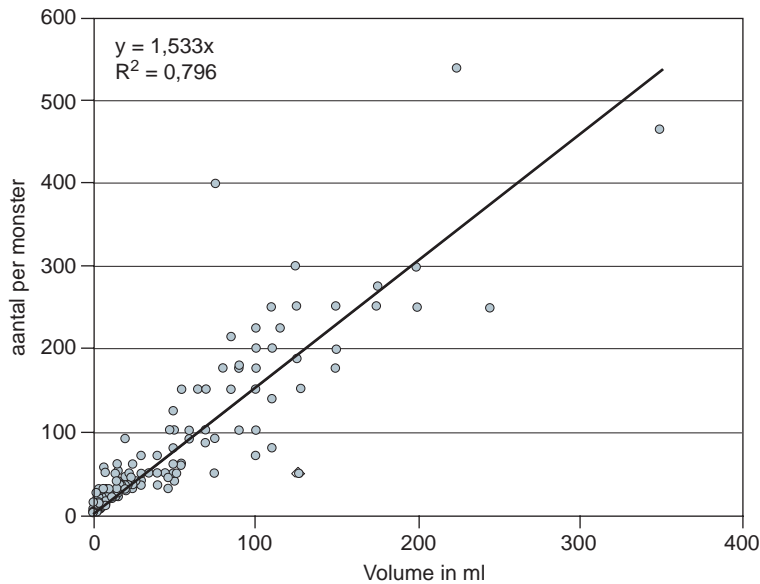
Tabel 3. De dichtheid van quagga- en driehoeksmosselen, omgerekend per m², in de afzonderlijke monsters genomen op 20 en 21 augustus 2007 (N = aantal happen per locatie; n = aantal happen met levende mosselen; min. = minimum aantal mosselen per hap; max. = maximum aantal mosselen per hap; gem. = gemiddeld aantal mosselen per hap).



Figuur 9. Lengte/frequentieverdeling van de quagga- en driehoeksmosselen in het Hollandsch Diep gebaseerd op alle waarnemingen tijdens de bemonstering van de plekken 1 t/m 5 (tabel 2).

6 Ontwikkelingen in het voorkomen van driehoeksmosselen

Vóór 2007 hebben in het Hollandsch Diep gebiedsdekkende driehoeksmosselinventarisaties plaatsgevonden in de jaren 1990, 1994 en 2001 (De Hoog, 1997; Schmidt *et al.*, 2002). De bemonsteringen werden uitgevoerd met een Van Veenhapper. Tijdens de inventarisatie in 1990 werd het aantal driehoeksmosselen per bodemonster bepaald en het volume ervan; in de beide overige jaren werd uitsluitend het volume van de mosselen bepaald. Het verband tussen het aantal mosselen en het volume, bepaald in 1990 (figuur 10), werd gebruikt om de resultaten van de bemonsteringen in 1994 en 2001 om te kunnen rekenen naar aantal dieren per monster (tabel 4).



Figuur 10. Het verband tussen het aantal driehoeksmosselen en volume ervan bepaald in 1990.

In het merendeel van de bodemonsters (elk monster bestond uit het materiaal van een hap na spoelen op een zeef met een maaswijdte van 500 μ m) werden in de drie genoemde jaren minder dan 25 driehoeksmosselen per monster aangetroffen. Het relatief grote verschil tussen het gemiddelde aantal mosselen en de mediaan van alle waarnemingen wijst op een sterke clustering van de dieren, hetgeen ook volgt uit hun levenswijze. Driehoeksmosselen werden voornamelijk aangetroffen in het westelijk deel. In het oostelijk deel bleek de dichtheid in alle drie opnamejaren zeer laag.

	Oostelijk deel			Westelijk deel		
	1990	1994	2001	1990	1994	2001
aantal monsters	100	99	100	300	295	300
% monsters met mosselen	11	15	17	36	37	53
% monsters met >25 mosselen	4	4	1	22	30	23
totaal aantal waargenomen mosselen	669	1.106	106	8.014	12.372	4.918
gemiddeld aantal mosselen per monster	7	11	1	27	42	16
mediaan aantal mosselen per monster	0	0	0	0	0	2
st.dev. gemiddelde aantal mosselen	32	57	6	65	91	28

Tabel 4: Het aantal bodemonsters genomen in het oostelijk – en westelijk deel van het Hollandsch Diep en het aantal driehoeksmosselen in die monsters.

Ten opzichte van 1990 werd in 1994 bijna een factor 2 meer mosselen in de monsters uit het oostelijk deel aangetroffen, terwijl dat in 2001 een factor 10 minder was in vergelijking met 1994. Ondanks deze verschillen kon tussen deze jaren geen significante toe- of afname worden geconstateerd (tabel 5). In het westelijk deel waren de verschillen tussen de jaren wel significant (z-toets, Fowler *et al.*, 1998). Ten opzichte van 1990 werden in 1994 meer (P=0,05) en in 2001 minder (P=0,05) mosselen aangetroffen; de afname in 2001 ten opzichte van 1994 was zelfs duidelijker (P=0,01).

Paren	z-waarden	P
HDO ₁₉₉₀ en HDO ₁₉₉₄	0,61	n.s.
HDO ₁₉₉₀ en HDO ₂₀₀₁	1,84	n.s.
HDO ₁₉₉₄ en HDO ₂₀₀₁	1,74	n.s.
HDW ₁₉₉₀ en HDW ₁₉₉₄	2,31	0,05
HDW ₁₉₉₀ en HDW ₂₀₀₁	2,69	0,05
HDW ₁₉₉₄ en HDW ₂₀₀₁	4,69	0,01

Tabel 5:

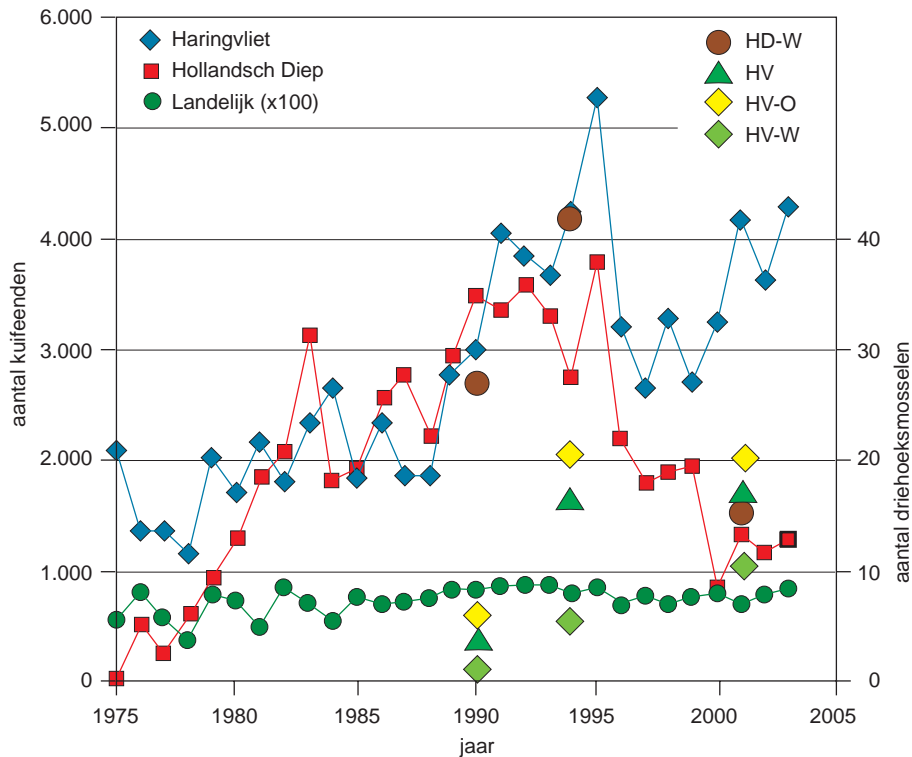
Resultaten van de z-toets (Fowler et al., 1998) voor paarsgewijze vergelijking van het gemiddeld aantal mosselen per monster in de drie opnamejaren (HDO = Hollandsch Diep oost, HDW = Hollandsch Diep west, n.s. = geen significant verschil)

