The following full text is a postprint version which may differ from the publisher's version.

For additional information about this publication click this link. http://hdl.handle.net/2066/150764

Please be advised that this information was generated on 2019-04-16 and may be subject to change.
Risicobeoordeling en uitzetcriteria voor de uitheemse quaggamossel (Dreissena rostriformis bugensis) in Nederland

Risicobeoordeling en uitzetcriteria voor de uitheemse quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) in Nederland

L. de Hoop¹, M.C.M. Bruijs², F.P.L. Collas¹, L.M. Dionisio Pires³,
M. Dorenbosch⁴, A. Gittenberger⁵, J. Matthews¹, H.H. van Kleef⁶,
G. van der Velde¹, J.A. Vonk⁷, R.S.E.W. Leuven¹

22 december 2015

¹ Radboud Universiteit Nijmegen (Instituut voor Water en Wetland Research),
² DNV GL, ³ Deltares, ⁴ Bureau Waardenburg, ⁵ GiMaRIS, ⁶ Stichting Bargerveen, ⁷ Universiteit van Amsterdam (Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics)

In opdracht van
Bureau Risicobeoordeling & Onderzoeksprogrammering
Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA)
Ministerie van Economische Zaken
Reeks Verslagen Milieukunde


Verslagen Milieukunde nr. 507

Titel: Risicobeoordeling en uitzetcriteria voor de uitheemse quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) in Nederland


Omslagfoto’s: Begroeiing van inheemse zoetwatermossel door quaggamosselen in Maasplas nabij Katwijk (© Foto: Peter Klok, 4 oktober 2015)

Projectmanager: Dr. R.S.E.W. Leuven, Radboud Universiteit, e-mail: r.leuven@science.ru.nl

Projectnummer: RU/FNWI/FEZ-MK626460

Cliënt: Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, Postbus 43006, 3540 AA Utrecht

Inkoopnummer NVWA: 60005223 d.d. 9 juli 2015

Orders: Secretariaat afdeling Milieukunde, Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica, Radboud Universiteit Nijmegen, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, e-mail: secreas@science.ru.nl, o.v.v. Verslagen Milieukunde nr. 499

Trefwoorden: Beslisboom, biologisch bestrijder, ecologische effecten, fysiologische tolerantie, introductie, negatieve effecten, positieve effecten, verspreiding, vestiging

Geprint op milieuvriendelijk papier


*Niets in deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, of welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de houder van het auteursrecht.*
Inhoudsopgave

Samenvatting ........................................................................................................................................... 3
Summary ..................................................................................................................................................... 6

1 Introductie ............................................................................................................................................... 9
   1.1 Achtergrond en probleemstelling ................................................................................................. 9
   1.2 Onderzoeksdoelen ......................................................................................................................... 9
   1.3 Overzicht en samenhang van het onderzoek .............................................................................. 9

2 Methoden ............................................................................................................................................. 11
   2.1 Literatuurstudie en data acquisitie ............................................................................................ 11
   2.2 Risico-inventarisatie .................................................................................................................... 11
   2.3 Effectbeoordeling en risicoclassificatie ....................................................................................... 12
       2.3.1 ISEIA-protocol ...................................................................................................................... 12
       2.3.2 Harmonia*-protocol ............................................................................................................. 15
       2.3.3 Overige risicobeoordelingen ................................................................................................ 16
   2.4 Beoordelingsprotocol met criteria voor uitzetten ....................................................................... 16

3 Risicobeoordeling .............................................................................................................................. 18
   3.1 Risico-inventarisatie ..................................................................................................................... 18
       3.1.1 Soortbeschrijving .................................................................................................................... 18
       3.1.2 Waarschijnlijkheid van binnenkomst in Nederland ............................................................. 19
       3.1.3 Waarschijnlijkheid van vestiging ......................................................................................... 19
       3.1.4 Waarschijnlijkheid van secundaire verspreiding ................................................................. 28
       3.1.5 Risicovolle gebieden en habitats met hoge natuurwaarden in Nederland ....................... 31
       3.1.6 Effecten .................................................................................................................................. 32
   3.2 Effectbeoordeling en risicoclassificatie ....................................................................................... 46
       3.2.1 ISEIA-protocol ...................................................................................................................... 46
       3.2.2 Harmonia*-protocol ............................................................................................................. 49
       3.2.3 Overige risicobeoordelingen ................................................................................................ 51

4 Uitzetcriteria quaggamossel ............................................................................................................. 53
   4.1 Juridische achtergrond ontheffingsverzoek Flora- en faunawet ................................................. 53
   4.2 Beslisboom .................................................................................................................................... 54
       4.2.1 Aanwezigheid quaggamossel op doellocatie ...................................................................... 55
       4.2.2 Natuurdoelstellingen van watersysteem ............................................................................. 55
       4.2.3 Hydrologische isolatie en introductie via verbonden wateren of vectoren ....................... 55
       4.2.4 Doelmatigheid van uitzetten quaggamossel ................................................................. 56
       4.2.5 Aanwezigheid en effecten op Ffw-doelsoorten ............................................................. 56
<table>
<thead>
<tr>
<th>Section</th>
<th>Title</th>
<th>Pages</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4.2.6</td>
<td>Beoordeling overtreding art. 8-12 Ffw</td>
<td>57</td>
</tr>
<tr>
<td>5</td>
<td>Discussie</td>
<td>58</td>
</tr>
<tr>
<td>5.1</td>
<td>Risicobeoordeling</td>
<td>58</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2</td>
<td>Uitzetcriteria</td>
<td>59</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3</td>
<td>Afstemming overige juridische instrumenten</td>
<td>60</td>
</tr>
<tr>
<td>6</td>
<td>Conclusies en aanbevelingen</td>
<td>62</td>
</tr>
<tr>
<td>6.1</td>
<td>Risicobeoordeling</td>
<td>62</td>
</tr>
<tr>
<td>6.2</td>
<td>Uitzetcriteria</td>
<td>64</td>
</tr>
<tr>
<td>6.3</td>
<td>Aanbevelingen</td>
<td>64</td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>Dankwoord</td>
<td>66</td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td>Referenties</td>
<td>67</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Bijlage 1</td>
<td>81</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Bijlage 2</td>
<td>82</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Bijlage 3</td>
<td>84</td>
</tr>
</tbody>
</table>
Samenvatting

De quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) is een invasieve exoot die zowel in Nederland als in het buitenland steeds meer in de belangstelling staat als biologisch filter van (blauw)algen, pathogenen en zwevend stof dat verontreinigd kan zijn met gifstoffen of medicijnresten. Het gebruik van de quaggamossel als biologisch filter kent voor- en tegenstanders. De soort geeft zowel negatieve als positieve ecologische en sociaal-economische effecten. Voor het uitzetten van de quaggamossel is een ontheffing nodig in het kader van de Flora- en faunawet (Ffw) omdat het uitzetten van dieren in de vrije natuur (artikel 14, lid 1, Ffw) en doden van beschermde soorten of verstoren van hun voortplantings-, vaste rust- of verblijfplaatsen verboden is (artikelen 8-12 Ffw). Criteria om te beoordelen of een ontheffing wel of niet zou moeten worden aangevraagd en vervolgens afgegeven voor het uitzetten van deze soort als biologisch bestrijder of filter zijn nog niet beschikbaar.

Het doel van dit project is drieledig, namelijk 1) het uitvoeren van een risicobeoordeling van de quaggamossel in Nederland, 2) het opstellen van een protocol met beoordelingscriteria voor ontheffingsverzoeken ingevolge de Ffw voor het uitzetten van de quaggamossel in Nederlandse oppervlaktewateren, en 3) het realiseren van consensus over dit voorstel in een representatieve groep deskundigen (wetenschappers en belanghebbenden). De risicobeoordeling bestaat uit een risico-inventarisatie, effectbeoordeling en risicoclassificatie. Voor de risico-inventarisatie zijn literatuurgegevens verzameld over de kolonisatie, aanwezigheid, verspreiding, fysiologische toleranties en positieve en negatieve ecologische en sociaal-economische effecten van de quaggamossel. Deze gegevens zijn vervolgens gebruikt voor de effectbeoordeling en risicoclassificatie met behulp van twee protocollen.

Kolonisatie, aanwezigheid en verspreiding
De quaggamossel is inheems in twee rivieren van de Ponto-Kaspische regio die uitstromen in de Zwarte Zee, namelijk de Dnjepr en de Zuidelijke Boeg. Deze soort is in 2006 voor het eerst waargenomen in Nederland en is waarschijnlijk al in 2004 of eerder geïntroduceerd via ballast-, bilgen- en motorkoelwater van schepen. De introducties van de quaggamossel in stadsvijvers via begroeide kratten van ander locaties dragen sinds kort bij aan de kolonisatie van de soort in geïsoleerde (stedelijke) wateren.

De exoot heeft zich in Nederland snel verspreid en gevestigd op locaties die permanent in verbinding staan met het netwerk van vaarwegen, zoals de grote rivieren, kanalen en meren. Dit zijn onder andere habitats met hoge natuurwaarden (Natura 2000-gebieden). De hoge dispersiesnelheid wordt het meest waarschijnlijk gefaciliteerd door transport via waterstromingen (stroomafwaartse kolonisatie) en binnenscheepvaart (stroomopwaartse introductie). Talrijke andere menselijke vectoren zijn aanwezig, zoals aanhechting aan drijvende materialen die via water of over land in nieuwe gebieden terecht komen. Verspreiding van quaggamosselen naar hydrologisch geïsoleerde wateren door natuurlijke vectoren (predatoren) is mogelijk maar de kans daarop is relatief klein. De komende decennia wordt een verdere verspreiding verwacht in oppervlaktewateren die in verbinding staan met het netwerk van vaarwegen en wordt een toename in de dichtheid van quaggamosselen verwacht in zoete kalkhoudende watersystemen met geschikt substraat en weinig droogval. Het risico bestaat dat geïsoleerde wateren met hoge natuurwaarden gekoloniseerd worden na menselijke introductie.

Ecologische en sociaal-economische effecten
De quaggamossel is een ecosysteembouwer, omdat deze soort dikke matten op de bodem en dichte begroeiing op harde substraten kan vormen. De soort heeft bij hoge dichtheden in zoete
oppervlaktewateren door zijn sterke filtering van zwevende organische stoffen significante effecten op de integriteit van het ecosysteem door invloed op biotische factoren (bijvoorbeeld afname algenbiomassa) en abiotische factoren (bijvoorbeeld toename van doorzicht en accumulatie van organisch materiaal op de bodem). Afhankelijk van de populatiedichtheid en omgevingsfactoren veroorzaakt de quaggamossel in Nederlandse wateren een toename in helderheid, bloei van specifieke blauwalgen, woekering van ondergedoken waterplanten, voedselcompetitie met inheemse zoetwatermosselen (unioniden) door aanhechting op hun schelpen en een verschuiving in de samenstelling van vissoorten.

De quaggamosselen begroeien en verstoppen onder andere (koel)watersystemen, leidingen, pompen, gemalen en duikers. Naast de (gederfde) kosten door effecten op bedrijfsvoering, zijn er ook aanzienlijke kosten voor maatregelen ter preventie van aanhechting en schoonmaakacties om de quaggamossel te verwijderen. Daarnaast zijn er effecten van de quaggamossel op de volksgezondheid (bijvoorbeeld bij snijwonden van badgasten), visserij (begroeiing netten en fuiken; veranderingen in de visstand) en recreatie (bijvoorbeeld hinder voor recreatievaart, surfers en zwemmers door ondergedoken waterplanten; hogere veiligheid door toename doorzicht). Een bijkomend economisch probleem zijn de mogelijke schadeclaims door naburige bedrijven bij de organisatie en opdrachtgever die de soort opzettelijk uitzet in watergebieden.

Effectbeoordeling en risicoclassificatie volgens het ISEIA- en Harmonia*-protocol
De geïnventariseerde risico's van de quaggamossel zijn beoordeeld en geclassificeerd met behulp van twee protocollen: het Invasive Species Environmental Impact Assessment (ISEIA) en Harmonia+-protocol. In tegenstelling tot het ISEIA-protocol bevat het Harmonia+-protocol naast ecologische effecten tevens modulen voor de beoordeling van sociaal-economische effecten, gevolgen voor de volksgezondheid en gevolgen van klimaatverandering met betrekking tot de effecten.

De risicobeoordelingen van de quaggamossel door het panel van deskundigen met behulp van de ISEIA en Harmonia* protocollen en de beschikbare informatie uit de risico-inventarisatie resulteerden bij beide protocollen in een hoog risico voor de invasiviteit en ecologische gevolgen van de quaggamossel (Workshop 1). Daarnaast is met het Harmonia*-protocol het risico op sociaal-economische effecten ook hoog gewaardeerd door de betrokken deskundigen. De uitkomsten zijn in overeenstemming met risicobeoordelingen in Groot-Brittannië en Noord-Amerikaanse staten en worden tevens gedragen door deskundigen (wetenschappers en belanghebbenden) die een onafhankelijke review van de risicobeoordeling hebben uitgevoerd (Workshop 2).

Voorstel beoordelingsprotocol met uitzetcriteria (beslisboom)
Een voorstel voor een protocol met beoordelingscriteria voor ontheffingsaanvragen ingevolge de Ffw voor het introduceren van de quaggamossel in Nederlandse watersystemen is vormgegeven als een beslisboom met een nadere toelichting. Als dit protocol in de praktijk wordt gebracht, zal de initiatiefnemer bij het verzoek om ontheffing alle benodigde informatie voor het doorlopen van de beslisboom moeten aanleveren bij de beoordelende instantie van de aanvragen (RVO.nl), die vervolgens op basis van die informatie beoordeelt of ontheffing wel of niet kan worden verleend.

Het voorstel houdt in dat de initiatiefnemer de aanwezigheid van de quaggamossel in het watersysteem inventariseert. Afhankelijk van het resultaat van de toetsing aan de waterkwaliteit- en natuurodelstellingen en de mate van hydrologische isolatie van het watersysteem zal de aanvrager vervolgens moeten aantonen dat het uitzetten van de quaggamossel doelmatig is. Als dit het geval is,
motiveert de initiatiefnemer of al dan niet sprake kan zijn van overtredingen van verboden in het kader van de Ffw, zoals (in)directe effecten op (potentieel) aanwezige doelsoorten.

De beslisboom kan worden toegepast voor de watertypen die zijn vastgelegd in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De verwachting van de opstellers is dat de beslisboom een belangrijke zelfregulerende werking zal hebben en het aantal aanvragen voor ontheffingen zal beperken, omdat op basis van de verzamelde informatie en beoordelingscriteria snel duidelijk wordt of een ontheffingsverzoek kansrijk zal zijn.

Voor de toepassing van de beslisboom wordt onder andere aanbevolen dat de beoordelende instantie (RVO.nl) bij indiening van een ontheffingsaanvraag nagaat en de initiatiefnemer op de hoogte stelt of het uitzetten, lozen of faciliteren van de quaggamossel strijdig is met ander wettelijk instrumentarium voor het betreffende oppervlaktewater en eventueel aanvullende instemming of vergunningen nodig zijn waarvoor de initiatiefnemer informatie zal moeten aanleveren. Daarnaast zou, gelet op de uitkomsten van de risicobeoordeling, ontheffing ingevolge de Ffw niet overwogen moeten worden voor het uitzetten of lozen van de quaggamossel in wateren met (gewenste) hoge natuurwaarden, waar de quaggamossel nog niet aanwezig is.
Summary

In the Netherlands and abroad, the quagga mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*) is an invasive species that is increasingly regarded as a potential biological filter of (blue-green) algae, pathogens and suspended solids that may be contaminated with toxic substances or drug residues. The use of the quagga mussel as a biological filter has both supporters and opponents because introduction of the species can lead to negative as well as positive ecological and socio-economic effects. The Flora and Fauna Act (Ffw) prohibits the release of animals into the wild (Article 14, paragraph 1) and the killing of protected species or the disruption of their reproductive habitat, roosts or places of shelter (Articles 8-12 Flora and Fauna). Therefore, an exemption in the form of a permit is required before the quagga mussel can be released to nature. Criteria to assess whether an exemption may or may not be applied for and subsequently granted for the release of this species as a biological control mechanism or filter have not been established.

The goal of this project is threefold: 1) to perform a risk assessment of the quagga mussel in the Netherlands, 2) to establish a protocol with evaluation criteria for exemptions under the Flora and Fauna act for the release of the quagga mussel in Dutch surface waters, and 3) to achieve consensus from a representative group of experts (academics and stakeholders) on this proposal. The risk assessment consists of risk identification, effect assessment and risk classification. For the risk identification, data from the literature were collected on colonization, presence, distribution, physiological tolerances and positive and negative environmental and socioeconomic impacts of the quagga mussel. These data were subsequently used for an effect assessment and risk classification of the species using two protocols.

Colonization, presence and distribution

The quagga mussel is native to two rivers which flow into the Black Sea in the Ponto-Caspian region, namely the Dnieper and the Southern Bug. The species was first observed in the Netherlands in 2006, and was probably introduced in 2004 or earlier as a result of ballast, bilge and engine cooling water discharge of ships. The introduction of the quagga mussel to city ponds has contributed to the colonization of isolated (urban) waters by the species.

The quagga mussel has spread rapidly to locations that are permanently connected to the freshwater network of larger waters in the Netherlands, such as rivers, canals and lakes. These include habitats of high conservation value (Natura 2000 areas). The high dispersal rate is most likely facilitated by transport via water currents (downstream colonization) and inland shipping (upstream introduction). Numerous other human dispersal means are present, such as floating artificial materials with attached mussels that are transported to new areas in water or overland. The risk of spread of quagga mussels to hydrologically isolated waters by natural vectors (predators) is relatively small. It is expected that further spread to surface waters that are connected to the freshwater network will occur in the coming decades and an increase in the density of quagga mussels is expected in calcareous freshwater bodies where there is appropriate hard substrate and a low risk of desiccation. It is possible that isolated waters with high conservation value will be colonized as a result of human mediated introductions, such as recreational boats.

Ecological and socio-economic impacts

The quagga mussel is classified as an ecosystem engineer as it is able to colonize hard substrates at high densities and to form thick mats. Due to a highly efficient filtering capacity, high densities of the
species exert significant influence on the integrity of the ecosystem by affecting biotic factors (e.g. decrease in algal biomass) and abiotic factors (e.g. increase in transparency and an accumulation of benthic organic matter by (pseudo)faeces). Depending on population density and environmental factors, the quagga mussel may cause for instance an increase in water clarity and blue-green algal blooms, an overgrowth of submerged aquatic plants, a shift in fish species composition and a threat to native freshwater mussels (unioniden) by attachment to their shells resulting in increased competition for food.

Quagga mussels are able to colonize and clog, among other things, (cooling) water systems, piping, pumps, pumping stations and culverts. Besides the costs resulting from efficiency reductions, there are also significant costs resulting from measures preventing attachment and from the removal of mussels. In addition, the quagga mussel affects public health (e.g. cuts to swimmers who come into contact with the sharp edged shells), fisheries (choked fishing nets and traps, changes in fish stocks) and recreation (e.g. hindrance to recreational vessels, surfers and swimmers by submerged aquatic plants that benefit from the increased water transparency, and on the other hand increased safety through increased transparency). Further economic problems are the possible claims that neighbouring companies may make against the parties responsible for the intentional release of the species in the case that damage occurs.