Nagegaan is in hoeverre de het jaarlijks aantal mosseletende duikeenden in het Hollandsch Diep een aanwijzing kunnen zijn voor dichtheidsveranderingen van de driehoeksmosselen. De kuifeend bleek qua aantallen veruit de belangrijkste soort te zijn die in het gebied voorkomt (SOVON & CBS, 2005). Uit de telgegevens (figuur 11) blijkt dat de soort zowel in het Hollandsch Diep als in het Haringvliet na 1995 duidelijk in aantal achteruit ging. In de periode 1996 t/m 2000 was er duidelijk sprake van een stabilisatie van de aantallen. Na 2000 begonnen de aantallen in het Haringvliet weer te nemen, terwijl deze in het Hollandsch Diep verder achteruit gingen. Het lijkt erop de toename in het Haringvliet ten koste ging van het de aantallen in het Hollandsch Diep omdat in de jaren 2001 t/m 2003 de aantallen in het totale gebied rond de 5.000 bleef schommelen. In die periode was het seizoensgemiddelde aantal kuifeenden in het Hollandsch Diep gedaald tot ongeveer 1.200 à 1.300. Landelijk gezien was het aantal kuifeenden vrij constant en schommelde in de periode 1990 t/m 2003 globaal tussen de 70.000 en 90.000 exemplaren. Veranderingen in de dichtheden in het Hollandsch Diep kunnen daarom niet verklaard worden uit een landelijke trend.

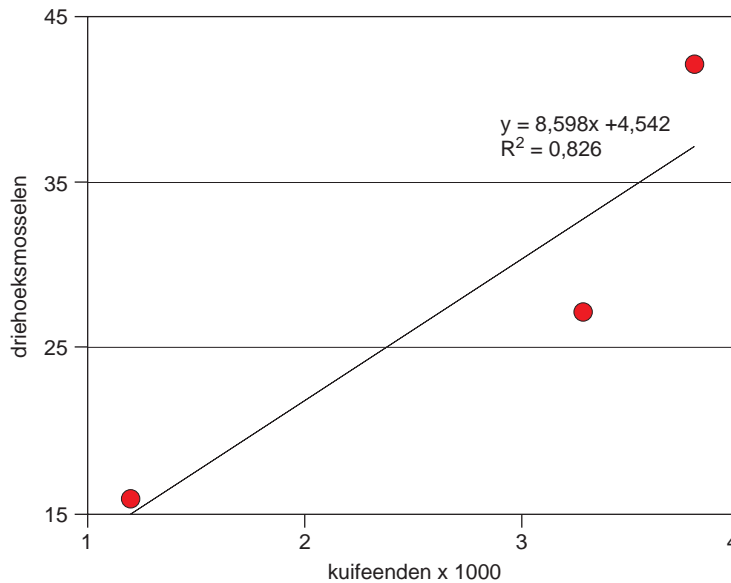
Er is geen relatie tussen het voorkomen van driehoeksmosselen in de jaren 1990, 1994 en 2001 in het Hollandsch Diep-west, en het seizoensgemiddelde van de kuifeenden in het totale Hollandsch Diep in dezelfde jaren. Wel lijkt er een verband te bestaan tussen het gemiddeld aantal driehoeksmosselen per monster in de genoemde jaren en het seizoensgemiddelde aantal kuifeenden in het jaar daarna (figuur 12). Statistisch gezien is dit verband echter niet significant (*t*-toets, P=0,10; Fowler *et al.*, 1998), o.a. vanwege het geringe aantal waarnemingen. Worden als extra waarnemingen de driehoeksmossselgegevens uit het Haringvliet-oost en de kuifeendgegevens uit het jaar daarop in het totale Haringvliet toegevoegd dan is er in het geheel geen verband waarneembaar. Dit geeft aan dat het voorkomen van een populatie kuifeenden in het gebied niet in verhouding staat tot de aan te treffen gemiddelde dichtheid van Dreissena's. Dat komt omdat de kuifeenden uitsluitend de rijkste plekken aan Dreissena's zullen opzoeken om te fourageren (De Leeuw, 1997). Dit geldt niet alleen voor het Hollandsch Diep en Haringvliet, maar ook voor het nabij gelegen Volkerak-Zoommeer.

Een mogelijke relatie tussen de dichtheid van driehoeksmosselen en de waterdiepte in het Hollandsch Diep en Haringvliet kon niet worden aangetoond. De mosselen werden in de jaren 1990, 1994 en 2001 op alle diepten in relatief sterk uiteenlopende dichtheden aangetroffen. Overigens moet opgemerkt worden dat ongeveer 13% van het totaal aantal records uit die jaren onbruikbaar was, hoofdzakelijk omdat voor het volume van de driehoeksmosselen op een bepaalde locatie en voor de diepte hetzelfde getal was ingevuld. In een beperkt aantal gevallen kan dat overigens wel juist geweest zijn, maar dat viel niet meer te

achterhalen. Er is bij de bewerking van de gegevens vanuit gegaan dat het getal voor het volume van de driehoeksmosselen juist was en niet de diepte!



Figuur 11. Het seizoensgemiddelde van de kuifeend voor het Haringvliet, Hollandsch Diep en voor geheel Nederland. Het landelijk gemiddelde moet met een factor 100 worden vermenigvuldigd. Tevens is op de rechter y-as aangegeven het gemiddeld aantal driehoeksmosselen per gebied per monster in de jaren met gebiedsdekkende mosselkartering (HD-W = Hollandsch Diep-west, HV = Haringvliet, HV-O = Haringvliet-oost en HV-W = Haringvliet-west)



Figuur 12. Het verband tussen het gemiddelde aantal driehoeksmosselen in de monsters tijdens de inventarisaties in 1990, 1994 en 2001 en het seizoensgemiddelde aantal kuifeenden in het teljaar na die inventarisaties.

Met behulp van een overzicht van de maandelijkse tellingen in het Hollandsch Diep en Haringvliet, verstrekt door SOVON, is nagegaan in hoeverre er een relatie is aan te tonen tussen de dichtheid van driehoeksmosselen en het gemiddeld aantal kuifeenden in bepaalde perioden van het jaar. Wat betreft de SOVON-gegevens is onderscheid gemaakt tussen getelde en berekende gegevens. Als perioden zijn de maanden augustus t/m februari en november t/m februari in beschouwing genomen. Beide perioden vielen deels in het opnamejaar van de driehoeksmosselen, terwijl de maanden januari en februari in het jaar daarop vielen. Voor de dichtheid van de driehoeksmosselen is uitgegaan van zowel het aantal als het volume per oppervlakte-eenheid (bijlage 3).

Er bleek geen statistisch significant verband aantoonbaar (t-toets; Fowler *et al.*, 1998) tussen:

- a. het gemiddeld aantal mosselen per oppervlakte-eenheid en het **berekende** seizoensgemiddelde aantal kuifeenden in het Hollandsch Diep (n=3);
- b. het gemiddeld aantal mosselen per oppervlakte-eenheid en het **berekende** seizoensgemiddelde aantal kuifeenden wanneer het Hollandsch Diep wordt gesplitst in een oostelijk - en westelijk deel (n=6);
- c. het gemiddeld aantal mosselen per oppervlakte-eenheid en het **berekende** seizoensgemiddelde aantal kuifeenden in het Hollandsch Diep en Haringvliet (n=6), ook niet wanneer beide gebieden gesplitst worden in een oostelijk - en westelijk deel (n=12);
- d. het gemiddelde volume van de driehoeksmosselen per oppervlakte-eenheid en het **berekende** seizoensgemiddelde aantal kuifeenden in zowel het Hollandsch Diep (n=3), als in combinatie met het Haringvliet (n=6), als wanneer beide wateren gesplitst worden in een oostelijk - en westelijk deel (n=12);
- e. het gemiddelde volume van de driehoeksmosselen per oppervlakte-eenheid en het **getelde** gemiddelde aantal kuifeenden in de periode augustus t/m februari in zowel het Hollandsch Diep (n=3), als in combinatie met het Haringvliet (n=6), als wanneer beide wateren gesplitst worden in een oostelijk - en westelijk deel (n=12);
- f. het gemiddelde volume van de driehoeksmosselen per oppervlakte-eenheid en het **getelde** gemiddelde aantal kuifeenden in de periode november t/m februari in zowel het Hollandsch Diep (n=3), als in combinatie met het Haringvliet (n=6), als wanneer beide wateren gesplitst worden in een oostelijk - en westelijk deel (n=12).

7 Discussie

Slib, zand en een mengsel van beiden waren de belangrijkste substraattypen die bemonsterd werden op 20 en 21 augustus 2007 (tabel 3). In vergelijking met de overige substraattypen werd het type "slib en modder" de helft minder bemonsterd dan de typen "zandig slib en slibrijk zand" en "zand" (tabel 3). Aangezien de Hollandsch Diepbodem lijkt te bestaan uit een bonte scharkering van deze typen is het niet zeker dat bij een volgende bemonstering deze bodemtypen in dezelfde verhouding bemonsterd kunnen worden. Ondanks de variatie in bodemtypen per locatie was locatie 1 vooral een sliblocatie, op de locaties 2, 4 en 5 werd voornamelijk een mengsel van zand en slib aangetroffen in wisselende samenstelling, terwijl locatie 3 een uitgesproken zandlocatie was. Locatie 6 bleek ongeschikt als habitat voor Dreissena's wegens het ontbreken van elke vorm van aanhechtingssubstraat. De vooraf gewenste substraatvariatie in de bemonstering werd, met de vijf locaties waar wel aanhechtingssubstraat aanwezig was, dus inderdaad bereikt met het vooraf vastgestelde bemonsteringsschema.

Op grond van de zeer beperkte dataset kan geconcludeerd worden dat het substraattypen "zandig slib en slibrijk zand" de meest optimale habitat vormt voor de driehoeksmossel, terwijl de quaggamossel meer affiniteit heeft tot een fijner substraattypen ("slib en modder"). In 81% van de monsters die in het substraattypen "zandig slib en slibrijk zand" werden genomen kwamen driehoeksmosselen voor en in die monsters werd 62% aangetroffen van alle driehoeksmosselen die op de vijf locaties werden verzameld. Voor de quaggamossel bedroegen deze percentages respectievelijk 60 en 69 in het substraattypen "slib en modder" (tabel 6). Of hier duidelijk sprake is van het feit dat quaggamosselen zich gemakkelijker kunnen vestigen op slappere bodems dan de driehoeksmossel is hiermee echter nog niet aangetoond. De quaggamossel zit nog in een kolonisatiefase en gedurende deze fase ligt het definitieve verspreidingspatroon nog niet vast. Wat de rol is van de Aziatische korfmossel in de substraatvoorkeur voor beide Dreissenasoorten is niet duidelijk. Zowel levende als dode korfmosselen kunnen fungeren als aanhechtingssubstraat voor de Dreissena's.

	Substraattypen		
	1	2	3
aantal monsters	10	21	19
aantal monsters met driehoeksmosselen	6 (60%)	17 (81%)	9 (47%)
aantal monsters met quaggamosselen	5 (50%)	9 (43%)	3 (16%)
aantal monsters met Aziatische korfmosselen	10 (100%)	20 (95%)	16 (84%)
verdeling driehoeksmosselen per substraattypen	9%	62%	30%
verdeling quaggamosselen per substraattypen	69%	27%	4%
verdeling Aziatische korfmosselen per substraattypen	19%	54%	27%

Tabel 6. Het voorkomen van driehoeks- quagga- en Aziatische korfmosselen in het Hollandsch Diep in relatie tot het substraattypen (1 = slib en modder; 2 = zandig slib en slibrijk zand; 3 = zand)

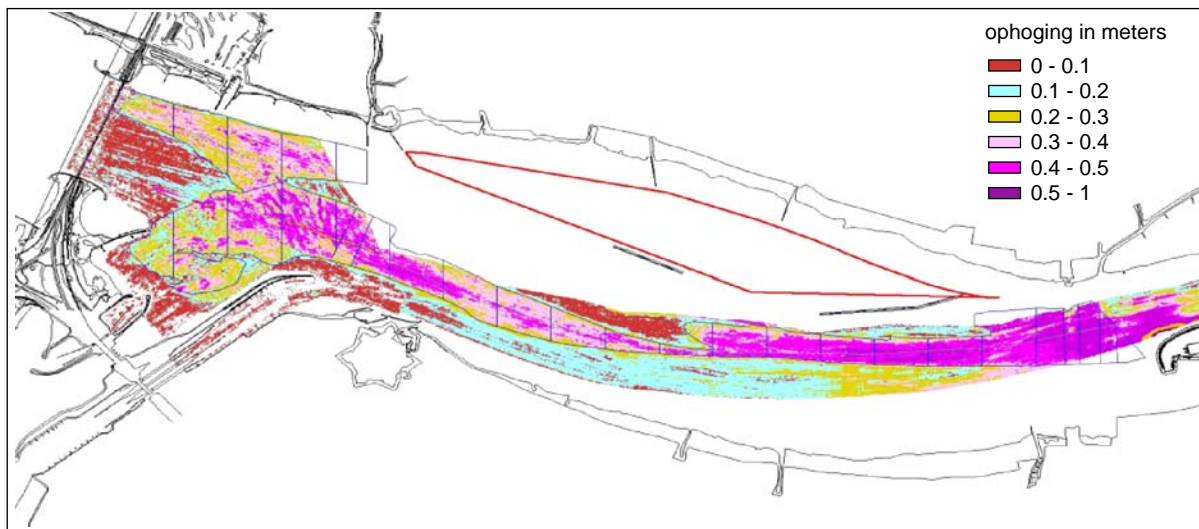
Door de manier van bemonsteren, met een Van Veenhopper, kon bij de bemonstering niet worden nagegaan in hoeverre de toplaag van de bodem bedekt was met schelpmateriaal afkomstig van de Aziatische korfmossel of dat de lege schelpen die werden bemonsterd waren bedekt met een sliblaag zodat ze onbereikbaar waren als aanhechtingssubstraat voor de Dreissena's. Het aantal levende Corbicula's in de monsters is wel een indicatie voor de hoeveelheid substraat dat te verwachten valt, maar zegt in kwantitatieve zin niets over de beschikbaarheid als aanhechtingssubstraat. De Aziatische korfmossel werd in vrijwel alle monsters aangetroffen en evenals voor de driehoeksmossel lijkt de slibrijke zandbodem de optimale habitat in het Hollandsch Diep (tabel 6, bijlage 1).