**Risk assessment and classification according to the ISEIA- and Harmonia+ protocol**

The identified risks of the quagga mussel to water bodies in the Netherlands have been assessed and classified using two protocols: the Invasive Species Environmental Impact Assessment (ISEIA) and the Harmonia+ protocol. Unlike the ISEIA protocol, the Harmonia+ protocol includes modules for assessing socioeconomic impacts, public health impacts and the consequences of climate change, in addition to ecological impacts.

The quagga mussel risk assessment, carried out by the panel of experts by applying the available information from the risk inventory to the ISEIA and Harmonia+ protocols, resulted in a high risk classification for invasiveness and ecological consequences in both cases (Workshop 1). The quagga mussel was classified as an A-3 species according to the BFIS list system (used in Belgium) in the ISEIA protocol. The overall risk scores were 0.72 and 1.00 respectively, when using an average and maximum effect score for each risk category in Harmonia+. In addition, the risk of socioeconomic effects, assessed using the Harmonia+ protocol, is high. These results are in line with risk assessments carried out for Great Britain and North American states, and are also supported by experts (scientists and associated stakeholders) that carried out an independent review of the risk assessment (Workshop 2).

**Proposal for an evaluation protocol with criteria for exemption from the Flora and Fauna Act**

A protocol with assessment criteria is proposed to determine exemptions under the Flora and Fauna Act allowing introductions of the quagga mussel to the Dutch water system. The protocol consists of a decision tree with accompanying explanatory notes. If the protocol is put into practice, the applicant will be required to provide all necessary information to the agency that evaluates the application (Netherlands Enterprise Agency, i.e. RVO.nl). Subsequently, the RVO.nl evaluates whether the exemption may be granted based on the information obtained from the applicant.

The protocol requires, as a minimum, that a survey of the water system is undertaken by the applicant for the presence of the quagga mussel. Depending on the results of a review of the water quality, conservation requirements and the degree of hydrological isolation of the water system, the applicant
must demonstrate that the release of the quagga mussel will be effective for the initial management aims. If this is the case, the applicant provides information on whether violations of the Flora and Fauna Act will occur as a result of quagga mussel release, such as (in)direct effects on (potential) key species. The protocol can be applied to all types of water body classified under the European Water Framework Directive (WFD) or Habitats Directives. The expectation of the authors is that the protocol will have a major self-regulating function, and that the number of applications for exemptions will be limited, as the basic information required to complete the protocol will give the applicant a good indication of the chance of a successful application prior to submission to the NVO.

It is recommended that the agency which evaluates applications of exemption verifies if the release, discharge or facilitation of the quagga mussel contravenes other laws and rules for the surface water involved. Furthermore, the agency should check whether the applicant should deliver more information for additional approval or permits. Given the high risk classification of this species, exemption under the Flora and Fauna Act for release of the quagga mussel where the species is not yet present should not be considered in waters with high conservation value, or if there is a requirement to increase conservation value in the future.
1 Introductie

1.1 Achtergrond en probleemstelling

De quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) is een invasieve exoot die zowel in Nederland als in het buitenland steeds meer in de belangstelling staat als biologisch filter van (blauw)algen, pathogenen en zwevend stof dat verontreinigd kan zijn met gifstoffen of medicijnresten (Matthews *et al.*, 2012; Van der Jagt *et al.*, 2014). De quaggamossel is door sommige gemeenten en waterschappen bewust geïntroduceerd in vijvers en plassen om het troebele effect van eutrofiëring tegen te gaan (Brabantse Delta, 2013; Dutch Water Tech, 2015). De quaggamossel kan echter ook schadelijk zijn, omdat het filtreren van water gevolgen heeft voor ecosystemen en de soorten die daarin kunnen leven (Matthews *et al.*, 2012; Matthews *et al.*, 2014). Daarnaast kan de mossel problemen en economische schade veroorzaken door massale aangroei op bijvoorbeeld waterhuishoudkundige (kunst)werken, (koel)watersystemen, schepen en allerlei onderwaterapparatuur. Het gebruik van de quaggamossel als biologisch filter kent zowel voor- als tegenstanders.

Voor het uitzetten van de quaggamossel is een ontheffing nodig in het kader van de Flora- en faunawet (Ffw) omdat het uitzetten van dieren in de vrije natuur (artikel 14, lid1, Ffw) en doden van beschermde soorten of verstoren van hun voortplantings-, vaste rust- of verblijfplaatsen verboden is (artikelen 8-12 Ffw) (Dienst Regelingen, 2013). Criteria om te beoordelen of een ontheffing wel of niet zou moeten worden aangevraagd en vervolgens afgegeven voor het uitzetten van deze soort als biologisch bestrijder of filter zijn nog niet beschikbaar.

In opdracht van het Bureau Risicobeoordeling en Onderzoeksprogrammering (BuRO) van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) is het voorliggende onderzoeksproject gericht op het beoordelen van de risico’s van de quaggamossel, gevolgd door het opstellen van een voorstel voor criteria die door de beoordelende instantie van de aanvragen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland; RVO.nl) gebruikt kunnen worden bij het beoordelen van ontheffingsverzoeken ingevolge de Ffw voor het uitzetten van de quaggamossel in Nederlandse wateren.

1.2 Onderzoeksdoelen

De hoofddoelen van dit onderzoeksproject zijn:
1. Het uitvoeren van een risicobeoordeling van de quaggamossel in Nederland;
2. Het formuleren van criteria en het opstellen van een beoordelingsprotocol voor ontheffingsverzoeken ingevolge de Ffw voor het uitzetten van de quaggamossel in Nederlandse oppervlakwaters;
3. Het realiseren van consensus over dit voorstel in een representatieve groep wetenschappers en belanghebbenden.

1.3 Overzicht en samenhang van het onderzoek

Hoofdstuk 2 beschrijft de methoden van de data acquisitie, het literatuuronderzoek voor de risico-inventarisatie en de workshops met deskundigen voor de effectbeoordeling en –classificatie van de quaggamossel. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de risicobeoordeling van de quaggamossel (risico-inventarisatie, effectbeoordeling en risicoclassificatie). De inventarisatie omvat informatie.
over de soort en een overzicht van: 1) de waarschijnlijkheid van binnenkomst, vestiging en verspreiding in Nederland, 2) risicovolle gebieden en habitats met hoge natuurwaarden in Nederland en 3) positieve en negatieve effecten op onder andere het milieu, de volksgezondheid en sociaal-economische factoren (§ 3.1). Tevens zijn uitkomsten van beschikbare risicobeoordelingen uit andere landen beschreven (§ 3.2). De effectbeoordelingen en -classificaties zijn uitgevoerd aan de hand van de risico-inventarisatie en twee protocollen: Invasive Species Environmental Impact Assessment (ISEIA) en Harmonia* (§ 3.2). Hoofdstuk 4 beschrijft het voorstel voor een beoordelingsprotocol met criteria (beslisboom) voor het uitzetten van de soort als biologisch filter in oppervlaktewateren in Nederland. De risicoclassificaties en het protocol met uitzetcriteria zijn opgesteld op basis van consensus van een groep deskundigen. Hoofdstuk 5 bediscussieert de resultaten en bespreekt relevante onzekerheden en hiaten in de kennis. In hoofdstuk 6 worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek. De samenhang tussen de verschillende onderdelen van het onderzoeksproject is schematisch weergegeven in Figuur 1.1.

![Diagram](image)

Figuur 1.1: Samenhang van verschillende componenten van de risicobeoordeling en het voorstel voor een beoordelingsprotocol met criteria (beslisboom) voor het uitzetten van de quaggamossel.
2 Methoden

2.1 Literatuurstudie en data acquisitie

Bij de start van dit onderzoeksproject was relatief veel kennis over de quaggamossel aanwezig in verschillende rapporten en wetenschappelijke artikelen. In 2012 hebben veldonderzoek, experimenten en de literatuur geresulteerd in een overzicht van de huidige en potentiële verspreiding, de ecologische en economische effecten en effectieve beheersmaatregelen voor de soort (Matthews et al., 2012). In aanvulling op deze rapportage is een literatuurstudie uitgevoerd naar aanvullende actuele informatie voor de effectbeoordeling en risicoclassificatie van de quaggamossel. Gegevens over de taxonomie, habitatvoorkeur, dispersie mechanismen en negatieve en positieve effecten voor onder andere het milieu, de economie en de volksgezondheid is gezocht in wetenschappelijke tijdschriften, boeken en rapporten met behulp van zoekmachines (ISI Web of Knowledge, Google Scholar en Google.nl) op academische, (niet) gouvernementele en commerciële websites. Daarnaast is ook gebruik gemaakt van informatie over de soort in databanken van uitheemse soorten, zoals het Global Non-native Species Secretariat, Invasive Alien Species Belgium, DAISIE, NOBANIS, Global Non-native Species Database.

Op basis van de literatuurstudie en data acquisitie zijn de risico’s geïnventariseerd van de aanwezigheid van de quaggamossel in Nederland. Deze gegevens zijn gebruikt voor de onderbouwing van de effectbeoordelingen en risicoclassificaties met de ISEIA- en Harmonia”-protocollen. Uiteindelijk is met de resultaten van de risicobeoordeling (risico-inventarisatie, effectbeoordelingen en risicoclassificaties) een protocol met criteria opgesteld voor het beoordelen van ontheffingsverzoeken in gevallen van algenbloei in oppervlaktewateren of filter van (verontreinigd) zwevend stof bij afvalwaterlozingen.

2.2 Risico-inventarisatie

Een overzicht is opgesteld van de benodigde informatie voor het uitvoeren van een effectbeoordeling en risicoclassificatie met de ISEIA en Harmonia” protocollen. De mogelijke risico’s van de quaggamossel voor de mens en natuur zijn onderverdeeld in verschillende categorieën:
1. De waarschijnlijkheid van binnenkomst;
2. De waarschijnlijkheid van vestiging, inclusief een overzicht van de huidige verspreiding in Nederland en de wereld, informatie over de habitat en de fysiologische toleranties van de soort en een vergelijking van het Nederlandse klimaat en de biogeografische regio met het oorspronkelijke verspreidingsgebied van de soort;
3. De waarschijnlijkheid van secundaire verspreiding binnen Nederland, inclusief een overzicht van de mogelijke vectoren en mechanismen die hiertoe bijdragen;
4. Mogelijke vestiging in risicovolle gebieden en habitats met hoge natuurwaarden in Nederland;
5. Positieve en negatieve effecten van de soort op de natuur (zoals inheemse soorten en het ecosysteem) en de mens (zoals de economie, volksgezondheid en infrastructuur).

Voor categorie 2 zijn verspreidingskaarten van de quaggamossel in Nederland en in Europa gemaakt op basis van de meest recente verspreidingsgegevens (september 2015) met behulp van de methode uit Matthews et al. (2014) en de database van Collas et al. (2015). De verspreidingsgegevens bestaan niet uit locaties waar de soort is verdwenen. Voor de Europese en Nederlandse verspreidingskaart in
2015 zijn respectievelijk 787 en 470 waarnemingsdata gebruikt. De risico-inventarisatie is waar nodig aangevuld met beschikbare kennis bij de projectpartners.

2.3 Effectbeoordeling en risicoclassificatie

De geïnventariseerde effecten en risico’s van de quaggamossel zijn vervolgens beoordeeld en geclasseerd met behulp van twee protocollen: het Invasive Species Environmental Impact Assessment (ISEIA) protocol (Branquart, 2007) en het Harmonia+-protocol (D’hondt et al., 2014). Het ISEIA-protocol beoordeelt alleen de risico’s met betrekking tot dispersiepotentieel, invasiviteit en ecologische effecten. In tegenstelling tot het ISEIA-protocol bevat het Harmonia+-protocol tevens modulen voor de beoordeling van sociaal-economische effecten, gevolgen voor de volksgezondheid en de invloed van klimaatverandering op effecten.

De risicoclassificaties van de quaggamossel werden uitgevoerd door een team van vijf deskundigen (F.P.L. Collas, L. de Hoop, R.S.E.W. Leuven, J. Matthews en G. van der Velde). Elke deskundige heeft eerst de resultaten van de risico-inventarisatie bestudeerd (§3.1) en vervolgens onafhankelijk van andere deskundigen beoordelingsformulieren ingevuld voor risicoclassificaties van de quaggamossel (Tabel 2.1 en Figuur 2.2). Hierbij is aandacht besteed aan zowel de huidige als toekomstige situatie. Na deze individuele risicoclassificaties is een workshop met alle deskundigen georganiseerd, waarin de argumenten voor de risicoscores zijn toegelicht en verschillen in beoordelingen zijn bediscussieerd. Deze discussies hebben geresulteerd in overeenstemming over de risicoscores voor de criteria van beide protocollen en de (wetenschappelijke) argumentatie daarvoor. Vervolgens zijn de resultaten van de risicoclassificaties voorgelegd aan een panel van onderzoekers en waterbeheerders voor een onafhankelijke review (Bijlage 1).

Het ISEIA- en Harmonia+-protocol zijn procedures voor risicoscreening. Dergelijke methoden zijn daarom alleen ontwikkeld voor het beoordelen van negatieve effecten van uitheemse soorten en laten eventuele positieve effecten buiten beschouwing. In de huidige rapportage is de beschikbare informatie over positieve effecten echter wel meegenomen, namelijk bij de risico-inventarisatie en de consensusvorming tijdens de workshop met deskundigen.

2.3.1 ISEIA-protocol

Het ISEIA-protocol bevat tien criteria die overeenkomen met de laatste stappen van het invasieproces (de potentie van verspreiding, vestiging en negatieve effecten op inheemse soorten en ecosystemen). Deze criteria zijn onderverdeeld in vier risicosecties (Tabel 2.1), waarbij secties 3 en 4 zijn opgedeeld in vier sub-secties (Branquart, 2007):

1. Dispersie potentieel of invasiviteit;
2. Kolonisatie van waardevolle en / of beschermd natuurgebieden;
3. Negatieve effecten op inheemse soorten door:
   a. predatie / herbivorie;
   b. verstoring en competitie;
   c. overdracht van ziektes naar inheemse soorten (parasieten of pathogenen);
   d. genetische effecten zoals hybridisatie en introgressie met inheemse soorten;
4. Wijzigen van ecosysteemfuncties door:
   a. modificaties aan nutriëntencycli of andere hulpbronnen;
b. fysische habitatmodificatie (veranderingen in hydrologische regimes, toename in de troebelheid van water, lichtonderschepping, verandering van de morfologie van oevers, vernietiging van broed- of kraamgebieden, etc.);
c. modificatie van natuurlijke successie processen;
d. verstoring van voedselwebben (zoals een verandering op lagere trofische niveaus door begrazing of predatie (top-down regulatie) die resulteert in een onevenwichtig ecosysteem).

Tabel 2.1: Definities van de scores per risicosectie van het ISEIA-protocol (Branquart, 2007).

| 1. Dispersie potentiël of risico invasiviteit | Hoog | De uitheemse soort is zeer vruchtbaar, kan zich makkelijk actief of passief verspreiden over afstanden van meer dan 1 km per jaar en kan nieuwe populaties vestigen. Hierbij valt te denken aan plantensoorten en andere inheemse soorten die gebruik maken van anemochorie, hydrochorie en zoöchorie via insecten of vogelsoorten. |
| Matig | Behalve bijgestaan door de mens, is de soort niet in staat afgelegen gebieden te koloniseren. Natuurlijke dispersie bedraagt zelden meer dan 1 km per jaar. De soort kan mogelijk lokaal invasief worden door een sterke reproductie. |
| Laag | De soort verspreidt zich zelf niet in de omgeving door een lage dispersiecapaciteit en een lage potentiële reproductie. |

| 2. Kolonisatierisico van waardevolle en/of beschermde natuurgebieden | Hoog | De uitheemse soort koloniseert vaak waardevolle en/of beschermde habitats (bijvoorbeeld, de meeste plekken van een bepaald habitat worden waarschijnlijk gemakkelijk gekoloniseerd door de soort wanneer bronpopulaties in de omgeving aanwezig zijn) en vormt daardoor een mogelijke bedreiging voor Rode Lijst soorten. |
| Matig | Populaties van de uitheemse soort zijn meestal beperkt tot habitats met een lage of matige natuurwaarde en koloniseren incidenteel waardevolle en/of beschermde habitats. |
| Laag | Populaties van de uitheemse soort zijn beperkt tot door de mens gemaakte habitats (lage natuurwaarde). |

| 3. Risico op negatieve effecten op inheemse soorten | Hoog | De ontwikkeling van de uitheemse soort veroorzaakt vaak ernstige lokale afnames (> 80%) van populaties en vermindert de lokale soortenrijkdom. Op een regionale schaal wordt het beschouwd als een factor die aanzet tot de achteruitgang van (zeldzame) soorten. De uitheemse soorten vormen langdurige populaties en hun effecten op de inheemse biodiversiteit worden beschouwd als moeilijk omkeerbaar. Voorbeelden zijn sterke interspecifieke competitie in plantengemeenschappen gemedieerd door allelopathische chemicaliën, intra-gilde predatie wat leidt tot lokale extinctie van inheemse soorten en overdracht van nieuwe dodelijke ziektes op inheemse soorten. |
| Matig | Het is bekend dat de uitheemse soort lokale veranderingen (< 80%) in populatiegroottes, groei of verspreiding van een of meerdere inheemse soorten teweeg kan brengen. Vooral bij algemene en ruderale soorten. Het effect wordt meestal beschouwd als omkeerbaar. |
| Laag | Data over de invasiegeschiedenis suggereren dat de negatieve effecten op inheemse populaties verwaarloosbaar zijn. |

| 4. Risico op het wijzigen van ecosysteemfuncties | Hoog | Het effect op ecosysteemprocessen en -samenstelling is groot en moeilijk ongedaan te maken. Voorbeelden zijn veranderingen van de fysisch-chemische eigenschappen van water, het faciliteren van rivieroevererosie, het voorkomen van natuurlijk regeneratie van bomen, verstoring van het voedselweb en vernietiging van rivieroeveren, rietvelden en / of viskraamgebieden. |
| Matig | Het effect op ecosysteemprocessen en -samenstelling is matig en wordt als gemakkelijk omkeerbaar beschouwd. |
| Laag | Het effect op ecosysteemprocessen en -samenstelling wordt als verwaarloosbaar beschouwd. |

Elk criterium van het ISEIA-protocol is beoordeeld met risicoscores op een schaal van drie punten: 1 (laag risico), 2 (matig risico) en 3 (hoog risico). Tabel 2.1 geeft de definities voor laag, matig en hoog risico, volgens de vier secties van het protocol. Deze classificatie is gebaseerd op Nederlandse
De risico’s zijn geclasseerd voor de huidige en toekomstige situatie in Nederland. Bij de toekomstige situatie is in beschouwing genomen dat de habitatgeschiktheid in Nederland kan veranderen door klimaatverandering. Daarnaast is er vanuit gegaan dat geen specifieke beheersmaatregelen worden getroffen voor de preventie van de introductie, verspreiding en vestiging van de soort. Consensus van de betrokken deskundigen over de risicoscore van elke sectie is bereikt door middel van een hiërarchische methode waarbij prioriteit is gegeven aan wetenschappelijke informatie over de Nederlandse situatie boven wetenschappelijke gegevens over effecten die buiten Nederland plaatsvinden.