Wanneer de resultaten van de bemonstering in augustus 2007 worden vergeleken met die van een bemonstering uitgevoerd in april van datzelfde jaar dan valt op dat toen op geen van de zes bemonsterde locaties (figuur 7) quaggamosselen werden aangetroffen en slechts op drie locaties driehoeksmosselen (tabel 7). De dichtheid van de driehoeksmosselen was relatief laag in vergelijking met wat werd aangetroffen tijdens de bemonstering in augustus (gemiddeld 8 exemplaren per m² tegen 103 op 20/21 augustus).

De bemonsteringen in april 2007 werden uitgevoerd met een box-corer (bemonsteringsoppervlak 20x30 cm). Per locatie werden vijf cores gestoken. Evenals bij het voorgaande onderzoek werden de bodemmonsters gespoeld op een zeef met een maaswijdte van 500 µm. Vervolgens werden de bodemdieren quantitatief verzameld en geconserveerd in alcohol 70%. Per locatie werd één verzamelmonster samengesteld.

Plek	Coördinaten		Drb	Dp	Cfa	Cfs	Cs
	X	Y					
WILLSD02	87.650	413.350	0	0	23	26	
NUMDPD01	88.170	414.340	0	0	102	10	122
WILLSD01	89.040	413.380	0	36	191		237
BOVSS03	91.500	411.850	0	7	234		370
TONNKK	94.170	411.540	0	0	195		238
KLUNDT	95.520	411.590	0	7	73		122

Tabel 7. De dichtheid van quaggamosselen (Drb), driehoeksmosselen (Dp), Aziatische korfmosselen (Cfa), toegeknepen korfmosselen (Cfs) en ongedetermineerde korfmosselen (Cs), omgerekend per m², in mengmonsters genomen op 10 april 2007 op de aangegeven locaties.



Figuur 13. Ophoging van de Hollandsch Diepbodem in 2007 ten opzichte van de situatie in 2006.

Het relatief grote verschil tussen het aantal aangetroffen driehoeksmosselen tijdens de april- en augustusbemonstering heeft wellicht te maken met de locatiekeuze. Bij de augustusbemonstering was die duidelijk gericht op het selecteren van locaties waar driehoeksmosselen in verschillende dichtheden konden worden verwacht, terwijl bij de aprilbemonstering locaties zijn geselecteerd waar materiaal uit het

toekomstige slibdepot Sassenplaat zou worden gedeponerd (nulmeting). Uit het verschil in bodemhoogte in 2006 en 2007 (figuur 13) bleek dat de locaties die in april zijn bemonsterd vrijwel allemaal in een gebied lagen waar sedimentatie heeft plaatsgevonden. In hoeverre dit ook het geval was bij de geselecteerde locaties voor de bemonstering op 20 en 21 augustus is niet duidelijk. Relevante lodingsgegevens van de gebieden waarin deze locaties waren gelegen ontbreken.

Uit het voorkomen van beide korfmosselsoorten tijdens de aprilbemonstering (tabel 7) blijkt eveneens dat ze algemeen in het gebied aanwezig zijn, waarbij aangetekend moet worden dat de Aziatische korfmossel duidelijk in hogere dichtheden voorkomt dan de toegeknepen korfmossel. Wanneer de resultaten van de april- en augustusbemonsteringen worden samengevoegd dan blijkt dat de Aziatische korfmossel in 91% van de monsters werd aangetroffen en de toegeknepen korfmossel tenminste in 46% (maximaal 54%).

Literatuur

- Ackerman, J.D., 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: 1551-156.
- Allen, Y.C. & C.W. Ramcharan, 2001. *Dreissena* distribution in commercial waterways of the U.S.: using failed invasions to identify limiting factors. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 898-907.
- Baldwin, B.S., M. Black, O. Sanjur, R. Gustafson, R.A. Iutz & R.C. Vrienen, 1996. A diagnostic molecular marker for zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and potentially occurring bivalves: mitochondrial CO1. Molecular Marine Biology and Biotechnology 5: 9-14.
- Baldwin, B.S., M.S. Mayer, J. Dayton, N. Pau, J. Mendillo, M. Sullivan, A. Moore, A. Ma & E.L. Mills, 2002. Comparative growth and feeding in zebra and quagga mussels (*Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*): implications for North American lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59: 680-694.
- Bayne, B.L. & R.C. Newell, 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In Wilbur, K.M. & A.S.M. Saeed (eds.) The Mollusca: 407-415. Academic Press, New York.
- Bayne, B.L., A.J.S. Hawkins & E. Navarro, 1989. Effects of seston concentration on feeding, digestion and growth in the mussel *Mytilus edulis*. Marine Ecology Progress Series 55: 47-54.
- Berkman, P.A., D.W. Garton, M.A. Haltuch, G.W. Kennedy & L.R. Febo, 2000. Habitat shift in invading species: zebra and quagga mussel population characteristics on shallow soft substrates. Biological Invasions 2: 1-6.
- Bij de Vaate, A. & M. Greijdanus-Klaas, 1990. The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Pelecypoda, Corbiculidae), a new immigrant in The Netherlands. Bulletin Zoologisch Museum Universiteit Amsterdam 12: 3-7.
- Bij de Vaate, A., 1991^A. Colonization of the German part of the river Rhine by the Asiatic clam, *Corbicula fluminea* Müller, 1774 (Pelecypoda, Corbiculidae). Bulletin Zoologisch Museum Universiteit Amsterdam 13 (2): 13-16.
- Bij de Vaate, A., 1991^B. Distribution and aspects of population dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), in the lake IJsselmeer area (The Netherlands). Oecologia 86: 40-50.
- Bij de Vaate, A., K. Jazdzewski, H. Ketelaars, S. Gollasch & G. van der Velde, 2002. Geographical patterns in range extension of macroinvertebrate Ponto-Caspian species in Europe. Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 59: 1159-1174.
- Bij de Vaate, A., 2006. De quaggamossel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897), een nieuwe zoetwater mosselsoort voor Nederland. Spirula 353: 143-144.
- Bij de Vaate, A. & E.A. Jansen, 2007. Onderscheid tussen de driehoeksmossel en de quaggamossel. Spirula 358: 123-125.
- Borcherding, J., 1991. The annual reproduction cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in lakes. Eocologia 87: 208-218.
- Cassie, R.M., 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size-frequency distribution. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 5:513-522.

- Claxton, W.T. & G.L. Mackie, 1998. Seasonal and depth variations in gametogenesis and spawning of *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis* in eastern Lake Erie. *Canadian Journal of Zoology* 76: 2010-2019.
- Claxton, W.T., A.B. Wilson, G.L. Mackie & E.G. Boulding, 1998. A genetic and morphological comparison of shallow- and deep-water populations of the introduced dreissenid bivalve *Dreissena bugensis*. *Canadian Journal of Zoology* 76: 1269-1276.
- De Hoog, J.E.W., H. Coops, A.A. Storm, M. Ohm & H.K. Prins, 1997. Biologische monitoring zoete Rijkswateren: Watersysteemrapportage Haringvliet, Hollandsch Diep, Biesbosch, 1994. Rapport Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad, nr. 96.032.
- Den Hartog, C., F.W.B. Van den Brink & G van der Velde, 1992. Why was the invasion of the River Rhine by *Corophium curvispinum* and *Corbicula* species so successful? *Journal of Natural History* 26: 1121-129.
- Dermott, R. & M. Munawar, 1993. Invasion of Lake Erie offshore sediments by *Dreissena*, and its ecological impacts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 2298-2304.
- Domm, S., R.W. McCauley, E. Kott & J.D. Ackerman, 1993. Physiological and taxonomic separation of two dreissenid mussels in the Laurentian Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 2294-2297.
- Fowler, J., L. Cohen & P. Jarvis, 1998. *Practical statistics for field biology*. Wiley & Sons, Chichester.
- Haltuch, M.A., P.A. Berkman & D.W. Garton, 2000. Geographic information system (GIS) analysis of ecosystem invasion: exotic mussels in Lake Erie. *Limnology & Oceanography* 45: 1778-1787.
- Harding, J.F., 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distribution. *Journal of the Marine Biological Association U.K.* 28:141-153.
- Herbert, P.D.N., B.W. Muncaster & G.L. Mackie, 1989. Ecological and genetic studies on *Dreissena polymorpha* (Pallas): a new mollusc in the Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 1587-1591.
- Hincks, S.S. & G.L.Mackie, 1997. Effects of pH, calcium, alkalinity, hardness, and chlorophyll on the survival, growth, and reproductive success of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in Ontario lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2049-2057.
- Hunter, R.D. & J.F. Bailey, 1992. *Dreissena polymorpha* (zebra mussels): colonization of soft substrata and some effects on unionid bivalves. *Nautilus* 106: 60-67.
- Janssen, A.W. & Janssen-Kruit, E., 1967. De molluskenfauna van het Kanaal door Voorne in verband met het zoutgehalte. *Correspondentieblad Nederlandse Malacologische Vereniging* 122: 1296-1298.
- Jones, L.A. & A. Ricciardi, 2005. Influence of physicochemical factors on the distribution and biomass of invasive mussels (*Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*) in the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 1953-1962.
- Karatayev, A.Y., L.E. Burlakova & D.K. Padilla, 1998. Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pall.). *Journal of Shellfish Research* 17: 1219-1235.
- Kennedy, T.A., Shahid Naeem, K.M. Howe, J.M.H. Knops, D. Tilman and P. Reich, 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature* 417: 636-638.
- Kilgour, B.W., G.I. Mackie, M.A. Baker & R. Keppel, 1994. Effects of salinity on the condition and survival of zebra mussels. *Estuaries* 17: 385-393.

- Kinzelbach, R., 1992. The main features of the phylogeny and dispersal of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. In Neumann, D. & H.A. Jenner (eds.), The zebra mussel *Dreissena polymorpha*: ecology, biological monitoring and first applications in the water quality management. Limnology aktuell 4: 5-17.
- Klink, A. & E. Dudok van Heel, 1993. Macro-evertebraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet. Rapport Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad, nr. EHR 48-1993.
- Kovalak, W.P., G.D. Longton & R.D. Smithee, 1993. Infestation of power plant water systems by the zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). In: Schloesser D.W. & T. Nalepa (eds.), Zebra mussels: biology, impact and control: 359-380. Lewis publishers, Boca Raton, USA.
- LePage, W.L., 1993. The impact of *Dreissena polymorpha* on waterworks operations at Monroe, Michigan: a case history. In: Schloesser D.W. & T. Nalepa (eds.), Zebra mussels: biology, impact and control: 333-358. Lewis publishers, Boca Raton, USA.
- Lewandowski, K., 1976. Unionidae as a substratum for *Dreissena polymorpha* Pall. Pol. Arch. Hydrobiol. 23: 409-420.
- Madon, S.P., D.W. Schneider, J.A. Stoeckel & R.E. Sparks, 1998. Effects of inorganic sediment and food concentrations on energetic processes of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*: implications for growth in turbid rivers. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 401-413.
- May, B. & J.E. Marsden. 1992. Genetic identification and implications of another invasive species of Dreissenid mussel in the Great Lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49:1501-1506.
- McMahon, R.F., 1996. The physiological ecology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in North America. Malacological Reviews 18: 117-122.
- Mellina, E. & J.B. Rasmussen, 1994. Patterns in the distribution and abundance of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in rivers and lakes in relation to substrate and other physicochemical factors. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51: 1024-1036.
- Middelkoop, H., 1998. Twee rivieren. Rijn en Maas in Nederland. Rapport Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Arnhem, nr. 98.041.
- Mills E.L., J.R. Chrisman, B. Baldwin, R.W. Owens, R. O'Gorman, T. Howell, E.F. Roseman & M.K. Rath, 1999. Changes in the dreissenid community in the lower Great Lakes with emphasis on southern Lake Ontario. Journal of Great Lakes Research 25: 187-197.
- Mitchell J.S., R.C. Bailey & R.W. Knapton, 1996. Abundance of *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis* in a warmwater plume: effects of depth and temperature. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53: 1705-1712.
- Molloy, D.P., D.H. Lynn & L. Giamberini, 2005. *Ophryoglena hemophaga* n. sp. (Ciliophora: Ophryoglenidae): a parasite of the digestive gland of zebra mussels *Dreissena polymorpha*. Diseases of Aquatic Organisms 65: 237-243.
- Molloy, D.P., A. bij de Vaate, T. Wilke & L. Giamberini, 2007. Discovery of *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897) in Western Europe. Biological Invasions 9: 871-874.
- Orlova, M.I., V.V. Khlebovich & A. Yu. Komendantov, 1998. Potential euryhalinity of *Dreissena polymorpha* (Pallas) and *Dreissena bugensis* (Andr.). Russian Journal of Aquatic Ecology 7: 17-27.