Vervolgens is het lijstsysteem van het Belgische Forum Invasieve Soorten (BFIS) gebruikt om de betreffende soort te classificeren (Branquart, 2007). Dit lijstsysteem is een tweedimensionale ordening van het milieueffect en invasiestadium (Figuur 2.1). Het is gebaseerd op de richtlijnen van de Conventie over Biologische Diversiteit (CBD besluit VI/7) en de strategie van de Europese Unie voor invasieve uitheemse soorten. Het milieueffect van de soort wordt geclasseerd aan de hand van de totale risicoscore: 4-8 (C: soort komt niet in aanmerking voor Zwarte-, Monitor- of Aandachts-lijst), 9-10 (B: Monitorlijst) en 11-12 (A: Zwarte-lijst). De lijstletter wordt vervolgens gecombineerd met een nummer van 0 tot en met 3 dat het invasiestadium weergeeft (0: afwezig, 1: geïsoleerde populaties, 2: beperkte verspreiding, en 3: wijd verspreid). Een soort die afwezig is en een totale risicoscore heeft van 9 tot 12 wordt geplaatst op de Aandachts-lijst.

Figuur 2.1: BFIS-lijstsysteem ter identificatie van soorten die preventieve en mitigerende maatregelen vereisen (Branquart, 2007).
2.3.2 Harmonia+-protocol

Voor de risicoclassificatie van de quaggamossel met Harmonia+ is gebruik gemaakt van de online-versie van het protocol (D’hondt et al., 2014). De meest recente internetversie van het Harmonia+-protocol bevat procedures voor de risicoclassificatie van uithuisente planten en dieren (onderdeel A) en pathogenen (onderdeel B). Voor de risicoclassificatie van de quaggamossel is alleen onderdeel A relevant. Dit onderdeel bevat in totaal 41 vragen die zijn geordend in tien categorieën, namelijk: A01-05: Context; A06-08: Introductie; A09-10: Vestiging; A11-12: Verspreiding; A13-18: Potentiële milieueffecten (biodiversiteit en ecosystemen); A19-23: Effecten voor de plantenteelt, A24-26: Effecten voor veeteelt en dierenwelzijn; A27-29: Gevolgen voor volksgezondheid; A30: Overige effecten, zoals aantasting van infrastructuur; A31-33: Effecten op ecosysteemdiensten en A34-41: Gevolgen van klimaatverandering voor effecten.

Iedere (sub)categorie bevat meerdere beoordelingsvragen en geeft voor iedere vraag ook de opties voor risicoscores. Tevens zijn alle vragen voorzien van een toelichting en voorbeelden die dienen als referentie bij het bepalen van de risicoscores. Bij de gevolgen van klimaatverandering zijn bijvoorbeeld positieve secundaire effecten op de quaggamossel niet meegenomen. Voor deze categorie is een kwalitatieve inschatting gemaakt van de effecten van klimaatverandering op de quaggamossel. Voor een volledige lijst met beoordelingsvragen, -criteria, toelichtingen en voorbeelden wordt verwezen naar de website: http://ias.biodiversity.be/protocols/form/83077cae-c6a7-4352-bf24-a27eb00b8424.

Figuur 2.2: Concept en definities voor risicoclassificatie van uithuisente soorten met het Harmonia+-protocol (D’hondt et al., 2014).

<table>
<thead>
<tr>
<th>Concept</th>
<th>Invasie = f(Introductie; Vestiging; Verspreiding; Effecten_{a-g})</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Risico</td>
<td>Blootstelling x Kans x Effect</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Invasie = risico?

Blootstelling = \( f_1(\text{Introductie; Vestiging; Verspreiding}) \) = Invasiescore

Kans x Effect = \( f_2(\text{Effect}_a; \text{Effect}_b; \text{Effect}_c; \text{Effect}_d; \text{Effect}_e; \text{Effect}_f; \text{Effect}_g) \) = Effectscore

a: milieu (biodiversiteit en ecosystemen); b: plantenteelt; c: veeteelt; d: volksgezondheid; e: overige; f: ecosysteemdiensten; g: klimaatverandering

Totale risicoscore = Blootstelling x Kans x Effect = \( f_3(\text{Invasiescore}; \text{Effectscore}) \) = Invasie

Berekeningsmethodieken

\( f_1 \) : (gewogen) geometrisch gemiddelde of het product
\( f_2 \) : (gewogen) rekenkundig gemiddelde of het maximum
\( f_3 \) : product

Met de online-versie van Harmonia+ zijn alle risicoscores berekend. Figuur 2.2 toont de methoden voor de berekening van verschillende risicoscores. Voor de berekening van de invasiescore is het product van de introductie-, vestiging- en verspreidingsscore gebruikt. Voor de berekening van een effectscore van een specifieke subcategorie is het gemiddelde en de maximale waarde gebruikt. Ook voor de berekening van de geaggregeerde effectscores zijn zowel de gemiddelden als het maximum van de verschillende effectscores gebruikt. De invasiescore en de geaggregeerde effectscore zijn vermenigvuldigd om de totale risicoscore te bepalen.
Het protocol biedt de mogelijkheid om weegfactoren toe te kennen aan verschillende typen risico’s of effecten, namelijk binnen en tussen risicocategorieën. Bij de risicoclassificatie van de quaggamossel zijn de default waarden 1 voor alle weegfactoren gebruikt. Dit wil zeggen dat bij de berekeningen van de risicoscore verschillende typen effecten binnen en tussen risicocategorieën gelijk zijn gewogen.

Bij alle beoordelingsvragen bestaat tevens de mogelijkheid om de mate van zekerheid van het antwoord te vermelden. De mate van zekerheid wordt op een consistente wijze gerapporteerd met ‘laag’, ‘matig’ of ‘hoog’ voor respectievelijk 0-33%, 33-66% en 66-100% waarschijnlijkheid (Mastandrea et al., 2010; Mastandrea et al., 2011). De gehanteerde klassengrenzen en kleurcodes voor risico- en zekerheidsscores bij de risicoclassificatie zijn weergegeven in Tabel 2.2. In Harmonia zijn de scores 0, 0.5 en 1 toegekend aan respectievelijk laag, matig en hoog risico (en eveneens voor de zekerheid). In de voorliggende risicobeproefdeling zijn ook de rekenkundige gemiddelden van deze scores per risicocategorie berekend.

Tabel 2.2: Kleurcodes voor risico- en zekerheidsscores voor de risicoclassificatie van de quaggamossel in Nederland die zijn gebruikt om de risicoscores van het Harmonia* -protocol te waarderen.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Kleurcode risico</th>
<th>Risico-classificatie</th>
<th>Risicoscore</th>
<th>Kleurcode zekerheid</th>
<th>Zekerheid-classificatie</th>
<th>Zekerheidscore</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Laag</td>
<td>&lt;0,33</td>
<td></td>
<td>Laag</td>
<td>&lt;0,33</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Matig</td>
<td>0,33 ≤ RS ≤ 0,66</td>
<td></td>
<td>Matig</td>
<td>0,33 ≤ ZS ≤ 0,66</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Hoog</td>
<td>&gt;0,66</td>
<td></td>
<td>Hoog</td>
<td>&gt;0,66</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

2.3.3 Overige risicobeproefdelingen

Een literatuurstudie is uitgevoerd om overige risicobeproefdelingen van de quaggamossel te verwerven. In de zoekmachine Google.nl zijn de termen ‘Risk assessment’ en ‘Risk classification’ in combinatie met ‘Dreissena rostriformis bugensis’ en ‘quagga mussel’ ingevoerd. De eerste 50 resultaten van elke zoekopdracht zijn onderzocht op mogelijke overige risicobeproefdelingen. Ondanks het feit dat de risicobeproefdeling van de quaggamossel in de staat New York van de Verenigde Staten niet resulteerde uit de zoekopdracht, is deze wel meegenomen in het overzicht van overige risicobeproefdelingen.

2.4 Beoordelingsprotocol met criteria voor uitzetten

Een voorstel is opgesteld voor een beoordelingsprotocol met criteria (beslisboom) voor ontheffingsaanvragen ingevolge de Ffw voor het uitzetten van de quaggamossel als biologisch bestrijder of filter in Nederlandse oppervlaktewateren. Hierbij is rekening gehouden met de volgende aspecten:

- Aanwezigheid van de soort en vectoren voor verspreiding;
- Verschillende waterkwaliteits- en natuordoelstellingen voor watertypen en natuurgebieden (volgens de Europese Kaderrichtlijn Water en Habitatrichtlijn);
- Open versus hydrologisch geïsoleerde watersystemen;
- Toetsen van doelmatigheid van het uitzetten van de quaggamossel (reden slechte waterkwaliteit, mogelijkheid tot aanpakken oorzaak, beschikbare alternatieven, mate waarin uitzetten quaggamossel een oplossing biedt voor het probleem);
- Geschiktheid van het habitat bepaald aan de hand van zoutgehalte, stroomsnelheid, zuurgraad, zwevend materiaal (seston) en substraat;
- Aanwezigheid en effecten op beschermde planten- en dierensoorten onder de Ffw;
- Mate van maatschappelijk belang, aanwezigheid van reële alternatieven en mogelijkheid tot mitigatie en compensatie van mogelijke effecten.
Deze uitzetcriteria zijn geïntegreerd in een beslisboom waarmee de initiatiefnemer kan bepalen welke informatie nodig is voor een zorgvuldige ontheffingsaanvraag en de ontheffingsverlener kan beoordelen of een ontheffing wel of niet kan worden verleend. De beslisboom is opgesteld aan de hand van de resultaten van de risicobeoordeling (risico-inventarisatie, effectbeoordelingen en risicoclassificaties). Tijdens een workshop hebben deskundigen (wetenschappers en belanghebbenden) een onafhankelijke review van de risicobeoordeling uitgevoerd en bijdragen geleverd voor het opstellen van het protocol en de uitzetcriteria (beslisboom). De lijst met deelnemers aan de workshop is weergegeven in Bijlage 1. De definitieve beslisboom is gebaseerd op consent tussen de betrokken wetenschappers en belanghebbenden.
3 Risicobeoordeling

3.1 Risico-inventarisatie

3.1.1 Soortbeschrijving
De quaggamossel is een zoetwatermossel die behoort tot de familie Dreissenidae, orde Veneroida, klasse Bivalvia en stam Mollusca. De soort is een filter-feeder, dat wil zeggen dat algen, bacteriën en detritusdeeltjes uit het water worden gefilterd waarna feces en ongebruikt materiaal (pseudofeces) worden uitgescheiden (Noordhuis et al., 1992). De levenscyclus van dreisseniden geeft meer inzicht in de verspreidingsmogelijkheden van de quaggamossel in het milieu. De quaggamossel is verwant aan de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en heeft een soortgelijke levensduur (meer dan 2 jaar) en levenscyclus (Figuur 3.1) (Claudi & Mackie, 1994; Lvova, 2004; Hubenov & Trichkova, 2007; Matthews et al., 2012). Beide soorten zijn van gescheiden geslacht, dus mannelijk of vrouwelijk, die respectievelijk zaadcellen en eicellen loslaten in het water tussen april en september (Bij de Vaate, 2015). Beide geslachten zijn meestal binnen een jaar geslachtsrijp. Een bevruchte eicel (zygoot) doorloopt een aantal larvale stadia (zoals de trochophoor en veliger; Figuur 3.1) voordat het individu zich na ongeveer een maand zal vestigen (Ackerman, 1995; Mackie & Schloesser, 1996; McMahon, 2002; Stoeckmann, 2003; Keller et al., 2007; Matthews et al., 2012). Dreisseniden worden maximaal 4 cm lang en dichtheden kunnen oplopen tot tienduizenden exemplaren per m² (Mills et al., 1996; Van der Velde et al., 2010b; Leuven et al., 2014).

De vroege larvale stadia verplaatsen zich passief in het water wat stroomafwaarts een snelle verspreiding mogelijk maakt (Ackerman, 1995). Over het algemeen zijn de larvale en adulte stadia van de mosselen niet in staat om zich tegen de stroom in voort te bewegen. In tegenstelling tot inheemse zoetwatermosselen (zoals unioniden) uit Noord-Amerika en Europa beschikken juveniele en adulte dreisseniden over een gespecialiseerd orgaan voor de secretie van chitine-achtige byssusdraden waarmee ze zich aan harde substraten hechten (Bonner & Rockhill, 1994; Clarke & McMahon, 1996; Matthews et al., 2012). Dreisseniden die vastzitten aan vaartuigen kunnen daardoor stroomopwaarts of over land worden getransporteerd naar gebieden die waarschijnlijk niet via natuurlijke verspreidingsmechanismen kunnen worden bereikt (Johnson & Carlton, 1996).

![Figuur 3.1. De levenscyclus van dreisseniden (Rajagopal, 2011; Matthews et al., 2012).](attachment://image.png)
3.1.2 Waarschijnlijkheid van binnenkomst in Nederland

De quaggamossel is inheems in twee rivieren van de Ponto-Kaspische regio die uitstromen in de Zwarte Zee, namelijk de Dnjepr en de Zuidelijke Boeg. In Nederland werd de quaggamossel voor het eerst geobserveerd in 2006 in het Hollandsch Diep, een riviermonding van de Rijn en Maas (Bij de Vaate, 2006; Bij de Vaate & Jansen, 2007; Molloy et al., 2007; Schonenberg & Gittenberger, 2008; Matthews et al., 2012). De afmetingen van de verzamelde exemplaren indiceerden dat meerdere individuen van de betreffende populatie locatie ouder waren dan twee jaar. Dit betekent dat de soort waarschijnlijk al in 2004 of eerder is geïntroduceerd in het gebied. De introductie van de quaggamossel in het Hollandsch Diep is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door het transporteren en lozen van ballast-, bilgen- of motorkoelwater door schepen in het gebied (Bij de Vaate, 2010b; Bij de Vaate et al., 2014). Na deze waarneming werden in Nederland al snel meer introducties vastgesteld, namelijk in de grotere rivieren (Nederrijn, IJssel, Waal, Bovenrijn en Maas), kanalen (Pannerdensch kanaal, Rijn-Schelde kanaal, Amsterdam-Rijn kanaal, Wilhelmina kanaal, Bathse spuikanaal) en meren (IJsselmeer, Markermeer, Friese meren en Volkerak-Zoommeer) (Soes, 2008; Bij de Vaate, 2009; Bij de Vaate & Jansen, 2009; Bij de Vaate, 2010a; Raad, 2010; Bij de Vaate & Jansen, 2011; Bij de Vaate et al., 2011; Matthews et al., 2012). Deze introducties waren het gevolg van verspreiding via natuurlijke en menselijke vectoren (zie § 3.1.4). Daarnaast is de quaggamossel door sommige gemeentes (Breda, Utrecht en Nijmegen) bewust geïntroduceerd in stads- en stadsomringen om het troebele effect van eutrofiëring tegen te gaan (Brabantse Delta, 2013; Van der Jagt et al., 2014; Dutch Water Tech, 2015).

Conclusie

In 2006 is de quaggamossel voor het eerst waargenomen in Nederland en is waarschijnlijk in 2004 of eerder geïntroduceerd. Inmiddels komt de soort in veel rivieren, kanalen en meren voor. De opzetelijke introducties van de quaggamossel in stads- en stadsomringen bijzondere kratten van elders dragen sinds kort bij aan de kolonisatie van de soort in stedelijke wateren.

3.1.3 Waarschijnlijkheid van vestiging

Huidige verspreiding in Nederland

Een ruimtelijke analyse van de beschikbare waarnemingsgegevens van de quaggamossel toont aan dat de soort nu voorkomt in de grote rivieren en meren in Nederland (Figuur 3.2). De quaggamossel is voornamelijk aanwezig op locaties die permanent in verbinding staan met het waterenrnetwerk en in mindere mate op locaties die alleen tijdens hoge waterstanden in verbinding staan met waterwegen (Matthews et al., 2012). De soort heeft momenteel een verspreidingsgebied van het Prinses Margriet kanaal in de provincie Friesland tot aan de Maas bij de Nederlands-Belgische grens. In grote delen van de provincies Groningen, Drenthe en Zeeland komen echter nog geen populaties voor. Voornamelijk meer geïsoleerde watersystemen (zoals in het binnenland gelegen meren en plassen) en zijrivieren zonder scheepvaart zijn nog niet gekoloniseerd (Matthews et al., 2012). Sinds 2012 is de mossel voornamelijk in Friesland en Zuid-Holland verder verspreid (Figuur 3.2).

### Huidige wereldwijde verspreiding

Het is mogelijk dat de soort al enige tijd is gevestigd in een gebied voordat deze wordt waargenomen. In 2014 gaf een genetische analyse van ingevroren monsters van dreisseniden uit de Duitse milieumonsterbank (Umweltprobenbank) meer inzicht in de kolonisatieschiedenis van de quaggamossel in de Rijn, Donau en Elbe in Duitsland (Paulus et al., 2014). Het onderzoek wees uit dat de quaggamossel in 2004 al bij Koblenz in de Rijn aanwezig was. Dit suggereert dat de soort enkele jaren voor de eerste waarnemingen in 2006 en 2007 zich in West-Europa al had gevestigd. Uit alle waarnemingen blijkt dat de quaggamossel zich in West-Europa snel heeft verspreid sinds het begin van de 20de eeuw (Matthews et al., 2012; 2014).

De beschikbare data geven echter geen eenduidige conclusie over de verspreidingsroutes van de quaggamossel in Europa. De soort is voor het eerst waargenomen in de Rijndelta en daarna in de Main en het noordelijke Main-Donau kanaal. De mossel kan bijvoorbeeld vanuit de Rijndelta of vanuit de Donau benedenstrooms via scheepvaart naar de Main getransporteerd. Het is mogelijk dat daarnaast nog andere introductieroutes en meervoudige introducties hebben plaatsgevonden (Marescaux et al., 2015c).

Figuur 3.3 toont de locaties waar de quaggamossel is waargenomen in Europa tot september 2015. Daarnaast geeft Figuur 3.4 een overzicht van de landen waar de soort wereldwijd momenteel voorkomt.