- Orlova, M.I. & G.K. Shcherbina, 2002. On the distribution of *Dreissena bugensis* (Dreissenidae, Bivalvia) in reservoirs of the Upper Volga River basin. *Zoologicheskyy Zhurnal* 81: 515-520.
- Orlova, M.I. & V.E. Panov, 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.
- Orlova, M.I., J.R. Muirhead, P.I. Antonov, G.Kh. Shcherbina, Y.I. Starobogatov, G.I. Biochino, T.W. Therriault & H.J. MacIsaac, 2004. Range expansion of quagga mussels *Dreissena rostriformis bugensis* in the Volga River and Caspian Sea basin. *Aquatic Ecology* 38: 561-573.
- Pathy, D.A. & G.L. Mackie, 1993. Comparative shell morphology of *Dreissena polymorpha*, *Mytilopsis leucophaeata*, and the "quagga" mussel (Bivalvia: Dreissenidae) in North America. *Canadian Journal of Zoology* 71: 1012-1023.
- Popa, O.P. & Popa, L.O., 2006. The most westward European occurrence point for *Dreissena bugensis* (Andrusov 1897). *Malacologica Bohemoslovaca* 5: 3-5.
- Presj, A., K. Lewandowski & A. Stanczykowska-Piotrowska, 1990. Size selective predation by roach *Rutilus rutilus* on zebra mussels *Dreissena polymorpha*: field studies. *Ecologia* 83: 378-384.
- Reeders, H.H., A. bij de Vaate & E. Slim, 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. & A. bij de Vaate, 1990. Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): a new perspective for water quality management. In: Gulati R.D., E.H.R.R. Lammens, M.L. Meijer & E. van Donk (eds.). *Bio-manipulations: tool for water management*. *Hydrobiologia* 200/201: 437-450.
- Reeders, H.H., A. bij de Vaate & R. Noordhuis, 1993. Potential of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) for water quality management. In: Schloesser D.W. & T. Nalepa (eds.), *Zebra mussels: biology, impact and control*: 439-451. Lewis publishers, Boca Raton, USA.
- Ricciardi, A., R.J. Neves & J.B. Rasmussen, 1998. Impending extinctions of North American freshwater mussels (Unionoida) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *Journal of Animal Ecology* 67: 613-619.
- Roe, S.L. & H.J. MacIsaac, 1997. Deepwater population structure and reproductive state of quagga mussels (*Dreissena bugensis*) in Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2428-2433.
- Rosenberg, G. & M.L. Ludyanskiy, 1994. A nomenclatural review of *Dreissena* (Bivalvia: Dreissenidae), with identification of the quagga mussel as *Dreissena bugensis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 174-184.
- Scheffer, M., 1998. *Ecology of shallow lakes*. Chapman & Hall, London.
- Schloesser, D.W., W.P. Kovalak, G.D. Longton, K.L. Ohnesorg & R.D. Smithee, 1998. Impact of zebra and quagga mussels (*Dreissena* spp.) on freshwater Unionids (Bivalvia: Unionidae) in the Detroit River of the Great Lakes. *American Midland Naturalist* 140:299-313.
- Schloesser, D.W., J.L. Metcalfe-Smith, W.P. Kovalak, G.D. Longton & R.D. Smithee, 2006. Extirpation of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) following invasion of dreissenid mussels in an interconnecting river of the Laurentian Great Lakes. *The American Midland Naturalist* 155: 307-320.
- Schmidt, C.A., E.H.R.R. Lammens, F. van den Ende & M.S. van den Berg, 2002. Afstemming van saneringsvisie Haringvliet en Hollandsch Diep-west op ecologische functie benedenrivierengebied. Rapport Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad, nr. 2002.192X.

- Setzler-Hamilton, E.M., Wright & J.A. Magee, 1997. Growth and spawning of laboratory-reared zebra mussels in lower mesohaline salinities. In: D'Itri, F.M. (ed.), *Zebra mussels and aquatic nuisance species*: 141-154. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, USA.
- Shea, K. and P. Chesson, 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 170-176.
- Smit H., A. bij de Vaate & A. Fiolle, 1992. Shell growth of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha* (Pallas)) in relation to selected physico-chemical parameters in the Lower Rhine and some associated lakes. *Archiv für Hydrobiologie* 124: 257-280.
- Smit, H., A. bij de Vaate, E.H. van Nes & R. Noordhuis, 1993. Colonization, ecology and positive aspects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in The Netherlands. In: Schloesser D.W. & T. Nalepa (eds.), *Zebra mussels: biology, impact, and control*: 55-77. Lewis publishers, Boca Raton, USA.
- Smit, H., 1995. Macrozoobenthos in the enclosed Rhine-Meuse delta. Thesis Universiteit Nijmegen.
- Son, M.O., 2007. Native range of the zebra mussel and quagga mussel and new data on their invasions within the Ponto-Caspian region. *Aquatic Invasions* 2: 174-184.
- SOVON & CBS, 2005. Trends van vogels in het Nederlandse Natura 2000 netwerk. SOVON-informatierapport 2005/09. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Spidle, A.P., E.L. Mills & B. May, 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
- Sprung, M., 1987. Ecological requirements of developing *Dreissena polymorpha* eggs. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 79: 69-86.
- Stepien, C.A., C.D. Taylor, I.A. Grigorovich, S.V. Shirman, R. Wei, A.V. Kornushin & K.A. Dabrowska, 2003. DNA and systematic analysis of invasive and native dreissenid mussels: is *Dreissena bugensis* really *D. rostriformis*? *Aquatic Invaders* 14(2): 1, 8-11, 14-18. The Digest of the National Aquatic Species Clearinghouse, SUNY, Brockport, NY.
- Stoeckmann, A. & D.W. Carton, 2001. Flexible energy allocation in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in response to different environmental conditions. *Journal North American Benthological Society* 20: 486-500.
- 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.
- Strayer Jr., D.L., Powell, P. Ambrose, L.C. Smith, M.L. Pace & D.T. Fischer, 1996. Arrival, spread, and early dynamics of a zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) population in the Hudson River estuary. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 1143-1149.
- Therriault, T.W., M.F. Docker, M.I. Orlova, D.D. Heath & H.J. MacIsaac, 2004. Molecular resolution of the family Dreissenidae (Mollusca: Bivalvia) with emphasis on Ponto-Caspian species, including first report of *Mytilopsis leucophaeata* in the Black Sea basin. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30: 479-489.
- Thorp, J.H., J.E. Alexander, B.L. Bukaveckas, G.A. Cobbs & K.L. Bresko, 1998. Responses of Ohio river and lake Erie dreissenid molluscs to changes in temperature and turbidity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 220-229.

- Thorp, J.H., J.E. Alexander & G.A. Cobbs, 2002. Coping with warmer, large rivers: a field experiment on potential range expansion of northern quagga mussels (*Dreissena bugensis*). *Freshwater Biology* 47: 1779-1790.
- Van Benthem Jutting, W.S.S., 1954. Mollusca.- In: De Beaufort, L.F. (red.): Veranderingen in de Flora en Fauna der Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932: 233-253. Uitgave Nederlandse Dierkundige Vereniging, De Boer, Den Helder.
- Van Benthem-Jutting, T., 1922. Zoet- en brakwatermollusken. In: Redeke, H.C. (ed.), Flora en fauna der Zuiderzee: monografie van een brakwatergebied. Uitgave Nederlandsche Dierkundige Vereeniging, De Boer Publishers, Den Helder.
- Van der Velde, G., I. Nagelkerken, S. Rajagopal & A. bij de Vaate, 2002. Invasions by alien species in inland freshwater bodies in Western Europe: the Rhine delta. In: Leppäkoski, E., S. Gollasch & S. Olenin (eds.), Aquatic invasive species of Europe. Distribution, impacts and management: 360-372. Kluwer, Dordrecht.
- Van der Velde, G. & D. Platvoet, 2007. Quagga mussels *Dreissena rostriformis bugensis* (Androsov, 1897) in the Main. *Aquatic Invasions* 2: 261-264.
- Van der Velde, G. S. Rajagopal & A. bij de Vaate, in druk. From zebra mussels to quagga mussels: an introduction to the Dreissenidae. In: Van der Velde, G. S. Rajagopal & A. bij de Vaate, The zebra mussel in Europe. Backhuys Publishers, Leiden.
- Van Eerden, M.R., 1998. Patchwork. Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Thesis, University Groningen.
- Van Haaren, T. & D. Tempelman, 2006 De tweekleppigen van het Noordzeekanaal (Mollusca: Bivalvia). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 24: 89-116.
- Vinogradov, G.A., N.F. Smirnova, V.A. Sokolov, & A.A. Bruznitsky, 1993. Influence of chemical composition of the water on the mollusk *Dreissena polymorpha*. In Nalepa, T.F. & D.W. Schloesser (eds.) *Zebra mussels: biology, impacts, and control*: 283-293. Lewis Publishers, Inc. (CRC Press), Boca Raton, Florida, USA.
- Walz, N., 1978. The energy balance of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in laboratory experiments and in Lake Constance. II. Reproduction. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 55: 106-119.
- Weber, A., M.G.D. Smit and M.T. Colombon, in druk. Eutrophication and algal blooms: zebra mussels as a weapon. In: Van der Velde, G. S. Rajagopal & A. bij de Vaate, The zebra mussel in Europe. Backhuys Publishers, Leiden.
- Wright, D.A., E.M. Setzler-Hamilton, J.A. Magee, V.S. Kennedy & S.P. McIninch, 1996. Effect of salinity and temperature on survival and development of young zebra (*Dreissena polymorpha*) and quagga (*Dreissena bugensis*) mussels. *Estuaries* 19: 619-628.
- Zhulidov, A.V., D.F. Pavlov, T.F. Nalepa, G.H. Scherbina, D.A. Zhulidov & T.Yu Gurtovaya, 2004. Relative distributions of *Dreissena bugensis* and *Dreissena polymorpha* in the lower Don River system, Russia. *International Review of Hydrobiology* 89: 326-333.