Figuur 3.3: Huidige verspreiding van de quaggamossel in Europa (september 2015), waarbij het oorspronkelijke verspreidingsgebied is aangegeven met een cirkel (Matthews et al., 2014; Collas et al., 2015).
De soort is zeer waarschijnlijk verspreid door het transporteren van ballast-, bilgen-, en motorkoelwater, ankers en schoonmaakwerktuigen van schepen via het netwerk van vaarwateren en kanalen naar West-Europa (Van der Velde et al., 2010a; Matthews et al., 2012). Al voordat het verspreidingsgebied van de quaggamossel toename, bestond er een uitgebreid netwerk van bevaarbare waterwegen in Europa. De belangrijke laatste stap voor de verbinding van de Rijn met het Europees-Aziatische netwerk van binnenlandse waterwegen was de verbinding met de Donau na de opening van het Main-Donaukanaal in 1992. Paulus et al. (2014) onderschreven met hun genetische onderzoek van dreisseniden de hypothese dat de quaggamossel eerder met vectoren via het Main-Donau-kanaal West-Europa is binnengekomen dan direct vanuit het oorspronkelijke verspreidingsgebied door de Donau zelf. De verbondenheid van waterwegen, zoals de heropening van het Main-Donaukanaal, is een belangrijke factor bij de verspreiding van de quaggamossel via vectoren zoals scheepvaart. Momenteel bestaat het binnenlandse netwerk van waterwegen uit ongeveer 28.000 km van bevaarbare rivieren en kanalen die 37 landen in Europa en daarbuiten met elkaar verbinden (Leuven et al., 2009).

**Habitat en fysiologische toleranties**
Tabel 3.1 geeft de fysiologische en chemische toleranties van de quaggamossel weer zoals beschreven in Matthews et al. (2012, 2014).
Tabel 3.1: De range van fysisch-chemische eigenschappen van drie watertypes die de quaggamossel heeft gekoloniseerd in Nederland in vergelijking tot de fysisch-chemische toleranties van de quaggamossel (aanpassing uit Matthews et al., 2012, 2014).

<table>
<thead>
<tr>
<th>Fysisch-chemische eigenschap</th>
<th>Grote rivieren</th>
<th>Kanalen</th>
<th>Meren</th>
<th>Gecomprimeerd</th>
<th>Fysisch-chemische toleranties</th>
<th>Referentie</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Calcium (mg l⁻¹)</td>
<td>35,0–92,1</td>
<td>39,2–105,0</td>
<td>39,7–99,0</td>
<td>35,0–105,0</td>
<td>&gt; 12</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>Nitraat (mg l⁻¹)</td>
<td>1,1–4,4</td>
<td>0,8–8,7</td>
<td>0,01–0,5</td>
<td>0,01–8,7</td>
<td>Geen data</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Totaal fosfaat (mg l⁻¹)</td>
<td>0,04–1,9</td>
<td>0,02–1,3</td>
<td>0,02–0,5</td>
<td>0,02–1,9</td>
<td>Geen data</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Zuurstofsaturatie (mg l⁻¹)</td>
<td>3,2–14,8</td>
<td>5,18–12,8</td>
<td>8,7–15,9</td>
<td>3,2–15,9</td>
<td>&gt; 0,47</td>
<td>2, c</td>
</tr>
<tr>
<td>pH</td>
<td>7,3–8,5</td>
<td>7,2–8,3</td>
<td>8,3–10,4</td>
<td>7,2–10,4</td>
<td>Min: 7,4</td>
<td>3, 5, e–d</td>
</tr>
<tr>
<td>Zoutgehalte (%)</td>
<td>0,0–0,4</td>
<td>0,2–0,6</td>
<td>0,3–0,4</td>
<td>0,0–0,6</td>
<td>&lt; 6–8</td>
<td>6–10, e</td>
</tr>
<tr>
<td>Temperatuur (°C)</td>
<td>1,1–26,8</td>
<td>0,6–24,1</td>
<td>0,2–21,0</td>
<td>0,2–26,8</td>
<td>0–36,4</td>
<td>6, 11–16</td>
</tr>
<tr>
<td>Stroomsnelheid (cm s⁻¹)</td>
<td>1–2,2 / 117b</td>
<td>3–7</td>
<td>N.V.T.</td>
<td>1–117b</td>
<td>0–140f</td>
<td>17–18</td>
</tr>
</tbody>
</table>

a Maximale snelheid zonder invloed van scheepvaart.
b Een levende quaggamossel gevonden op deze locatie, maximale snelheid veroorzaakt door passerende schepen.
c Data alleen beschikbaar voor de drieheksmossel.
d pH > 8 voor quaggamossel en drieheksmossel optimaal (Mackie, 2005).
e Reproductie quaggamossel komt voor bij < 2-3‰ (Rosenberg & Ludyanskiy, 1994), er is geen productie van byssusdraden in adulten bij 4% (Gutters et al., 2012), maar 0.1% van juveniele quaggamosselen overleefden bij 8% (Wright et al., 1996). Een zoutgehalte van 8% is getest als de maximale lethale waarde (Orlova et al., 2005).
f 20-100 cm s⁻¹ is de range waarbij de quaggamossel voorkomt in een aquaduct in Arizona, Verenigde Staten (Nelson & Nibling, 2013), 9 cm s⁻¹ is voor de quaggamossel en drieheksmossel optimaal volgens (Ackerman, 1999) en de maximale stroomsnelheid van 140 cm s⁻¹ is geobserveerd in de lagere Niagra rivier in Noord-Amerika (persoonlijke communicatie K. Mehler, Great Lakes Center).

Substraattype
Matthews et al. (2012) observeerden tijdens een veldstudie dat juveniele en adulte quaggamosselen zich aan natuurlijke en kunstmatige materialen kunnen hechten, zoals hout, planten, stenen, plastic, rubber en metalen (zie ook § 3.1.4). De mate van hechting aan een substraat is onder andere afhankelijk van de compositie van het materiaal en de ruwheid van de oppervlakte. Uit een onderzoek bleek dat de hechting van mosselen aan natuurlijke materialen beter of even goed was als aan metalen en PVC, maar dat de hechting aan bepaalde gladde plastics (zoals teflon en plexiglas) het slechtste was (Ackerman et al., 1996; Matthews et al., 2012).

In de veldstudie van Matthews et al. (2012) was het meest voorkomende substraat de stenen van de kunstmatige kribben in de Rijn en steenhopen en zand op de bodem van rivieren en meren. Vaste substraten in de bovenste laag van een zachte bodem, zoals oude schelpen en stenen, faciliteren de vestiging van quaggamosselen in het IJsselmeer, Markermmer en Volkerakmeer (Bij de Vaate & Jansen, 2011; Bij de Vaate et al., 2011). Figuur 3.5a en b tonen de vorming van grote kluiten van quaggamosselen op kleine stenen en schelpen in ondiep water in de Bizonbaai. Kleine kluitjes

23
quaggamosselen kunnen zich uiteindelijk uitbreiden naar grotere mosselbedden, zoals in 2011 is ontdekt in het Markermeer (Bij de Vaate & Jansen, 2011) en in de Maasplassen (persoonlijke communicatie P. Klok) (Matthews et al., 2012). Mosseltapijten komen voornamelijk voor in dieper water. De Maasplassen bevatten een mosseltapijt tot zes meter diepe met lobben tot acht meter (Figuur 3.5c en d). In ondiepe meren, zoals het Markermeer, beperken anaerob sediment en sedimentatie van fijnstof door waterturbulentie veroorzaakt door scheepvaart en wind de kolonisatie van quaggamosselen (Matthews et al., 2012). Echter, in het zuidelijke deel van het Markermeer is de kolonisatie hoog (persoonlijke observatie H.G. van der Geest & J.A. Vonk).

**Temperatuur en saliniteit**

Een experimenteel onderzoek met de driehoeks- en quaggamossel bij verschillende watertemperatuur (5, 15 en 25°C) en saliniteit (0,2, 2 en 9‰) toonde aan dat de driehoeksmosselen iets meer byssusdraden vormden bij nagenoeg alle condities, maar dat beide soorten in principe hetzelfde vermogen hadden tot een nieuwe aanhechting. Een test met constante temperatuur (15°C) en verschillende saliniteit (0,3; 1,1; 2,1; 4,1; 6,2; 9,3 en 12,4‰) toonde aan dat beide soorten geen byssusdraden meer produceerden bij een saliniteit hoger dan 4‰ (Grutters et al., 2012). Slechts 0,1% quaggamossellarven van 3 tot 5 dagen oud overleefden een saliniteit van 8‰ (Wright et al., 1996).

De laagst gemeten temperatuur waarbij quaggamosselen overleven in het veld is 0 °C en voor groei en reproductie is een temperatuur van 4-5 °C nodig (Mackie & Claudi, 2010). Een temperatuur tussen 4-
9 °C is belangrijk voor de voortplanting (Claxton & Mackie, 1998) en 15-18 °C om de levenscyclus af te kunnen ronden (21-30 dagen) (Mackie, 2005). De quaggamossel is tolerant voor een maximale temperatuur van 36,4 °C in een experimentele omgeving (Domm et al., 1993).

Diepte
De quaggamossel kan tot op grote diepte voorkomen in meren en reservoirs. Factoren die hierbij een rol spelen zijn zuurstof en een lage watertemperatuur. Een typische diepwatervorm profunda is beschreven die onder andere voorkomt in reservoirs in Rusland en de Grote Meren in de Verenigde Staten (Nalepa et al., 2014). Deze vorm is nog niet in Nederland aangetroffen of als zodanig herkend. In tegenstelling tot observaties in Noord-Amerika (Mills et al., 1996), was in een veldexperiment de mortaliteit van de quaggamossel op 17 m diepte hoger dan de mortaliteit van de driehoeksmossel op dezelfde diepte. Dit onderzoek impliceerde een lagere tolerantie van de quaggamossel voor grotere dieptes in Nederlandse zoetwatermeren (Matthews et al., 2012; Verhofstad et al., 2013).

Droogval
Droogval gedurende vijf dagen bij temperaturen van -3.6 tot -7.2 °C in de winter van 2012 veroorzaakte massamortaliteit van dreisseniden in de Nederrijn (Leuven et al., 2014) (Figuur 3.6 en Figuur 3.7). Na 18 maanden werd dezelfde dichtheid als in 2012 gehaald, maar een volledig herstel van de populatiestructuur werd geschat op twee of drie jaar. Een studie met soortgevoeligheidsdistributies (SSDs) toonde aan dat droogval tijdens een periode van lage waterafvoer een belangrijke stressor is voor de quaggamossel (Collas et al., 2014). De invloed van droogval zal worden beïnvloed door lage temperaturen (bevriezing) of hoge temperaturen (uitdroging). Inheemse zoetwatermosselen (Unionidae) zijn aangepast aan lage waterstanden in de rivier in de winter en hebben dus minder last van tijdelijke droogval (Leuven et al., 2014). De quaggamossel is minder tolerant voor droogval dan de driehoeksmossel (Ricciardi et al., 1995a; Ussery & McMahon, 1995).

Figuur 3.6: Drooggevallen driehoeksmosselen en quaggamosselen in de Maas nabij Yvoir (België) na het openen van de sluizen voor onderhoudswerkzaamheden in 2012 (© Foto: Frank Collas).
In Noord-Amerika is voor de driehoeksmossel een hogere maximum temperatuurtolerantie beschreven (29-32 °C) dan voor de quaggamossel (28 °C) (Tabel 25.1 uit Garton et al., 2014). Daarnaast kan de quaggamossel zich bij een lagere temperatuur (9 °C) voortplanten dan de driehoeksmossel (12 °C). Dit suggereert een betere adaptatie van de quaggamossel aan koud water. Driehoeksmosselen vertonen een hogere tolerantie voor zout (< 6-12 %o) en kunnen zich handhaven bij een lagere concentratie calciumionen (> 8 mg l⁻¹) dan quaggamosselen (< 6-8 %o en > 12 mg l⁻¹) (Jones & Ricciardi, 2005; Garton et al., 2014). De quaggamossel is minder tolerant voor droogval dan de driehoeksmossel (Ricciardi et al., 1995a; Ussery & McMahon, 1995).

Vergelijking klimaat en biogeografische regio’s
Het klimaat en de biogeografische regio’s van Nederland zijn vergeleken met het oorspronkelijke en uitheemse verspreidingsgebied van de quaggamossel (een beperkt deel van de rivieren de Dnjepr en de Zuidelijke Boeg in het Ponto-Kaspisch gebied) (Figuur 3.8). Hiervoor is gebruik gemaakt van kaarten met de Koppen-Geiger klimaatclassificatie die zijn gebaseerd op data van de Duitse weerdienst (Global Precipitation Climatology Centre; GPCC) en de Climatic Research Unit (CRU) van de Universiteit van East Anglia (Verenigd Koninkrijk) (Peel et al., 2007; Rubel & Kottek, 2010).
Nederland ligt grotendeels in de Cfb-regio, die wordt gedefinieerd als warm gematigd met een hoge luchtvochtigheid en een warme zomer (Figuur 3.9). Een klein gebied in het oosten van Nederland is geclassificeerd als Dfb-regio (sneeuw, hoge luchtvochtigheid en met een warme zomer) en komt wat betreft klimaatomstandigheden overeen met het oorspronkelijke verspreidingsgebied. Binnen het oorspronkelijke verspreidingsgebied is ook nog een regio met hetere zomers te onderscheiden. Uiteindelijk is er zowel een klimaat- als een milieumatch tussen Nederland en het oorspronkelijke verspreidingsgebied, omdat de regen-, sneeuw-, droogte- en temperatuuromstandigheden in Nederland binnen de bandbreedte vallen van de klimaatregio’s in het Ponto-Kaspische gebied. Daarnaast is de quaggamossel invasief in gebieden met een droger en warmer klimaat dan Nederland, zoals in het westen van de Verenigde Staten waar het heet is met een neerslagpatroon van de woestijn en steppe. Toekomstige veranderingen in het klimaat, zoals hetere en drogere zomers, zullen waarschijnlijk geen aanvullend effect hebben op de vestiging van de soort in Nederland.

Figuur 3.8: Klimaat van het oorspronkelijke verspreidingsgebied (kleine zwarte cirkel) van de quaggamossel in vergelijking met Nederland en andere gebieden waar de soort met zekerheid is ingeburgerd (gestippelde ovale cirkels). Gewijzigd naar (Peel et al., 2007).
Conclusie

De quaggamossel komt voor in de grote rivieren en meren in Nederland. De soort is voornamelijk aanwezig op locaties die permanent in verbinding staan met het waternetwerk en in mindere mate op locaties die alleen tijdens hoge waterstanden in verbinding staan met waterwegen. De verbondenheid van waterwegen in Europa, zoals de opening van het Main-Donaukanaal, is een belangrijke factor bij de Europese verspreiding van de quaggamossel. In de komende decennia wordt een toename in de dichtheid van quaggamosselen verwacht in watersystemen met geschikt substraat en weinig droogval.

Het klimaat en het milieu in Nederland en het oorspronkelijke verspreidingsgebied, een onderdeel van de rivieren de Dnjepr en de Zuidelijke Boeg uit het Ponto-Kaspisch gebied, komen overeen. Toekomstige veranderingen in het klimaat, zoals hetere zomers, zullen waarschijnlijk geen aanvullend effect hebben op de vestiging van de soort in Nederland.

3.1.4 Waarschijnlijkheid van secundaire verspreiding

De verbondenheid van waterwegen en de aanwezigheid van vectoren of mechanismen die bijdragen aan verspreiding hebben invloed op de mate van kolonisatie van quaggamosselen in Nederlandse wateren. Zowel menselijke als natuurlijke vectoren kunnen de mosselen verspreiden. Binnenschepvaart wordt gezien als primaire verspreidingsvector in Nederland, gezien de aanwezigheid van de mosselen in bebaarbare wateren en waarnemingen van vastgehechte mosselen aan scheepsrompen in Nederland (Mayer et al., 2009; Matthews et al., 2014). Daarnaast hebben binnenvaartschepen apparatuur voor reiniging van de romp aan boord die een waterrestant met larven kan bevatten en daarmee kan dienen als verspreidingsvector. Door de beroeps- en recreatievaart wordt de quaggamossel uiteindelijk geïntroduceerd in watergebieden die stroomopwaarts niet gekoloniseerd waren. Na deze eerste verspreiding kan passieve verspreiding via waterstromingen zorgen voor verdere kolonisatie van de soort stroomafwaarts (Tabel 3.2).
Tabel 3.2: Mogelijke vectoren en mecanismen voor de verspreiding (SA: stroomafwaarts, SO: stroomopwaarts, L: lateraal, V: verticaal, OL: over land) van dreisseniden a

<table>
<thead>
<tr>
<th>Vector / mechanisme</th>
<th>SA</th>
<th>SO</th>
<th>L</th>
<th>V</th>
<th>OL</th>
<th>Voorbeelden en relevante informatie</th>
<th>Referentie b</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Voortbeweging met voet en schelp</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
<td>Veroorzaakt door veranderingen in de habitat</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>Waterstrooming</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
<td>Passieve seizoen drift van veligers en losgeraakte adulten</td>
<td>2, 3</td>
</tr>
<tr>
<td>Drijvende materialen (hout, planten en afval)</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
<td>Gedreven door waterstrooming en wind</td>
<td>4, 7</td>
</tr>
<tr>
<td>Commerciële en recreatie scheepvaart</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
<td>Gehecht aan scheepromp, in ballastwater (zeeschepen), etc.</td>
<td>4, 7, 9, 10-16</td>
</tr>
<tr>
<td>Transport over het land van drijvende vaartuigen, pontons en boeien of visuitrustingen</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
<td>+</td>
<td>Gehecht aan o.a. scheepromp en verstrikt in vegetatie aan vaartuigen of boeien</td>
<td>4, 7, 11, 13, 17, 26</td>
</tr>
<tr>
<td>Verschillende diersoorten</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
<td>Via predatoren (vissen, watervogels, muskusratten en bruine ratten) en gehecht aan krabben en rivierkreeften</td>
<td>26-30</td>
</tr>
</tbody>
</table>

a Aanvulling op (Matthews et al., 2012; Matthews et al., 2014) uit (Leuven et al., 2015).
b Referenties: 1 (Kappes & Haase, 2012); 2 (Johnson & Padilla, 1996); 3 (Stoeckel et al., 1997); 4 (Carlton, 1993); 5 (Horvath & Lambert, 1997); 6 (Wilson et al., 1999); 7 (Matthews et al., 2012); 8 (Keevin et al., 1992); 9 (Nehring, 2002); 10 (Slynko et al., 2002); 11 (Bij de Vaate et al., 2002); 12 (Olenin, 2002); 13 (Minchin et al., 2003); 14 (Carlton & Geller, 1993); 15 (Endresen et al., 2004); 16 (Holeck et al., 2004); 17 (Padilla et al., 1996); 18 (Buchan & Padilla, 1999); 19 (Kraft & Johnson, 2000); 20 (Allen & Ramačvan, 2001); 21 (Johnson et al., 2001); 22 (Kraft et al., 2002); 23 (Minchin et al., 2002); 24 (Pollux et al., 2003); 25 (Bidwell, 2010); 26 (Banha et al., 2015) 27 (Johnson & Carlton, 1996); 28 (Bossenbroek et al., 2001); 29 (Karatayev et al., 2003); 30 (Gatlin et al., 2013).

Naast beroeps- en recreatievaart en waterstrooming dragen verscheidene andere vectoren (in mindere mate) ook bij aan de verspreiding van de quaggamossel (Tabel 3.2). Ten eerste kunnen mosselen zich over korte afstanden verplaatsen door gebruik te maken van bewegingen met de voet of schelp. Al zal de stroomopwaartse verplaatsing hierdoor per jaar minder dan 100 meter blijven (Kappes & Haase, 2012; Matthews et al., 2014). Ten tweede kunnen dreisseniden zich hechten aan drijvende materialen, zoals planten, afval (Figuur 3.10a) en hout (b-d). Dit houdt ook in dat quaggamosselen die zich hechten aan drijvende vaartuigen, boeien, drijvers (e en f) en pontons (g en h) via transport over land naar nog niet bekoloniseerde gebieden kunnen worden gebracht. Ten slotte kunnen predatoren, zoals vissen, watervogels, muskus- en bruine ratten, of dieren met een hard substraat, zoals de Chinese wolhandkrab en rivierkreeften, de quaggamossel ook over land of via water verspreiden. De feces van migrerende vissen, zoals de meerval Ictalurus furcatus, kan bijvoorbeeld nog levende drieheks mosselen bevatten (Gatlin et al., 2013). Of quaggamosselen transport over land overleven is afhankelijk van hun weerstand tegen uitdroging en de duur van het transport, temperatuur en luchtvochtigheid (zie §3.1.3).

De geschatte snelheid waarmee de quaggamossel zich verspreidt in grote Nederlandse rivieren, meren en kanalen varieert tussen de 23 en 105 km/jaar (Matthews et al., 2014). Deze berekende snelheden zijn representatief voor stroomopwaartse verspreiding in stromende rivieren en kanalen via scheepvaart en verspreiding in relatief stilstaande grote wateren zoals het IJsselmeer en het Prinses Margriet-kanaal. In Europa varieert de geschatte dispersiesnelheid van de quaggamossel tussen de 23 en 243 km/jaar, met een gemiddelde van 120 km/jaar (Matthews et al., 2014).
Figuur 3.10: Drijvende materialen met aangehechte quaggamosselen: a) autoband in een meer van een uiterwaard; b) tak in een watergang; c) en d) drijfhout op de rivieroever; en aangehechte driehoeksmosselen e) en f) drijvers in de Rijkerswoerdse plassen; g) en h) metalen ponton (© Foto’s a, c en d: Rob Leuven; b: Peter Klok; e-h: Jonathan Matthews) (Matthews et al., 2012).

Conclusie
De hoge dispersiesnelheid van de quaggamossel wordt het meest waarschijnlijk gefaciliteerd door binnenscheepvaart en waterstromingen. De beroeps- en recreatievaart kunnen de quaggamossel introduceren in watergebieden stroomopwaarts die nu nog geen populaties bevatten. Passieve verspreiding via waterstromingen kan zorgen voor snelle stroomafwaartse kolonisatie. Andere
vectoren die bijdragen aan de verspreiding van de quaggamossel zijn dezelfde als die bij de driehoeksmossel (bijvoorbeeld aanhechting aan drijvende materialen die via water of over land in nieuwe gebieden terecht komen). In Nederland zijn talrijke menselijke vectoren aanwezig waardoor een hoge kans bestaat op secundaire verspreiding van de quaggamossel. Verspreiding van quaggamosselen naar hydrologisch geïsoleerde wateren door natuurlijke vectoren is mogelijk maar de kans daarop is relatief klein.

3.1.5 Risicovolle gebieden en habitats met hoge natuurwaarden in Nederland


![Figuur 3.11: Alle gebieden die zijn beschermd op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992) (Natura 2000-gebieden) (CBS et al., 2013).](image)

Een vergelijking tussen de waargenomen locaties in 2015 (Figuur 3.2) en de Natura 2000-gebieden in Nederland (Figuur 3.11) geeft aan dat de quaggamossel voorkomt in een aantal beschermd Natura 2000-gebieden, zoals de grote rivieren (hoofdstrom, nevengeulen en uiterwaardplassen) en grote meren (IJsselmeer, Markermeer, Friese meren, Noord- en Zuid-Hollandse meren). De quaggamossel zal niet voorkomen in kalkarme en zure wateren op de hoger gelegen zandgronden en in zoute of sterk brakke polderwateren (Matthews et al., 2012).
Conclusie
De quaggamossel komt voor in habitats met hoge natuurwaarden en het risico bestaat dat meer van deze wateren gekoloniseerd worden door de soort.

3.1.6 Effecten
De kolonisatie en toename van de quaggamossel in zoetwatergebieden kan positieve en negatieve effecten hebben op inheemse aquatische soorten. Positieve gevolgen voor de ene soort kunnen echter weer negatief uitpakken voor een andere soort. Door het veranderen van zowel biotische als abiotische factoren heeft de quaggamossel een aanzienlijke invloed op de integriteit van ecosystemen. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de effecten op 1) het milieu, 2) de plantenteelt, 3) gedomesticeerde dieren, 4) volksgezondheid en 5) overige, zoals de economie, recreatie en infrastructuur. Deze effecten zijn afhankelijk van de dichtheid van de quaggamossel in het verspreidingsgebied. Voor elke categorie zijn de effecten in deze paragraaf nader toegelicht.

1. Het milieu
De quaggamossel heeft op veel soortgroepen invloed en kan daardoor indirect bijdragen aan wijzigingen in ecosysteemfuncties, zoals de modificatie van nutriëntencycli, de helderheid van het water en uiteindelijk voedselketens. De quaggamossel is door zijn bijdrage aan veranderingen in habitats als ecosysteembouwer te definiëren (Matthews et al., 2012). Figuur 3.12 toont een schematisch overzicht van de directe en indirecte gevolgen van een toename van quaggamosselen in een ecosysteem. Per soortgroep is een korte toelichting gegeven van de te verwachten effecten en ten slotte is er ingegaan op wijzigingen van ecosysteemfuncties.

Figuur 3.12: Schematische weergave van de afname en toename van biotische en abiotische factoren in een oppervlaktewatersysteem bij de toename van quaggamosselen (aanpassing van (Bij de Vaate, 2015; Dionisio Pires, 2015; Van Emmerink, 2015). De toename van quaggamosselen als voedsel voor macrofauna, vissen en watervogels en de toename van zoöplankton door een toename van mossellarven is niet weergegeven. Zie Tabel 3.3 voor meer details.
### Tabel 3.3: Overzicht van de positieve en negatieve effecten van de quaggamossel op de omgeving*

<table>
<thead>
<tr>
<th>Effecten op</th>
<th>Positief</th>
<th>Negatief</th>
<th>Referentie</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td><strong>1. Milieu</strong></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Zwevend organisch materiaal</td>
<td>Afname slibdeeltjes in water; toename helderheid water</td>
<td>Toename helderheid water kan negatief zijn voor bepaalde soorten (bijvoorbeeld snoekbaars en brasem)</td>
<td>1-4</td>
</tr>
<tr>
<td>Toxische stoffen</td>
<td>Verbetering waterkwaliteit door wegvangen en accumuleren zwevende stof verontreinigd met gifstoffen of medicijnresten</td>
<td>Accumulatie toxische stoffen in bodemcompartment door uitscheiding (pseudo)feces mosselen, accumulatie in mosselvlees</td>
<td>1, 5</td>
</tr>
<tr>
<td>Nutriënten</td>
<td>Vastlegging van zwevend organisch materiaal in bodem</td>
<td>Toename nutriënten op bodem door feces mosselen en eventueel toename in waterkolom door afname fytoplankton; toename door massamortaliteit</td>
<td>6-7</td>
</tr>
<tr>
<td>Fytoplankton</td>
<td>Wegfilteren specifieke blauwalgen; totale biomassa algen omlaag</td>
<td>Toename specifieke blauwalgen (zoals Microcystis); door afname fytoplankton eventueel lagere opname nutriënten uit waterkolom</td>
<td>2, 8-11</td>
</tr>
<tr>
<td>Aquatische planten</td>
<td>Toename waterplanten dichtheid en diversiteit door helderder water</td>
<td>Helderder water met eutrofe omstandigheden kan leiden tot woekerende monoculturen van waterplanten; toename van exotische plantensoorten; mosselen hechten aan sommige plantensoorten</td>
<td>12-14</td>
</tr>
<tr>
<td><strong>33</strong></td>
<td>Deels toename biomassa zoöplankton door toename mossellarven en grazers op planten</td>
<td>Afname biomassa / dichtheden filter-feeding zoöplankton door afname voedsel (fytoplankton en zoöplankton)</td>
<td>15</td>
</tr>
<tr>
<td>Zoöplankton</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Macrofauna</td>
<td>Habitat voor substraat minnende soorten; mosselen dienen als voedsel voor kreeften en krabben; door meer grazers meer voedsel voor macrofauna; schuilplaatsen tussen mosselen</td>
<td>Vorming toxische pseudofeces door mosselen; door afname zoöplankton minder voedsel voor macrofauna; begroeiing unionide zoetwatermosselen door quaggamossel; matvorming op bodem, faciliteren habitat voor uitheemse soorten.</td>
<td>4, 16-21</td>
</tr>
<tr>
<td>Vissen</td>
<td>Door toename aquatische planten meer planten minnende vissoorten; mosselen dienen als voedsel</td>
<td>Door toename helderheid water meer kans voor rovers op zicht; minder pelagische vissoorten; door mogelijke afname zoöplankton minder voedsel voor juveniele vissen; door matvorming mindere bereikbaarheid benthos; door afname zoetwatermosselen minder voortplantingsmogelijkheden voor de bittervoorn</td>
<td>3, 22-26</td>
</tr>
<tr>
<td>Vogels</td>
<td>Mosselen zijn stapelvoedsel (vooral tijdens overwintering)</td>
<td>Bioaccumulatie metalen mogelijk</td>
<td>2, 27-31</td>
</tr>
<tr>
<td>Parasioten / bacteriën</td>
<td>Filtert ziekteverwekkers</td>
<td>Gastheer voor ziekteverwekkers</td>
<td>32-33</td>
</tr>
<tr>
<td>Hele ecosysteem</td>
<td>Veranderingen in het voedselweb en habitat</td>
<td>Veranderingen in het voedselweb en habitat</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td><strong>2. Plantenteelt</strong></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Geen</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

* Opmerking: mogelijke overwegingen / aspecten die nuttig zijn bij de voortzetting van plantenteelt.
<table>
<thead>
<tr>
<th>Effecten op</th>
<th>Positief</th>
<th>Negatief</th>
<th>Referentie</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>3. Gedomesticeerde dieren</td>
<td>Geen</td>
<td>Geen</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>4. Volksgezondheid</td>
<td>Hogere veiligheid door grotere helderheid water</td>
<td>Mogelijke toename van giftige blauwalgen (<em>Microcystis</em>); veroorzaken snijwonden bij badgasten en zwemmers door (lege) schelpen op bodem en stranden</td>
<td>8, 34-36</td>
</tr>
<tr>
<td>5. Overige</td>
<td>Recreatie: Helderheid water</td>
<td>Aangroei aan objecten (ladders, aanlegsteigers, vlonders, buitenboordmotoren, etc.); toename ondergedoken waterplanten onprettig voor zwemmers en surfers, mosselen veroorzaken snijwonden</td>
<td>36-37</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Infrastructuur / bedrijven: Onder andere inzetbaar bij afvalwaterzuivering</td>
<td>Hoge kosten door schoonmaken van biofouling (o.a. met chemicaliën); aantasting materialen door toegenomen corrosie waardoor vervanging nodig van wanden, steigers en duikers</td>
<td>10, 38-41</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Fouling schepen</td>
<td>Schoonmaakkosten; vector voor verspreiding van de quaggamossel; extra brandstofverbruik (plezier)vaartuigen</td>
<td>37</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Bedrijven die de soort uitzetten</td>
<td>Filteren van water</td>
<td>Schadeclaims door verstorten van productie en installaties bij naburige bedrijven</td>
</tr>
</tbody>
</table>

1 Persoonlijke mededeling R. Leuven (2015), 2 (Bij de Vaate et al., 2014), 3 (De Vries & Postma, 2013), 4 (Zhu et al., 2006), 5 (Marvin et al., 2000), 6 (Wojtal-Frankiewicz & Frankiewicz, 2011), 7 Persoonlijke mededeling A. Vonk (2015), 8 (Sarnelle et al., 2012), 9 (Tang et al., 2014), 10 (Van der Kamp & Penning, 2015), 11 (Waajen et al., 2014), 12 (Stuckey & Moore, 1995), 13 (Van der Kamp et al., 2015), 14 (Zhu et al., 2007), 15 (Johannsson et al., 2000), 16 (Marescaux et al., 2015b), 17 (Matthews et al., 2012), 18 (Nalepa et al., 2009), 19 (Ricciardi et al., 1997), 20 (Stewart & Haynes, 1994), 21 (Ward & Ricciardi, 2007), 22 (Beekey et al., 2004), 23 (Bij de Vaate & Jansen, 2009), 24 (Cobb & Watzin, 2002), 25 (González & Downing, 1999), 26 (Van Emmerink, 2014), 27 (Le et al., 2011), 28 (Matthews et al., 2015), 29 (Noordhuis et al., 2010), 30 (Ransijn, 2011), 31 (Van Eerden & De Leeuw, 2010), 32 (Pérez-Fuentetaja et al., 2006), 33 (Yule et al., 2006), 34 (Graczyk et al., 2003), 35 (Labine & Minuk, 2009), 36 (Raaphorst, 2015), 37 (Oreska & Aldridge, 2011), 38 (Bruijs et al., 2010), 39 (Jenner et al., 1999), 40 (Pimentel et al., 2005), 41 (Van Mook, 2014), 42 Persoonlijke mededeling A. Gittenberger en M. Bruijs (2015).
Nutriënten
Een toename van quaggamosselen kan op meerdere manieren de nutriëntenhuishouding van een watersysteem beïnvloeden. De quaggamossel filtert materiaal uit de waterkolom waarna het materiaal via trilharen over de kieuwen wordt geleid en geselecteerd op eetbaarheid. De eetbare deeltjes worden naar de mond geleid, verteerd en uitgescheiden als feces. De niet eetbare deeltjes worden met slijm samengeklit en als pseudofeces via een klepbeweging geloosd. Feces en pseudofeces dienen als voedsel voor macro- en microvertebraten. Het vastleggen van zwevend organisch materiaal in feces en pseudofeces draagt bij aan een toename van nutriënten op en in de bodem. Daarbij leveren quaggamosselen mogelijk ook een bijdrage aan het verwijderen van microplastics uit de waterfase, maar hier is tot nu toe weinig onderzoek naar gedaan.

De kans bestaat dat minder nutriënten uit de waterkolom worden opgenomen door fytoplankton als het fytoplankton uit het water wordt gefilterd door quaggamosselen. Een toename van nutriënten in de waterkolom kan weer positief zijn voor de groei van fytoplankton en het in stand houden van de voedselkringloop, maar bij hoge nutriëntenconcentraties kunnen negatieve effecten optreden zoals algenbloei. Een veldexperiment in het Sulejow bassin in Polen toonde een afname in de stikstof:fosfor ratio (N:P) en ammoniak:fosfaat ratio (NH₄:PO₄) in het water door de excretie van driehoeksmossen. In de behandeling met driehoeksmossen maakte fosforrijk water de plotselinge groei van Chlorophyta mogelijk met bloei van waternetje (Hydrodictyon reticulatum) tot gevolg. De resultaten gaven aan dat driehoeksmossen de symptomen van eutrofie in water verergeren en zo bijdragen aan de bloei van bepaalde fytoplanktonsoorten (Wojtal-Frankiewicz & Frankiewicz, 2011). Het is waarschijnlijk dat de excretie van quaggamosselen bijdraagt aan soortgelijke effecten op de nutriëntenhuishouding van een watersysteem.

Fytoplankton
De quaggamossel voedt zich onder andere met planktonische groenalgen, diatomeeën en cyanobacteriën (blauwalgen), en voor een kleiner deel ook met zoöplankton. De totale biomassa van fytoplankton zal, net als bij de driehoeksmossen, afnemen bij de aanwezigheid van quaggamosselen in wateren. De filtratiecapaciteit van driehoeksmossen worden namelijk geacht de primaire reden te zijn voor een toename in helderheid van water in eutrofe Nederlandse meren (Bij de Vaate et al., 2014). Door de afname van fytoplankton kan de nutriëntenopname uit de waterkolom afnemen. Dit kan mogelijk gecompenseerd worden door opname door planten of andere primaire producenten.

De quaggamossel zal mogelijk niet alle fytoplanktonsoorten uit het water filteren. Een recente experimentele studie in Saginawa Bay in Michigan, Verenigde Staten toonde namelijk aan dat de quaggamossel selectief filtergedrag vertoont en dat de uitscheidingsnelheid (clearance rate) van feces verschilt per fytoplanktonsoort (Tang et al., 2014; Dionisio Pires, 2015). Het filtergedrag van de mossel was voornamelijk afhankelijk van de taxonomische groep en niet van de grootte van het voedsel. De quaggamosselen vertoonden lage filtratiesnellen voor de kleinere diatomeeën, groene algen met dikke celwanden (Scenedesmus en Oocystis) en in kolonies levende cyanobacteriën met geleachtige omhulsels (Aphanocapsa, Chroococcus en Microcystis). Volgens Tang et al. (2014) komt de voedselvoorkeur van de mosselen zelfs overeen met veranderingen in de samenstelling van fytoplankton in de Great Lakes.

In sommige gebieden leidt het selectieve filtergedrag van dreisseniden, afhankelijk van de veldcondities, eventueel tot een toename in cyanobacteriën (blauwalgen). Dit is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid nutriënten in het watersysteem. In een veldexperiment in Gull Lake in Michigan, Verenigde Staten was het effect van driehoeksmossen op de blauwalg Microcystis
M. aeruginosa gerelateerd aan de fosforconcentratie in het water (Sarnelle et al., 2012). Bij lage nutriëntenconcentraties was de M. aeruginosa biomass (µg/L) hoger bij de aanwezigheid van driehoeksmosselen, maar bij hoge nutriëntenconcentraties was de biomass juist lager bij de aanwezigheid van de mosselen. Hierbij werd gesuggereerd dat de recycling van fosfaat door de mosselen een grotere impact had op de groei van de blauwalg bij nutriëntarme condities dan bij hoge nutriëntenconcentraties (Sarnelle et al., 2012). Blauwalgensoorten variëren onder andere in de mate van kolonievorming en giftigheid. De resultaten van onderzoek naar Microcystis kunnen hierdoor niet direct worden vertaald naar andere blauwalgen soorten. Een experimentele studie met zebramosselen uit het IJsselmeer resulteerde in een hogere clearance rate van de dradenvormende Planktothrix dan van de kolonievormende Microcystis (Dionisio Pires et al., 2005).