Bijlage 1. Korfmosselen aangetroffen tijdens de bemonstering op 20 en 21 augustus 2007

Naast de beide Dreissenasoorten vormen de korfmosselen eveneens een belangrijke groep van bodemdieren in het Hollandsch Diep. Zowel de Aziatische – als de toegeknepen korfmossel werden aan het einde van de 1980-er jaren voor het eerst in Nederland, in het benedenrivierengebied, waargenomen (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas, 1990). *C. fluminalis* werd toen nog beschouwd als een fenotype van *C. fluminea* omdat de eerste waarneming van eerst genoemde soort plaats vond in het koelwater uitlaatkanaal van de Amercentrale. De hogere watertemperatuur werd geacht verantwoordelijk te zijn voor de veronderstelde fenotypisch aanpassing. De belangrijkste van beide soorten in het Hollandsch Diep is thans de Aziatische korfmossel (*C. fluminea*) zoals ook blijkt uit de waarnemingen van 20 en 21 augustus (tabel 3).

Plek	N	Aziatische korfmossel				toegeknepen korfmossel			
		n	min.	max.	gem.	n	min.	max.	gem.
1	10	10	20	260	132	3	0	120	22
2	10	10	40	200	102	5	0	100	18
3	10	8	0	200	74	7	0	140	26
4	10	9	0	300	126	8	0	820	214
5	10	9	0	720	194	1	0	60	6

Tabel 3. De dichtheid van Aziatische - en toegeknepen korfmosselen, omgerekend per m², in de afzonderlijke monsters genomen op 20 en 21 augustus 2007 (N = aantal happen per locatie; n = aantal happen met levende mosselen; min. = minimum aantal mosselen per hap; max. = maximum aantal mosselen per hap; gem. = gemiddeld aantal mosselen per hap).

Beide soorten kunnen in potentie een belangrijke bijdrage kunnen vormen in de verspreiding van de beide Dreissenasoorten in het Hollandsch Diep omdat ze habitat (aanhechtingssubstraat) kunnen vormen voor Dreissena's. Ook de Unionidae kunnen fungeren als aanhechtingssubstraat. De meest voorkomende soort van de Unionidae was de bolle stroommossel (*Unio tumidus*) die in totaal in 13 bodemmonsters verdeeld over vier locaties werd aangetroffen. De schildersmossel (*U. pictorum*) werd in drie bodemmonsters verdeeld over drie locaties aangetroffen (bijlage 2).

Bijlage 2. Basisgegevens bemonsteringen 20 en 21 augustus 2007

Bemonsteringslocaties

Datum bemonstering	Plek	Hap- nr. ¹	Coördinaten		Diepte (m)	Toplaag bodem
			x:	y:		
20-8-2007	1	1	86.995	412.810	3,9	slibrijk zand
		2	86.971	412.848	3,5	slibrijk zand
		3	86.999	412.889	3,5	slib
		4	87.015	412.859	6,0	zandig slib
		5	87.027	412.847	6,0	slib
		6	87.014	412.788	3,9	slib
		7	86.995	412.822	3,8	slib
		8	86.968	412.847	2,7	slib
		9	86.973	412.853	3,0	slib
		10	86.991	412.812	3,3	slib
		11	87.097	412.757	6,0	slib
20-8-2007	2	12	90.534	413.120	5,3	slibrijk zand
		13	90.452	413.110	6,0	"zware" modder
		14	90.330	413.123	6,7	"zware" modder
		15	90.140	413.188	8,4	slibrijk zand
		16	90.280	413.293	5,7	slibrijk zand
		17	90.375	413.316	5,2	slibrijk zand
		18	90.435	413.353	5,1	slibrijk zand
		19	90.457	413.355	5,2	slibrijk zand
		20	90.491	413.324	5,1	slibrijk zand
		21	90.528	413.332	5,1	slibrijk zand
		20-8-2007	3	37	92.687	412.619
38	92.702			412.633	3,6	zand
39	92.619			412.628	4,3	zand
40	92.601			412.624	4,7	zand
41	92.582			412.637	4,4	zand
42	92.539			412.660	4,3	zand
43	92.511			412.684	4,2	zand
44	92.499			412.776	4,5	zand
45	92.520			412.812	5,5	zand
46	92.559			412.727	4,3	zand
20-8-2007	4	22	96.128	411.286	4,2	slibrijk zand
		23	96.153	411.264	4,1	slibrijk zand
		24	96.171	411.232	3,7	slibrijk zand
		25	96.166	411.210	3,5	slibrijk zand
		26	96.177	411.196	3,2	slibrijk zand
		27	96.193	411.155	2,4	slibrijk zand
		28	96.194	411.139	2,2	zand
		29	96.172	411.190	3,0	zand
		30	96.134	411.191	3,1	zand
		31	96.086	411.187	2,8	zand
		21-8-2007	5	50	101.585	413.028
51	101.602			412.996	2,0	zand
52	101.601			412.995	2,0	zand
53	101.600			412.995	2,0	zandig slib
54	101.587			413.037	5,7	zandig slib
55	101.607			413.045	5,6	zandig slib
56	101.632			413.060	4,5	zand
57	101.561			413.006	5,2	zand
58	101.558			412.997	4,2	zand
59	101.533			412.986	5,4	zandig slib

¹ Bemonsteringsoppervlak 500 cm²

Resultaten quaggamossel

Schelp- lengte (mm)	Plek 1, hapnummer:											Plek 2, hapnummer:										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
<3																						
3																						
4					1		2							2								
5					2	1	4							7								
6					1		3			2				6					2			
7					4		2							4			1		2			
8							2							2		1						
9	1						1								1							
10							1															
11																		1				
12							1															
13					1	1																
14					1	3	1															
15					8	4	1	1									3	1				
16					5	5	3	1						1					1	1		
17					3	6		1						1								
18					2	8	1															
19					2	4		1									3	2				
20					2	3													2			
21	1				1		2			1				1					1			
22							1															
23	1					1	3															
24	1				3	3	7							1								
25	2				5	6	2			1				1						1		
26	1				6	7	4													1		
27					2	5	1										1					
28	1				4	4								1								
29					3	4																
30					1	2																
31					2	1																
32					1																	

Schelp- lengte (mm)	Plek 3, hapnummer:										Plek 4, hapnummer:										
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
<3																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7					1																
8					2																
9					1																
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19					2									1		1					