Blauwalgen van het genus Microcystis kunnen naast schuimvorming op de wateroppervlakte ook peptiden (microcystine) produceren die toxisch zijn voor dieren en mensen (Sarnelle et al., 2012). In Nederland dragen deze blauwalgen vaak bij aan de algenbloei in oppervlaktewateren (Waajen et al., 2014). In 2014 werd de blauwalgenbloei in het Eemmeer gekoppeld aan de intrede van de quaggamossel (Van der Kamp & Penning, 2015). Er is echter nog relatief weinig bekend over de effecten van selectief filtergedrag van de quaggamossel op de toename of afname van blauwalgen in Nederland. In projecten met biologische filters lijken quaggamosselen te foerageren op alle algen, inclusief toxische blauwalgen (persoonlijke communicatie Martijn Dorenbosch). In stadsvijvers Fort de Bilt in Utrecht en de Linievijver in Breda had de introductie van de quaggamossel een positief effect op de soortensamenstelling en biomass van fytoplankton (Van der Jagt et al., 2014; Van der Kamp & Penning, 2015). De hoeveelheid blauwalgen in het water is namelijk afgenomen, maar de looptijd van deze projecten is nog te kort om hieruit conclusies te kunnen trekken (persoonlijke communicatie W. Lengkeek en G. Waajen).

**Macrofyten**

Dreisseniden zorgen met hun filtercapaciteit voor een toename in helderheid van het water in voorheen treoebale wateren. Zo nam in het Oneidameer in de staat New York van de Verenigde Staten het doorzicht toe van 3.0 tot 5.1 meter door driehoeksmosselen (Zhu et al., 2006). Door de toegenomen helderheid kan het licht dieper reiken en daarmee de groei van draadalgen en aquatische planten (macrofyten) stimuleren. Na de introductie van de quagga- en driehoeksmossel in het Eriemeer op de grens van westelijk Verenigde Staten en Canada werd bijvoorbeeld de terugkomst van voorheen verdwenen exotische aquatische planten waargenomen (Stuckey & Moore, 1995). In Nederland zorgen in het Rijnland en de Sloterplas in Amsterdam dreisseniden (voornamelijk quaggamosselen) voor de toename van doorzicht in de boezem, waardoor op enkele plaatsen vegetatie opkomt (Stroom, 2015). Dit kan als positief worden gezien wanneer op kwaliteitselementen van een oppervlaktewater wordt beoordeeld op grond van de KRW (Van der Kamp et al., 2015).

Een toename van macrofyten zorgt voor een hogere helderheid van het water in Noord-Amerikaanse meren en het Nederlandse Rijnland. De samenstelling van de voedselketen kan daarmee verschuiven van soorten met een hoge tolerantie voor treoel water naar soorten met een voorkeur voor helder water. Daarnaast dragen waterplanten bij aan schuil-, nest- en foerageerplaatsen voor evertbraten en vissen (Zhu et al., 2006).

In het Oneidameer in de Verenigde Staten zijn directe nadelige effecten van dreisseniden (driehoeksmosselen) op macrofyten gemeten, namelijk een verminderde fotosynthetische capaciteit door hechting aan bladeren (Zhu et al., 2007). Bladeren van aarvenderkruid (Myriophyllum spicatum L.) begroeid met mosselen toonden een lagere fotosynthetische activiteit en lagere chlorofyl
concentratie dan bladeren zonder mosselen. Dit werd echter niet gezien bij valisneria (*Vallisneria americana* Michx.) (Zhu et al., 2007). In hetzelfde gebied is ook het effect van overbemesting van de bodem door sedimentatie van feces en pseudo-feces van dreisseniden getest. Een nutriëntrijke bodem en helder water zouden uiteindelijk kunnen leiden tot woekering van macrofyten en een monocultuur creëren. Veldexperimenten toonden echter geen direct effect van nutriënten verplaatsing door dreisseniden op de groei van ondergedoken waterplanten (Zhu et al., 2007).

**Mosselen**

Dreisseniden hebben de voorkeur om te hechten aan harde substraten zoals stenen van kunstmatige kribben (§3.1.3). In gebieden waar geen harde substraten aanwezig zijn, zal de kolonisatie van quaggamosselen beperkt zijn tot hechting aan levende of lege schelpen van zoetwatermosselen, zoals inheemse unioniden en maten van driehoeksmosselen, of mariene schelpen, zoals de strandgaper (*Mya arenaria*) in het IJsselmeer en Markermeer (Noordhuis et al., 2010; Matthews et al., 2012). Daarnaast zorgen levende individuen en lege schelpen van de quaggamossel zelf ook voor een oppervlaktetoename van hard substraat. Uiteindelijk kunnen zich matten gaan vormen die de gehele bodem bedekken, zoals als in het Markermeer en de Maasplassen (§3.1.3).

De introductie van de quaggamossel wordt in Noord-Amerika beschouwd als een belangrijke oorzaak van de (regionale) extinctie van diverse zeldzame zoetwatermosselsoorten (unioniden) (Ricciardi et al., 1995b). Unioniden kunnen gevolgen ondervinden van begroeiing door dreisseniden. In Nederlandse riviersystemen (Waal, Nederrijn, Mookerplas, Kaliwaal, Het Meer, Bisonbaai) zijn quagga- en driehoeksmosselen waargenomen die zich hadden vastgehecht op de schelp van veel voorkomende zoetwatermosselen in Nederland, zoals de inheemse schildersmossel (*Unio pictorum*), de inheemse vijvermossel (*Anodonta anatina*) (Unionidae) en uitheemse soorten Corbiculidae (Figuur 3.13) (Matthews et al., 2012). Een veldstudie in de Maas in België toonde aan dat circa 40% van de bij het vellen van unioniden gehecht was met dreisseniden (Marescaux et al., 2015b). Dreisseniden coloniseren unioniden meestal op het schelpdeel dat boven het sediment uitsteekt en sifons bevat waarmee de mossel een waterstroom op gang brengt ten einde zuurstof te verkrijgen en zwevende stof te onttrekken aan de waterkolom. Byssusdraden van de quaggamossel kunnen de sifons afsluiten en de inheemse schelp belemmeren bij het ingraven, openen en sluiten van de kleppen, waardoor de quaggamossel met de inheemse soorten concurreren om voedsel (Bij de Vaate, 2009). Matthews et al. (2012) zagen in de Nederlandse riviersystemen dat bij schildersmosselen de mediane lengte van schone zoetwatermosselschelpen significant hoger was dan de lengte van met quagga- en driehoeksmosselen begroeide schelpen. Hun verwachting is echter dat daardoor unioniden in Nederland niet uitsterven door begroeiing van dreisseniden.

Een studie in meren van Wit-Rusland en twee meren in Michigan, Verenigde Staten toonde dat de mate van kolonisatie op unioniden afhankelijk is van meerdere factoren, zoals de dichtheid van de dreisseniden, de tijdsduur sinds de invasie van het water door de mosselen, de biomassa van aangehechte dreisseniden en het type bodemsediment (Burlakova et al., 2000). Daarnaast suggereerde een studie met de driehoeksmossel in het Balaton meer, Hongarije dat de mate van aangehechte mosselen op unioniden ook afhangt van temporele variatie (Bódis et al., 2014).
De kolonisatie van watersystemen door de quaggamossel heeft ook gevolgen voor de driehoeksmossel. Tussen 2007 en 2010 nam het percentage quaggamosselen van de totale hoeveelheid dreisseniden toe van 1% tot gemiddeld 85% in het IJsselmeer en 60% in het Markermeer (Bij de Vaate et al., 2014). Ook in rivieren zoals de Main en Rijn is de dichtheid van dreisseniden verschoven van driehoeksmosselen richting quaggamosselen. Op bepaalde locaties in Europa nam de dichtheid van quaggamosselen met 26% per jaar toe (Heiler et al., 2013). Aan de Canadese zijde van het Ontariomeer bestond in 2003 al ongeveer 66% van de bodem bij de oevers uit matten van quaggamosselen (Wilson et al., 2006). Bewijs voor de vervanging van de driehoeksmossel blijft echter gelimiteerd door een gebrek aan temporele trends die zijn vergeleken met de totale dichtheid van driehoeksmosselen en quaggamosselen (Matthews et al., 2014). Daarnaast gaven Matthews et al. (2012) aan dat de quaggamossel in de meeste gevallen niet meer impact heeft dan de driehoeksmossel wanneer hij de driehoeksmossel vervangt. Quaggamossel kan zich wel in koudere watersystemen handhaven dan de driehoeksmossel, maar de driehoeksmossel heeft een hogere zouttolerantie en kan voorkomen bij een lagere hoeveelheid calciumionen in het water (Garton et al., 2014).

Hybridisatie van de quaggamossel met inheemse zoetwatermosselen is niet mogelijk, maar bijvoorbeeld met andere dreisseniden, zoals de driehoeksmossel. In een laboratoriumstudie werden kruisingen tussen driehoeksmosselen en quaggamosselen gecreëerd door het samenvoegen van gameten na blootstelling aan serotonine (Nichols & Black, 1994; Mills et al., 1996). In een studie met dreisseniden in het Ontariomeer en Eriemeer op de grens van westelijk Verenigde Staten en Canada werden geen kruisingen tussen de quaggamossel en driehoeksmossel gevonden, waarmee werd gesuggereerd dat in de Great Lakes hybridisatie zeer zeldzaam is. Meer onderzoek naar hybridisatie van quaggamosselen is (nog) niet gedocumenteerd.

**Macrofauna**

Een afname van fytoplanktonbiomassa door een toegenomen hoeveelheid quaggamosselen in het watersysteem kan leiden tot een lagere voedselbeschikbaarheid voor het zoö plankton. Echter, een afname van zoö plankton door een gebrek aan voedsel kan mogelijk weer gecompenseerd worden door een toename van grazers op waterplanten die geïntegreerd worden door een toegenomen helderheid in de waterkolom. Hierdoor is de invloed van de zoö planktonbeschikbaarheid als voedsel voor macrofauna moeilijk in te schatten.

Bij een toename van quaggamosselen kan een toename ontstaan van de soortenrijkdom en dichtheden van bepaalde benthische macro-vertebraten (Matthews et al., 2012). Dreisseniden vormden in experimenten en veldstudies in Noord-Amerika voedsel voor bijvoorbeeld bloedzuigers en

Sommige groepen van macro-vertebraten die op de bodem leven ondervinden echter een sterk nadeel bij een toename van dreisseniden. Dichtheden van sommige chironomiden, kokerjuffers (Polycentropodidae) en gravende vlokreeften (*Diporeia* spp.) kunnen afnemen, omdat zij bijvoorbeeld concurreren met de mosselen om voedsel zoals is aangetoond in studies in de St. Lawrence rivier op de grens van de Verenigde Staten en Canada en in Lake Michigan in de Verenigde Staten (Ricciardi et al., 1997; Nalepa et al., 2009). Daarnaast ontstaat concurrentie om de beschikbare ruimte op de bodem en wordt de bodem door een mat van dreisseniden afgesloten wat graven hindert en anaerobe omstandigheden onder de mat kan veroorzaken.


**Vissen**

Een toename van de quaggamossel kan positieve effecten hebben op vissen. Voor vissoorten die dreisseniden eten neemt de voedselbeschikbaarheid toe (Bij de Vaate, 2009). Dit is geobserveerd voor de blankvoorn (*Rutilus rutilus*) in het Śniardwymeer in Polen (Prejs et al., 1990), de brasem (*Abramis brama*) in het Kuchurganmeer in Moldavië en het Kanevskoe bassin in Oekraïne, de paling (*Anguilla anguilla*) in het Tjeukemeer in Nederland (Nie, 1988), de karper (*Cyprinus carpio*) in de Mississippi rivier in de Verenigde Staten (Tucker et al., 1996) en de zwartbekgrondel (*Neogobius melanostomus*) in de Detroit rivier op de grens van de Verenigde Staten en Canada (Ray & Corkum, 1997) en in de Waal (Schiphouwer, 2011). Onder andere neemt een deel van de zoë planktonbiomassa toe door een toename aan mossellarven, maar het is niet bekend hoeveel de larven bijdragen aan de totale zoë planktonbiomassa.

Een ongewenst gevolg is de directe concurrentie tussen de mosselen en larvale vissen (en zoëplankton) om voedsel. Een afname in de totale zoë planktonbiomassa werkt door in een afname van planktivore vissen (Van Emmerink, 2014). Daarnaast verdwijnt voor de beschermde bittervoorn (*Rhodeus amarus*) het substraat om zijn eitjes af te zetten wanneer quaggamosselen inheemse zoetwatermossen (unioniden) wegeconcurren (paragraaf ‘Mosselen’) (Leuven et al., 2015). Als de quaggamosselen maten gaan vormen op de bodem is het gravende benthos moeilijker bereikbaar voor vissen aangezien de benthische evertebraten zich schuilenhouden tussen de mosselen en de bodem.
moeilijk kan worden doorwoeld (González & Downing, 1999; Cobb & Watzin, 2002; Beekey et al., 2004).

Naast veranderingen in de voedselbeschikbaarheid en voortplantingsmogelijkheden kan een toename in waterhelderheid en plantendichtheid leiden tot een verschuiving in de aanwezige vissoorten in het ecosysteem. In het Volkerak-Zoommeer was de brasem (*A. brama*) in 2007-2008 de dominante vissoort, maar na de opkomst van de quaggamossel was de soort in 2010-2011 sterk in aantal afgenomen. Brasem woelt in de bodem door happen zand te nemen en te filteren waarna het zand via de kieuwen weer wordt geloosd en draagt door dit gedrag bij aan mobilisatie van nutriënten en troebelheid van water. Baars, paling en snoekbaars zijn er nu de meest voorkomende vissoorten wat als een gunstige ontwikkeling in de visstand kan worden gezien (De Vries & Postma, 2013).

*Vogels*

Quaggamosselen worden gegeten door benthivore watervogels in het IJsselmeer en Markermeer, zoals de kuifeend (*Aythya fuligula*), toppereend (*Aythya marila*) en de brilduiker (*Bucephala clangula*) (Noordhuis et al., 2010; Van Eerden & De Leeuw, 2010; Bij de Vaate et al., 2014). De mosselen zijn vooral overwinteringsvoedsel maar vormen momenteel volgens Noordhuis et al. (2015) geen substantieel deel meer van het voedsel van vogels.


Matthews et al. (2012) vermoedden dat de metaalconcentraties in Nederlandse wateren in de toekomst zullen afnemen aan een strengere controle op watervervuiling. De metaalconcentraties in beide soorten dreisseniden in Nederlandse rivieren en meren waren in 2012 al veel lager dan de concentraties van één of twee decennia geleden in de driehoeksmossel. Hierdoor wordt niet verwacht dat de huidige metaalconcentraties in de quaggamossel een verhoogd risico vormt voor predatoren (Matthews et al., 2012).

*Sessiele soorten*

Quaggamosselen kunnen sterven doordat andere sessiele organismen, zoals zoetwatersponzen (*Ephydatia fluviatilis* en *Spongilla lacustris*), ze overgroeien en verstikken. Dit verschijnsel is waargenomen in een recreatieplas die verbonden is met de Maas (Matthews et al., 2012) en in het zuidelijk deel van de Markermeer (persoonlijke communicatie H.G. van der Geest) (Figuur 3.14).
Sponzen sterven in de herfst en winter af waarbij ze gemmulae produceren, waardoor de mosselen geen verstikking meer ondervinden. Hierdoor kunnen sponzen en dreisseniden naast elkaar voortbestaan (Lauer & Spacie, 2004).

Figuur 3.14: Overgroeiing en verstikking van quaggamosselen door zoetwatersponzen; Ephydatia fluviatilis (links) in een meer die in verbinding staat met de Maas bij Katwijk in 2011 (© Foto: Peter Klok) en Spongilla lacustris (rechts) in het Markermeer bij IJburg (© Foto: Harm van der Geest).

Parasieten

Introductie van de quaggamossel kan mogelijk leiden tot een toename van parasieten en bacteriën in watersystemen (Dionisio Pires, 2015). Quaggamosselen kunnen mogelijk parasieten bij zich dragen die overeenkomen met de parasieten op driehoeksmosselen, zoals endoparasieten (platworm Aspidogaster limacodes, darmparasieten van zoogdieren zoals Cryptosporidium parvum en Giardia lamblia), ectoparasieten (watermijten Unionicola, bloedzuigers Caspiobdella fadejevi en Helobdella stagnalis) en schimmels van het genus Acremonium (Popova & Biochino, 2000; Graczyk et al., 2003; Matthews et al., 2012). De platworm Bucephalus polymorphus komt voor in de driehoeksmossel en kan mogelijk ook de quaggamossel infecteren. Deze platworm parasiteert op de geslachtklieren waardoor de mossel zich niet meer kan voortplanten (Ackerman et al., 1995). Daarnaast kunnen sporenvormende bacteriën in dreisseniden leiden tot de vergiftiging van visetende vogels. Mosselen die Clostridium botulinum type E neurotoxine accumuleren vanuit sediment worden mogelijk gegeten door vissen, zoals de zwartbekgrondel (N. melanostomus), die vervolgens kan dienen als voedsel voor vogels (Yule et al., 2006). Predatie van de zwartbekgrondel was als reden aangewezen voor hoge mortaliteit van watervogels in het Eriemeer in de Verenigde Staten (Yule et al., 2006). Daarnaast creëren dreisseniden goede leefomstandigheden voor C. botulinum door het uitscheiden van grote hoeveelheden feces. Evertbraten kunnen de sporen meedragen naar verschillende dieptes waarmee de bacteriën worden verspreid naar benthivore vissen, salamanders en watervogels (Pérez-Fuentetaja et al., 2006; Matthews et al., 2012).

Het risico op het overbrengen van parasieten naar andere soorten die dienen als gastheer kan mogelijk toenemen als dreisseniden zich verder verspreiden en de dichtheid in Nederland toeneemt (Matthews et al., 2012). Echter, in gebieden waar de driehoeksmossel al voorkomt, zal deze soort deze parasieten al hebben overgebracht op andere soorten.

Wijzigingen van ecosysteemfuncties

De introductie en toename van quaggamosselen in een zoetwatersysteem heeft effecten op de integriteit van het ecosysteem door invloed op biotische factoren, zoals hierboven beschreven, en in
abiotische factoren, zoals de nutriëntenhuishouding en de helderheid van het water. Dreissenenid worden daarom gezien als ecosysteembouwers of sleutelsoorten (Higgins & Vander Zanden, 2010).

Door het filteren van de waterkolom neemt de hoeveelheid zevend organisch materiaal en fytoplankton in het water af. De helderheid van het water neemt toe en daarmee ook de vestiging en groei van aquatische planten, zoals gezien in het Nederlandse Rijnland. De zuurstofconcentratie in het water gaat daarbij omhoog en de voedselketen verschuift naar plant- en zuurstofminnende soorten. Ondanks dat de helderheid van het water toeneemt, kan de nutriëntenconcentratie in het water en de bodem nog hoog zijn. Aanvullend valt door een afname in fytoplankton de opname van nutriënten uit het water weg en scheidden de quaggamosselen de opgenomen fytoplankton, inclusief nutriënten, deels uit als (pseudo)feces naar de bodem. In een helder maar voedselrijk watersysteem zijn de risico’s moeilijk te overzien. Het is mogelijk dat door selectief filtergedrag van de mosselen bepaalde blauwalgensoorten gaan bloeien. Een waterbodem met zacht substraat kan door matvorming van mosselen verschuiven naar een hard substraatbodem die andere leefgemeenschappen faciliteert. Bij perioden van zuurstofloosheid of droogval, al dan niet gecombineerd met hoge of extreem lage temperaturen, kan massafiltering van de quaggamossel optreden (Leuven et al., 2014), wat mogelijk weer kan leiden tot een (tijdelijke) omslag naar een troebel watersysteem doordat opgeslagen nutriënten vrijkomen uit het mosselvlees.

2. & 3. Plantenteelt en gedomesticeerde dieren
Voorspel zijn er geen effecten geconstateerd op de plantenteelt en het dierenwelzijn of -productie van gedomesticeerde dieren door de overdracht van parasieten of pathogenen. Een effect kan misschien ontstaan bij het verplaatsen van bagger met quaggamosselen naar een grondgebied met veeteelt, waardoor dieren in aanraking kunnen komen met mosselen die besmet zijn met parasieten of verontreiniging hebben geaccumuleerd. Dit is echter niet gedocumenteerd.

4. Volksgezondheid
Gevolgen van de quaggamossel voor de volksgezondheid zijn gerelateerd aan de mogelijke afname of toename van toxische blauwalgen zoals Microcystis in oppervlaktewateren. Blauwalgen komen al voor in Nederland en in de Verenigde Staten heeft de bestrijding van deze mopsoorten tien jaar geleden 1 tot 3 miljard dollar per jaar gekost (Pimentel et al., 2005). In de Ebrodelta lagen de kosten vijf jaar geleden rond de 4,5 miljoen euro per jaar (Perez & Moreu, 2009; geciteerd in (Sundseth, 2014)).
De quaggamosselen begroeien en verstoppen niet alleen waterinlaten en duikers, maar ook (grootschalige) onttrekkers van oppervlaktewater zoals bluswaterpompen en bluswaterleidingsystemen, koel- en proceswatersystemen ten behoeve van energiecentrales en industrieën, drinkwaterbedrijven en andere installaties (Pimentel et al., 2005; Matthews et al., 2012). Jonge mosselen komen met het ingenomen water mee en passeren makkelijk de filtersystemen, waardoor ze in de pompen en systemen zoals pompkelders terechtkomen waar ze zich hechten aan de wanden van installatieonderdelen en leidingen. De mosselen kunnen zich goed in leidingsystemen vestigen doordat de condities binnen die systemen de aanhechting en groei bevorderen, zoals bescherming tegen predatoren, stroming, zuurstof en voedsel (Jenner & Janssen-Mommen, 1992; Bruijs et al., 2010). Bij elektriciteitscentrales in industrieën blokkeren mosselschelpen condensorpijpen waardoor warmteoverdracht verminderd en erosie-corrosie kan toenemen (Jenner et al., 1999) (Figuur 3.16).

Naast de (gederfde) kosten door de impact op bedrijfsvoering, zijn er ook aanzienlijke kosten door maatregelen ter preventie van aanhechting en schoonmaakacties om de aangroei fysiek te verwijderen (Figuur 3.16). De kosten kunnen zeer hoog zijn als een installatie ongepland uit bedrijf moet worden genomen (Bruijs et al., 2010). Naast het kostenaspect is er door aangroei van mosselen ook een verhoogd risico met betrekking tot de beschikbaarheid en bedrijfszekerheid van installaties, bijvoorbeeld bij brandblusinstallaties en energievoorzieningen. Daarnaast kunnen schelpen van dode mosselen in buizen tot verstopping leiden bij rigoureuze bestrijdingsacties waarbij grote hoeveelheden schelpen loskomen. Hoe groter de foulingdruk door mosselen, hoe meer inspanning het kost voor bijvoorbeeld drinkwaterbedrijven om hun processen optimaal te laten verlopen (Van Mook, 2014).

Informatie over de kosten is voor relatief veel Nederlandse bedrijven niet goed bekend noch publiekelijk toegankelijk (persoonlijke mededelingen A. Gittenberger, 2015; M. Bruijs, 2015). In Noord-Amerika werd tussen 1989 en 2004 een geschat bedrag van 267 miljoen dollar besteed aan het voorkomen en mitigeren van dreisseniden aangroei in energiecentrales en waterzuiveringsinstallaties (Connelly et al., 2007). Dit bedrag is echter niet te vertalen naar de kosten in Nederland vanwege verschillen in type en de locatie van de bedrijven.
Figuur 3.16. Overzicht van kosten-items gerelateerd aan biofouling voor elektriciteitscentrales (aangepast naar persoonlijke communicatie M. Bruijs).

Aangroei van ongewenste organismen wordt door een groot scala aan bestrijdingstechnieken voorkomen. De toe te passen techniek is afhankelijk van kosten en technische mogelijkheden voor een specifieke installatie. Chloorbleekloog is wereldwijd een veelgebruikt biocide om ongewenste aangroei te bestrijden en te voorkomen, zo ook in Nederland, maar ook andere chemische en fysieke methoden worden toegepast (Bruijs & Jenner, 2006; Bruijs et al., 2010; Van Mook, 2014). Door de invasie van nieuwe soorten organismen kan het zo zijn dat de beschikbare technieken onvoldoende effectief blijken om deze nieuwe organismen te bestrijden. De quaggamossel wijkt bijvoorbeeld af wat betreft de voorplantingsperiode en schelpgrootte ten opzichte van de driehoeksmossel, waardoor de bestrijding in veel gevallen anders ingericht moet worden.

De quaggamossel kan nuttig zijn voor het filteren van vervuild water, zoals bij waterzuiveringsbedrijven. Onderzoek toonde aan dat quaggamosselen kunnen overleven en groeien in het effluent van een rioolwaterzuivering, mits de zuurstofconcentratie hoog genoeg is (Van der Jagt et al., 2014). Een bijkomend economisch probleem zijn de mogelijke schadeclaims door naburige bedrijven bij de organisatie of opdrachtgever die de soort opzettelijk uitzet in watergebieden, vanwege de impact van quaggamosselen op de bedrijfsvoering van installaties (persoonlijke mededeling A. Gittenberger, 2015). Grootschalige onttrekkers van oppervlaktewater zijn voornamelijk gelegen aan stromende (Rijks)wateren vanwege de beschikbaarheid van voldoende (koel)watercapaciteit. Op de meeste van deze locaties lijkt de quaggamossel inmiddels al aanwezig te zijn. Voor oppervlaktewatergebruikers kunnen in de toekomst problemen ontstaan op locaties waar de quaggamossel nog niet is geïntroduceerd, zowel in natuurlijke als kunstmatige wateren (persoonlijke mededeling M. Bruijs, 2015).

**Conclusie**

Quaggamosselen zijn ecosysteembouwers in zoetwatersystemen. De introductie en toename van quaggamosselen in een watergebied heeft effecten op de integriteit van het ecosysteem door invloed op biotische en abiotische factoren. Veel van deze effecten zijn afhankelijk van de dichtheid van de mosselen in een watersysteem. In Nederland zijn meerdere effecten in het milieu waargenomen bij een toename van quaggamosselen, afhankelijk van de omgevingsfactoren, zoals de toename in helderheid van water, blauwalgenbloei, aanhechting op inheemse unioniden, wegringen van de driehoeksmossel en een verschuiving in vissoorten. Andere effecten van dreisseniden zijn voornamelijk geobserveerd in het noordoosten van Noord-Amerika, zoals verandering in fytoplanktonsoortensamenstelling door selectief filtergedrag van quaggamosselen, voor- en nadelen voor macro-evertebraten en de vergiftiging van watervogels door het overbrengen van sporenvormende bacteriën.

Het klimaat op de grens van de Verenigde Staten en Canada komt overeen met dat in het oorspronkelijke verspreidingsgebied in de Ponto-Kaspische regio. Binnen de bandbreedte van deze klimaatregio’s vallen ook de sneeuw-, regen-, en temperaturomstandigheden van Nederland, waardoor te verwachten is dat de effecten op ecosystems die geobserveerd zijn in Noord-Amerika ook in Nederland kunnen plaatsvinden. In vergelijking met Noord-Amerika zijn echter relatief weinig meetdata beschikbaar over de exacte effecten van de quaggamossel op watersystemen in Nederland. Hierdoor is belangrijk dat de mogelijke verschillen in watersystemen, zoals diepe, koude meren in de Verenigde Staten en ondiepe, warmere meren in Nederland, worden meegenomen in de beoordeling van ecologische risico’s.

Overige effecten van de quaggamossel vinden onder andere plaats op de volksgezondheid, industri, visserij, infrastructuur en recreatie. De quaggamosselen begroeien en verstopen onder andere (koel)watersystemen, leidingen, pompen, gemalen en duikers. Naast de (gedeefde) kosten door de impact op bedrijfsvoering, zijn er ook aanzienlijke kosten door maatregelen ter preventie van aanhechting en door schoonmaakacties om de aangroei fysiek te verwijderen. Een bijkomend economisch probleem zijn de mogelijke schadeclaims door naburige bedrijven bij de organisatie of opdrachtgever die de soort opzettelijk uitzet in watergebieden.
3.2 Effectbeoordeling en risicoclassificatie

3.2.1 ISEIA-protocol

_Huidige situatie in Nederland_
Met behulp van het ISEIA-protocol heeft het deskundigenpanel een effectbeoordeling en risicoclassificatie uitgevoerd op basis van alle beschikbare kennis over de effecten van de quaggamossel in Nederland en het buitenland zoals aangegeven in de risico-inventarisatie (§3.1). Dit protocol is alleen gericht op de beoordeling van de negatieve effecten. De resultaten van de beoordeling en classificatie zijn samengevat in Tabel 3.4.

_Tabel 3.4: Consensus risicoscores en -classificatie van de quaggamossel voor de huidige en toekomstige situatie in Nederland._

<table>
<thead>
<tr>
<th>Quaggamossel huidige en toekomstige situatie</th>
<th>Consensus scores</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Dispersie potentieel / invasiviteit</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>Kolonisatie van waardevolle habitats</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>Directe en indirecte negatieve effecten op inheemse soorten</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>1. Predatie/begrazing</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>2. Verstoring en competitie</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>3. Overdracht van parasieten en ziektes</td>
<td>DD</td>
</tr>
<tr>
<td>4. Genetische effecten (hybridisatie / introgressie met inheemse soorten)</td>
<td>NR*</td>
</tr>
<tr>
<td>Directe of indirecte verandering van ecosysteem functies</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>1. Modificatie van nutriëntencyclus voorraad hulpbronnen</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>2. Fysische modificatie van habitat (hydraulisch regiem, turbiditeit, licht interceptie, vernietiging kraamkamers vis etc.)</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>3. Modificatie van natuurlijke successie</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>4. Ontwrichting voedselketens</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>Totaal score</td>
<td>12</td>
</tr>
<tr>
<td>Verspreiding</td>
<td>Wijd verspreid</td>
</tr>
<tr>
<td>Risicoclassificatie</td>
<td>A3</td>
</tr>
</tbody>
</table>

_DD: datadeficiëntie; NR: niet relevant; *: mogelijk wel hybridisatie met uitheemse driehoeksmossel_

_Dispersiepotentieel en invasiviteit_
Voor dit criterium is de quaggamossel door het deskundigenpanel beoordeeld als een soort met een _hoog risico_ (score 3). De quaggamossel heeft zich in Nederland en enkele andere West-Europese landen in een periode van tien jaar zeer snel en wijd verspreid en is zich nog steeds aan het uitbreiden. De geschatte dispersiesnelheid van de quaggamossel is veel groter dan 1 km per jaar (namelijk 23 - 105 km per jaar bij stroomopwaartse verspreiding). De soort kan zich passief verspreiden via waterstromingen en aanhechting aan allerlei materialen. Daarnaast zijn ook talrijke vectoren voor de verspreiding van de quaggamossel bekend. De snelle verspreiding stroomopwaarts in vaarwegen toont bijvoorbeeld dat de soort zich ook via menselijke vectoren kan verspreiden (zoals de beroeps- en recreatiescheepvaart). Kolonisatie van hydrologisch geïsoleerde gebieden is alleen mogelijk via menselijke activiteiten (transport over land) of dierlijke vectoren (zoals watervogels of kreeften).

_Kolonisatie van waardevolle habitats_
De quaggamossel is onder andere aangetroffen in alle grote rivieren en veel nevengeulen, uiterwaardplassen die zijn verbonden met een rivier, grote meren (zoals het Markermeer en
IJsselmeer) en diverse kleinere meren die verbonden zijn met een scheepvaartroute. Veel van deze watersystemen maken deel uit van een Natura 2000-gebied op grond van de Europese Habitatrichtlijn (1992) en Vogelrichtlijn (1979) en/of de ecologische hoofdstructuur (EHS) van Nederland. Daarom is de quaggamossel voor het criterium ‘kolonisatie van waardevolle habitats’ beoordeeld als een soort met een hoog risico (score 3).

**Directe of indirecte negatieve effecten op biodiversiteit**

De quaggamossel kan hoge dichtheden bereiken op harde substraten en dichte matten vormen op onderwaterbodems. De quaggamossel filtert zijn voedsel uit het water en bij hoge dichtheid verandert daardoor de plankton samenstelling en –biomassa sterk (predatie en begrazing). Daarnaast is in dergelijke gevallen ook sprake van competitie om voedsel met andere soorten. Het effect van de quaggamossel op de dichtheid van een aantal inheemse soorten is zeer waarschijnlijk groter dan 80% en onomkeerbaar zo lang als de quaggamossel aanwezig is. Selectieve filtering van algen kan eventueel leiden tot de dominantie van ongewenste algensoorten, zoals blauwalgen van het genus *Microcystis* die toxisch kunnen zijn voor waterdieren en mensen. Blauwalgenbloei in het Eemmeer in 2014 is mogelijk gerelateerd aan de aanwezigheid van quaggamossen in het gebied, echter over het selectieve filtergedrag van de mossel in Nederlandse wateren is nog weinig bekend. De introductie van de quaggamossel wordt in Noord-Amerika beschouwd als een belangrijke oorzaak van de (regionale) extinctie van diverse zeldzame zoetwatermosselsoorten (unioniden). Hierbij speelt de dichte begroeiing van hun schelpen en daardoor het blokkeren van de sifons en voedselcompetitie met de quaggamossel een belangrijke rol. In Nederland is een negatief effect van de quaggamossel op de groei en leeftijd van de inheemse schildersmossel (*U. pictorum*) en vijvermossel (*A. anatina*) aangetoond. Dichte begroeiingen van hard substraat en dikke matten van quaggamossen op de waterbodem vormen schuilplekken voor uitheemse kreeftachtige (gammariden) en vissen zoals de zwartbekgrondel (*N. melanostomus*). Daarnaast vormt de quaggamossel ook stapelvoedsel voor invasieve grondels. Hierdoor wordt de vestiging van andere invasieve exoten gefaciliteerd en treden ook secundaire effecten op inheemse soorten op. Op basis van de bovenstaande informatie zijn de risico’s op ongewenste effecten van de quaggamossel door sterke ‘predatie en begrazing’ en ‘verstoring en competitie’ beoordeeld als hoog (score 3).

Uit de literatuur is bekend dat de quaggamossel als tussengastheer talrijke parasieten kan overdragen die gevaarlijk zijn voor andere aquatische soorten. Het is waarschijnlijk dat de quaggamossel een vergelijkbare rol heeft als de driehoeksmossel. Voor de Nederlandse situatie is echter geen informatie beschikbaar over de aanwezigheid en overdracht van parasieten door de quaggamossel en de gevolgen daarvan voor de biodiversiteit. Daarom is bij het criterium ‘overdracht van parasieten en ziektes’ aangegeven dat er sprake is van datadeficiëntie (DD).

Op grond van buitenlandse informatie lijkt het echter wel waarschijnlijk dat ook in Nederland effecten van parasieten en ziektes optreden als geïnfecteerde quaggamossen zijn of worden geïntroduceerd. Daarom zou voor dit risicocriterium ook de beoordeling aannemelijk (score 2) op basis van ‘best professional judgement’ mogelijk zijn. Om dit belangrijke kennishiaat voor de Nederlandse situatie te duiden verdiende het oordeel ‘datadeficiëntie’ echter de voorkeur.

Het criterium ‘Genetische effecten (hybridisatie / introgressie) op inheemse soorten’ is niet relevant voor de risicobeoordeling van de quaggamossel omdat in Nederland geen nauw verwante soorten inheems zijn. Er is wel een melding dat de quaggamossel kan hybridiseren met de driehoeksmossel maar de literatuur hiervoor is tegenstrijdig. De driehoeksmossel is ook in Nederland geïntroduceerd en wordt beschouwd als een ingeheurderde exoot.
Bij beoordeling van een ISEIA-sectie met meerdere effectcriteria is de hoogste risicoscore altijd bepalend voor de risicoclassificatie. Daarom is de quaggamossel voor het criterium ‘Directe of indirecte negatieve effecten op biodiversiteit’ beoordeeld als een soort met een **hoog risico** (score 3).

**Directe of indirecte verandering van ecosysteemfuncties**
De quaggamossel kan zeer hoge dichtheden op harde substraten bereiken en vormt ook dikke matten op de bodem van watersystemen. Door de hoge filtercapaciteit van de quaggamossel nemen de planktonische algen en het zwevend organisch materiaal in water sterk af (‘bottom up’ controle) en treedt een sterkere koppeling op van pelagische- en bodemprocessen. De soort heeft daardoor een grote invloed op de nutriëntencyclus en hulpbronnen in verschillende milieucompartimenten van het watersysteem. Uiteindelijk verschuift de biomassa naar de bodem (hoog risico; score 3). De quaggamossel wordt beschouwd als een ecosysteembouwer. De soort vormt dichte matten op de bodem en op harde substraten. Bij hoge dichtheden kan een afname van de troebelheid met een hogere lichtdoordringing in helder water optreden. Daarom is het risico op fysieke modificatie van habitats beoordeeld als hoog (score 3). Organische stof bezint als (pseudo)feces van de quaggamossel naar de bodem waardoor de voorheen minerale bodem organisch wordt. Door eerdergenoemde effecten op de biodiversiteit en fysieke modificatie van habitats treedt ook ontwrichting op van de voedselketens (hoog risico; score 3). Door de omslag van door algen gedomineerde of troebele watersystemen naar heldere wateren met ondergedoken waterplanten verandert de natuurlijke successie van ecosystemen (hoog risico; score 3). Bij de beoordeling van een ISEIA-sectie met meerdere effectcriteria is de hoogste risicoscore bepalend voor de risicoclassificatie. Daarom is quaggamossel voor ‘Directe of indirecte verandering van ecosysteemfunctie’ beoordeeld als een soort met een **hoog risico** (score 3).

**Toekomstige situatie in Nederland**
De verwachting van het deskundigenpanel is dat de verspreiding van de quaggamossel in Nederland de komende jaren nog verder toeneemt bij ongewijzigd beleid en dat meer waardevolle habitats worden gekoloniseerd (zoals wateren in Natura 2000-gebieden). Naar verwachting nemen de dichtheden van de quaggamossel nog verder toe in watersystemen met geschikt habitat en daardoor ook de (in)directe effecten op de biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen. Omdat de quaggamossel invasief is in gebieden met een warmer klimaat dan Nederland (bijvoorbeeld het westen van de Verenigde Staten van Amerika) zullen de risicoscores voor de directe en indirecte effecten van de soort zeer waarschijnlijk niet veranderen bij klimaatverandering.