Vervolg resultaten quaggamossel

Schelp- lengte (mm)	Plek 5, hapnummer:										
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
<3											
3											
4											
5											
6											
7						1					
8										1	
9										1	
10										1	
11										1	
12											
13											
14											
15								1			
16											
17										1	
18											
19											
20						1					
21											
22							1				
23										1	
24											
25							1				

Resultaten driehoeksmossel

Schelp- lengte (mm)	Plek 1, hapnummer:										Plek 2, hapnummer:									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<3																				5
3																		2		1
4																				
5																		1		1
6									1									1	1	
7																	1		2	
8																	2		2	1
9					1	1	1			3					4	11	4	3	8	
10					1	1				1					3	15	8	8	7	
11					1	3	2	2							5	1	10	2	13	1
12					3			3	1						1	2	4	13	4	4
13	1				2					1	1						4	3	2	3
14					1	2		1									1	1	2	1
15	1				1						1								4	3
16					2														2	2
17					2	2	1			1	1								1	1
18					1											1			1	3
19								1	1											2
20					2															
21					1	1												1		

Schelp- lengte (mm)	Plek 3, hapnummer:										Plek 4, hapnummer:									
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
8														1						
9				1											1					
10													3	1	4	1				1
11														3	7	2				
12				1		1							3	5	7	1	1	1		
13							1						1	3	5	3	1	2	3	
14				1		2	1						1	2	3			4		
15					1		1								1					
16					1	1											1	1		
17														1	1		1			
18														1						
19														1	1		1			
20																1				

Vervolg resultaten driehoeksmossel

Schelp- lengte (mm)	Plek 5, hapnummer:									
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
<3							6			
3							3			
4							3			
5							2			
6							2			
7						1	1			
8										
9						1			1	
10						1	1	2	1	
11	1						1	1	5	
12						5	9	3	4	
13						10	12	4	11	
14	2					11	13	3	9	
15	2					5	10	8	8	
16	2					1	7	5	8	
17	1					1	5	2	1	
18	1					1	1	1	2	
19							1			
20										
21						1				
22										
23								1		
24						1			2	
25										
26								1		

Resultaten Aziatische korfmossel

Schelp- lengte (mm)	Plek 1, hapnummer:											Plek 2, hapnummer:									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
<3																					
3																					
4									1									1			
5		1																			
6								1												1	
7												1					1				
8	1							1													
9																				2	
10										1		1				1			1		
11											1										
12				2	1								1								
13		1	1																		
14						1															
15						1								1			1				
16	1								1								1				
17												1					1				
18					2															1	
19					1	3						1			2						
20		1										1				1		1			
21						1	1					1		2		1				1	
22		1			1		1						1		1						
23	2				2	1	1													1	
24						2														1	
25		1				2		2	1										1		
26	1								1												
27	1																			1	
28	1	1			2		1	1	2										2		
29	1	2							1				1						1	1	
30					1			1				1			1				1	2	
31						1						1		1							
32					1					1									1	1	
33													1						1	1	
34	1																				
35					1	1															
36																			1		
37									1												

Vervolg resultaten Aziatische korfmosseel

Schelp- lengte (mm)	Plek 3, hapnummer:											Plek 4, hapnummer:										
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
6														1						1	1	
7																					1	1
8																						1
9									1											2	1	
10																						
11																					1	
12									1													
13																						
14																					1	
15																						
16		1																				
17									1													
18																						
19				1		1															1	1
20		2							1													
21				1									1									
22									1	1		2									1	
23	1									1		1				1						
24					2	1						1										1
25				1					2			1										
26				1		1			2	1							1	1				
27												3	1									1
28					1					1	2	3		1								
29				1	1				1		1	1		2	1							1
30		1		4	1						2	3		4	1							
31											2	2										
32											1	1										
33												2					1					
34				1								1										
35											1			1								
36											1											

Vervolg resultaten Aziatische korfmosseel

Schelp- lengte (mm)	Plek 5, hapnummer:									
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
<3										
3										
4										
5							1			
6										1
7										
8		3								5
9		1		1		1	1			5
10		1						1	1	5
11		1			1	1	1	1	1	4
12	1	2		1		1				1
13	3				1				2	
14	5									
15				1					1	
16		1								
17										
18										1
19				1					1	
20										
21					1				1	1
22									1	3
23									1	1
24	1			1						1
25	1									1
26										
27									1	1
28									1	
29	1								4	
30	1			1						2
31					1					2
32	2			1						1
33				1						
34				1						
35										
36										1
37										
38										
39										
40						1				

Resultaten toegeknepen korfmossel

Schelp- lengte (mm)	Plek 1, hapnummer:										Plek 2, hapnummer:									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<3																				
3																				
4																				
5										1										
6										1										
7																				
8										1										
9											1									
10			1																	
11																				
12																				
13																		1		
14											2									
15																			1	
16													1							
17			1							1								1		
18														1	1			2		
19																				
20																			1	
21											1									
22											1									

Schelp- lengte (mm)	Plek 3, hapnummer:									Plek 4, hapnummer:										
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
8																				1
9																				
10																				1
11										1										
12					1					1		1							1	
13					1		1					1								
14												1							1	
15					1						1									
16					2							3	4							
17			1								4	1								
18					2			1			5	4	3	1						
19											4	5	4	1						
20								1			7	14	6	2						4
21											3	9	1							1
22											2	1	3	1	1					1
23												1	1							1
24																1				

Schelp- lengte (mm)	Plek 5, hapnummer:									
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
13				3						

Resultaten Unionidae

Soort	pleknummer	1					2				3	4		5			
	hapnummer	3	6	7	8	9	12	13	14	18	40	30	31	50	53	54	55
	Schelp- lengte (mm)																
<i>Unio pictorum</i>	72							1					1				
	78															1	
	82												1				
<i>Unio tumidus</i>	16				1												
	25				1												
	39															1	
	53		1														
	54			1													
	55	1			1				1							1	
	59				2	1										1	
	60						1										
	61							1									
	62										1	1					
	76															1	
	85																1

Bijlage3. Basisgegevens voor berekening van een mogelijke relatie tussen het voorkomen van driehoeksmosselen en kuifeenden.

Parameter	Jaar	Hollandsch Diep		Haringvliet	
		oost	west	oost	west
Gemiddeld aantal driehoeksmosselen per monster	1990	7	27	7	<1,0
	1994	11	42	22	6
	2001	1	16	20	11
Gemiddeld volume (ml) driehoeksmosselen per monster	1990	3,5	16,8	3,8	< 1,0
	1994	7,4	28,0	14,0	4,0
	2001	3,8	10,9	12,5	6,8
Gemiddelde van aantal getelde kuifeenden in de periode augustus t/m februari	1990	730	2.670	1.000	590
	1994	890	1.050	1.560	1.220
	2001	1.070	940	3.690	4.560
Gemiddeld van aantal getelde kuifeenden in de periode november t/m februari	1990	1.040	3.340	1.300	880
	1994	1.340	1.130	1.390	1.120
	2001	1.350	1.110	1.870	6.130
Gemiddelde van aantal berekende kuifeenden in de periode augustus t/m februari	1990	1.550	3.410	2.230	1.600
	1994	1.490	1.870	2.980	2.230
	2001	1.070	940	3.820	2.550
Gemiddeld van aantal berekende kuifeenden in de periode november t/m februari	1990	1.510	4.640	1.690	1.400
	1994	1.840	2.210	2.780	2.010
	2001	1.070	1.110	2.000	3.190