**Huidige en toekomstige situatie in Nederland**
Met het ISEIA-protocol is bepaald dat de milieurisicoscore van de quaggamossel voor zowel de huidige als toekomstige situatie in Nederland 12 bedraagt (Tabel 3.4). In paragraaf 3.1.3 is geconcludeerd dat de soort in Nederland al wijd is verspreid. De verspreiding van de quaggamossel zal de komende jaren nog verder toenemen in Nederland. Volgens het BFIS-lijst systeem, dat in België maar niet in Nederland wordt gebruikt, classificeert de quaggamossel daarmee als een A3-soort die in aanmerking komt voor plaatsing op de Zwarte-lijst (Figuur 3.17).
Figuur 3.17: De risicoclassificatie van de quaggamossel (aangegeven met X) voor zowel de huidige als toekomstige situatie in Nederland volgens het BFIS-lijstsysteem.

3.2.2 Harmonia+-protocol
De beschikbare informatie over de verspreiding, vestiging en effecten van de quaggamossel in Nederland en andere gebieden met een vergelijkbaar klimaat is ook gebruikt voor de effectbeoordeling en risicoclassificatie met behulp van de internetversie van het Harmonia+-protocol. De consensusscores van het deskundigenpanel voor de risico’s van de quaggamossel in Nederland en de mate van zekerheid van de beoordeling zijn vermeld in Tabel 3.5.

Huidige en toekomstige situatie in Nederland
Met behulp van twee rekenmethoden in het Harmonia+-protocol (gemiddelde en maximale effectscore per risicocategorie) zijn voor diverse risicocategorieën de risicoscores voor de quaggamossel in Nederland berekend (Tabel 3.6 en 3.7). Daarbij is tevens de mate van zekerheid weergegeven. De invoerwaarden voor de effectbeoordeling en risicoclassificatie met de huidige online versie van Harmonia+ zijn bepaald door het deskundigenpanel (consensuswaarden weergegeven in Tabel 3.5). In beide berekeningen zijn alle criteria en effectscores gelijk gewogen (weegfactor 1; standaardinstelling Harmonia+). Hoewel de twee gebruikte rekenmethoden resulteren in verschillen in risicoscores en mate van zekerheid, zijn de daarop gebaseerde risicoclassificaties van de soort gelijk. De invasiescore, effectscore en totale risicoscore van de quaggamossel zijn in beide gevallen hoog. Dit komt overeen met de beoordeling volgens het ISEIA-protocol. De Harmonia+-resultaten tonen dat de risico’s van introductie, vestiging, verspreiding en ongewenste effecten op biodiversiteit, functioneren van ecosистемen en overige maatschappelijke effecten hoog zijn. De risico’s voor de volksgezondheid zijn matig en de risico’s voor de veeteelt en plantenteelt in Nederland zijn laag. De risico’s voor ecosysteemdiensten worden met behulp van de huidige versie van het Harmonia+-protocol wel beoordeeld, maar nog niet meegenomen in de berekeningen van de risicoscores. De beoordeling van de potentiële gevolgen van klimaatverandering toont dat de risicoclassificatie van de soort voor de toekomstige situatie (bij ongewijzigd beleid) zeer waarschijnlijk gelijk blijft (Tabel 3.5: A34-41).
Tabel 3.5: Consensusscores voor de risico’s van de quaggamossel in Nederland met behulp van het Harmonia*-protocol en de mate van zekerheid.

**Risicobeoordeling**

<table>
<thead>
<tr>
<th>Context</th>
<th>Risicocategorie</th>
<th>Risico</th>
<th>Zekerheid</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>A01. Beoordelaar(s)</td>
<td>A06. Waarschijnlijkheid introductie via natuurlijke dispersie</td>
<td>Hoog</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A02. Soortnaam</td>
<td>A07. Waarschijnlijkheid onbewuste introducties</td>
<td>Hoog</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A03. Gebied</td>
<td>A08. Waarschijnlijkheid bewuste introducties</td>
<td>Hoog</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A04. Soortstatus in gebied</td>
<td>A09. Klimaatomstandigheden voor vestiging</td>
<td>Optimaal</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A05. Risicodomeinen</td>
<td>A10. Habitatomstandigheden voor vestiging</td>
<td>Optimaal</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>Auteurs risicoanalyse voor NVWA</td>
<td>A11. Natuurlijke dispersiecapsiteit voor secundaire verspreiding</td>
<td>Hoog</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>Milieu</td>
<td>A12. Frequentie secundaire verspreiding door mens</td>
<td>Hoog</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A17. Effecten integriteit ecosysteem door veranderen abiotiek</td>
<td>A18. Effecten integriteit ecosysteem door veranderen biotiek</td>
<td>Hoog</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>Plantenteelt</td>
<td>A19. Effecten teeltplanten door predatie, parasitisme of herbivorie</td>
<td>N.v.t.</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A22. Effecten integriteit teelsystemen</td>
<td>A23. Effecten teeltplanten door overdracht parasieten of pathogenen</td>
<td>Erg laag</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>Volksgezondheid</td>
<td>A28. Effecten volksgezondheid bij contact door gevaarlijke stoffen</td>
<td>Laag</td>
<td>Matig</td>
</tr>
<tr>
<td>A29. Effecten volksgezondheid door overdracht parasieten of pathogenen</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Overige effecten</td>
<td>A30. Effecten infrastructuur etc.</td>
<td>Hoog</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>Ecosysteemdiensten</td>
<td>A31. Provisie</td>
<td>Matig negatief</td>
<td>Matig</td>
</tr>
<tr>
<td>A32. Regulering</td>
<td>A33. Cultureel</td>
<td>Matig positief</td>
<td>Matig</td>
</tr>
<tr>
<td>Affect klimaatverandering</td>
<td>A34. Introductie</td>
<td>Geen</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A35. Vestiging</td>
<td>A36. Verspreiding</td>
<td>Geen</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A37. Milieueffecten</td>
<td>A38. Plantenteelt</td>
<td>Geen</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A39. Veeteelt</td>
<td>A40. Volksgezondheid</td>
<td>Geen</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
<tr>
<td>A41. Overige effecten</td>
<td>n.v.t.: niet van toepassing</td>
<td>Geen</td>
<td>Hoog</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Quaggamossel (Dreissena rostriformis bugensis) | Uitheems en gevestigd in het wild | Milieu en volksgezondheid
Tabel 3.6: Risicoscores van de quaggamossel in Nederland en zekerheid daarvan volgens de rekenmethoden van het Harmonia+ protocol op basis van de gemiddelde effect score per risicocategorie. De risicoclassificaties en gerelateerde kleurcodes zijn vervolgens bepaald op basis van de methodiek in Tabel 2.2.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Risicocategorie</th>
<th>Risicoklasse</th>
<th>Risicoscore</th>
<th>Zekerheid</th>
<th>Zekerheidscore&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Introductie&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Vestiging&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Verspreiding&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,88</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Milieu&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,75</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,83</td>
</tr>
<tr>
<td>Plantenteelt&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Laag</td>
<td>0,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Veeteelt&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Laag</td>
<td>0,13</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,75</td>
</tr>
<tr>
<td>Volksgezondheid&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Matig</td>
<td>0,38</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,75</td>
</tr>
<tr>
<td>Overige&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,75</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Invasiescore&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,96</td>
<td>n.v.t.</td>
<td>n.v.t.</td>
</tr>
<tr>
<td>Effectscore</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,75</td>
<td>n.v.t.</td>
<td>n.v.t.</td>
</tr>
<tr>
<td>Risicoscore (Invasie x effect)</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,72</td>
<td>n.v.t.</td>
<td>n.v.t.</td>
</tr>
</tbody>
</table>

<sup>1</sup>: gemiddelde effect score per categorie; <sup>2</sup>: introductie x vestiging x verspreiding; <sup>3</sup>: rekenkundig gemiddelde per categorie, n.v.t.: niet van toepassing.

Tabel 3.7: Risicoscores van de quaggamossel in Nederland en zekerheid daarvan volgens de rekenmethoden van het Harmonia+ protocol op basis van de maximale effect score per risicocategorie. De risicoclassificaties en gerelateerde kleurcodes zijn vervolgens bepaald op basis van de methodiek in Tabel 2.2.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Risicocategorie</th>
<th>Risicoklasse</th>
<th>Risicoscore</th>
<th>Zekerheid</th>
<th>Zekerheidscore&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Introductie&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Vestiging&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Verspreiding&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Milieu&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Plantenteelt&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Laag</td>
<td>0,00</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Veeteelt&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Laag</td>
<td>0,25</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Volksgezondheid&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Matig</td>
<td>0,50</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Overige&lt;sup&gt;1&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>0,75</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
</tr>
<tr>
<td>Invasiescore&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>n.v.t.</td>
<td>n.v.t.</td>
</tr>
<tr>
<td>Effectscore</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>n.v.t.</td>
<td>n.v.t.</td>
</tr>
<tr>
<td>Risicoscore (Invasie x effect)</td>
<td>Hoog</td>
<td>1,00</td>
<td>n.v.t.</td>
<td>n.v.t.</td>
</tr>
</tbody>
</table>

<sup>1</sup>: maximum effect score per categorie; <sup>2</sup>: introductie x vestiging x verspreiding; <sup>3</sup>: rekenkundig gemiddelde per categorie, n.v.t.: niet van toepassing.

3.2.3 Overige risicobeoordelingen

Het literatuuronderzoek heeft uitgewezen dat ook voor Groot-Brittannië (Roy et al., 2014), de staten Oregon en New York in de Verenigde Staten (Montgomery & Wells, 2010; Adams, 2013) en Brits-Columbia in Canada (Province of British Columbia, 2015) risicobeoordelingen van de quaggamossel zijn uitgevoerd. In alle beschikbare risicobeoordelingen van de quaggamossel is de risicoscore (bijna) gelijk aan de maximum risicoscore (Tabel 3.8). In de risicobeoordelingen voor Oregon en Brits-Columbia (Canada) zijn naast de effecten op het milieu ook de economische effecten of impact op de gezondheid meegenomen. De resultaten zijn in overeenstemming met de risicoscores en risicoclassificatie van de quaggamossel voor Nederland.
Tabel 3.8: Overzicht van risicobeoordelingen van de quaggamossel in andere landen.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Soort(en)</th>
<th>Risico-score</th>
<th>Maximum score</th>
<th>Methode</th>
<th>Land</th>
<th>Beoordelingscriteria</th>
<th>Land</th>
<th>Referentie</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Quaggamossel</td>
<td>125</td>
<td>125</td>
<td>Horizon scanning</td>
<td>Groot-Britannië</td>
<td>x x x</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Quagga- &amp; driehoeksmossel</td>
<td>9</td>
<td>9</td>
<td>Pest Risk Assessment</td>
<td>Oregon, Verenigde Staten</td>
<td>x x x x x x</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Quaggamossel</td>
<td>88</td>
<td>100</td>
<td>Fish and Aquatic Invertebrates Invasiveness Ranking Form</td>
<td>New York, Verenigde Staten</td>
<td>x x x x</td>
<td>3</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Quagga- &amp; driehoeksmossel</td>
<td>30</td>
<td>30</td>
<td>Niet beschikbaar</td>
<td>Brits-Columbia, Canada</td>
<td>x x x x x x</td>
<td>4</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

*a NB: niet bekend
b Gebaseerd op het protocol dat gebruikt is door het Exotic Forest Pest Information System voor de Verenigde Staten van Amerika.

Recent heeft een ander expertpanel een compacte analyse van de (potentiële) risico’s en management-opties van de quaggamossel in Nederland uitgevoerd in verband met de bepaling van het Nederlandse standpunt over de plaatsing van soorten op lijst van invasieve exoten van de EU-verordening 1143/2014 (Verbrugge et al., 2015). Daarin is ook onderscheid gemaakt tussen ecologische effecten op biodiversiteit, ecosystemen en ecosysteemdiensten met de volgende risiconiveaus: geen (score 0), laag (score 1), matig (score 2) en hoog (score 3). De quaggamossel scoort in deze studie eveneens hoog voor negatieve effecten op biodiversiteit (3) en ecosystemen (3) en matig voor de effecten op ecosysteemdiensten (2). Verbrugge et al. (2015) vermelden tevens dat de soort ook overige schade veroorzaakt, zoals aangroei op infrastructuur en (plezier)vaartuigen. Er zijn geen ecologisch verantwoorde en op grote schaal toepasbare maatregelen beschikbaar voor het uitroeien van de quaggamossel als deze soort zich eenmaal heeft gevestigd in een watersysteem.
4 Uitzetcriteria quaggamossel

De quaggamossel staat in toenemende belangstelling als biologisch filter. In het recente verleden is enkele malen ontheffing van de Flora- en fauna- en faunawet (Ffw) aangevraagd voor het uitzetten van deze soort in oppervlaktewateren. Het is de verwachting dat het aantal ontheffingsaanvragen zal toenemen. In §4.1 wordt het juridische kader voor een ontheffingsverzoek ingevolge de Ffw beschreven. Op basis van de risicobeoordeling en de onafhankelijke review door wetenschappers en belanghebbenden (§2.4 en Bijlage 1) is een voorstel voor een protocol met beoordelingscriteria (beslisboom) opgesteld ter ondersteuning van het proces van ontheffingsaanvragen (§4.2). De beslisboom kan ook worden gebruikt door initiatiefnemers bij de onderbouwing van een ontheffingsverzoek voor het uitzetten van de quaggamossel in oppervlaktewater.

4.1 Juridische achtergrond ontheffingsverzoek Flora- en fauna- en faunawet

De quaggamossel wordt gezien als een biologisch middel voor het verbeteren van de waterkwaliteit door het filteren van bijvoorbeeld algen of zwevend stof uit (afval)water. Het is echter op grond van artikel 14 (lid 1) van de Flora- en fauna- en faunawet (Ffw) verboden om dieren of eieren van dieren in de vrije natuur uit te zetten. Daarnaast kan het uitzetten van quaggamossellen in een watersysteem ook (in)direct resulteren in overtreding van verbodsbepalingen in artikelen 8-12 van de Ffw (onder andere het beschadigen of verstoren voortplantings- of vaste rust- of verblijfplaatsen van beschermde soorten). Onze Minister kan ontheffing verlenen van het bepaalde bij of krachtens deze artikelen op grond van artikel 75 van de Ffw.

Bij een verzoek om ontheffing ingevolge de artikelen 8-12 van de Ffw moet zijn beschreven welke door deze wet beschermde soorten te verwachten zijn in het watersysteem en welk berschermeringsregime voor de betreffende soorten geldt (zogenaamde Tabel 1, 2 of 3 soorten). Vervolgens moet worden ingegaan op de mogelijke (in)directe gevolgen van het introduceren van quaggamosselen voor deze beschermde soorten en worden bepaald of verbodsbepalingen worden overtreden. In het geval van overtreding van een of meerdere verbodsbepalingen moet worden aangegeven welke invloed dit heeft op de staat van instandhouding van de betreffende soort(en) en is een beschrijving van de compenserende maatregelen (zoals vervangende verblijfplaatsen en vervangend leefgebied) nodig.

Bij het beschermingsregime van Ffw-doelsoorten worden drie categorieën onderscheiden:
1. Tabel 1-soorten waarvoor een generieke vrijstelling geldt (geen ontheffing verlening nodig).
2. Tabel 2-soorten die zijn onderworpen aan ontheffing verlening (tenzij gewerkt wordt conform een goedgekeurde gedragscode) en waarbij een criterium voor ontheffing verlening is dat geen afbreuk wordt gedaan aan de gunstige staat van instandhouding.
3. Tabel 3-soorten die zijn onderworpen aan een zwaar beschermingsregime en waarvoor drie cumulatieve criteria gelden voor ontheffing verlening, namelijk:
   - geen afbreuk doen aan de gunstige staat van instandhouding van de populatie van deze soorten;
   - geen andere bevredigende alternatieven aanwezig die een oplossing bieden voor het onderliggende probleem en minder schadelijk zijn voor de Ffw-soorten;
   - ontheffing mag alleen worden verleend met het oog op een bepaald belang.
4.2 Beslisboom

Het voorgestelde protocol met beoordelingscriteria voor ontheffingsaanvragen ingevolge de Ffw voor het introduceren van de quaggamossel in Nederlandse watersystemen is vormgegeven als een beslisboom met nadere toelichting (Figuur 4.1). Bij indiening van een ontheffingsaanvraag zal de beoordelende instantie (RVO.nl) bij de verantwoordelijke waterbeheerder nagaan of vanuit de Waterwet een vergunning nodig is of dat in de keurverordening nadere regels zijn gesteld aan het lozen, uitzetten of faciliteren van de quaggamossel in het betreffende oppervlaktewater. Deze afstemming is conform Afdeling 3.5 Samenhangende besluiten in de Algemene wet bestuursrecht. Hierbij kan ook de coördinatie tussen de procedures van de besluiten worden vastgesteld. De initiatiefnemer zal bij het verzoek om ontheffing ingevolge de Ffw alle benodigde informatie voor het doorlopen van de beslisboom (en eventuele andere vergunningsverzoeken) aanleveren bij de beoordelende instantie van de aanvragen (RVO.nl), die vervolgens beoordeelt of ontheffing wel of niet kan worden verleend. Dit houdt in dat de initiatiefnemer de aanwezigheid van de quaggamossel in het watersysteem inventariseert. Afhankelijk van de waterkwaliteit- en natuurdoelstellingen en de mate van isolatie van het watersysteem zal de aanvrager moeten aantonen dat het uitzetten van de quaggamossel doelmatig is. Als dit het geval is, motiveert de initiatiefnemer of al dan niet sprake kan zijn van overtredingen van verboden in het kader van de Ffw, zoals (in)directe effecten op (potentieel) aanwezige doelsoorten (zie § 4.1). Per beoordelingscriterium in de beslisboom is de benodigde informatie nader toegelicht.

![Beslisboom](image)

Figuur 4.1: Voorstel van een beslisboom met beoordelingscriteria ter ondersteuning van besluitvorming over ontheffingsaanvragen in het kader van de Flora- en faunawet voor het uitzetten van de quaggamossel in oppervlaktewateren.

Het uitzetten van de quaggamossel kan ook via secundaire verspreiding introductie in andere water-systemen veroorzaken als met in- of uitlaatwater levende mosselen (adulten, veligers, broed) terechtkomen in andere oppervlaktewateren. De beslisboom kan worden toegepast voor alle watertypen zoals
vastgelegd in de KRW, namelijk natuurlijke wateren die behoren tot de categorieën meren, rivieren en overgangs- en kustwateren (Bijlage 2) en kunstmatige wateren.

4.2.1 Aanwezigheid quaggamossel op doellocatie
Het is van belang dat de aanvrager van de ontheffing inventariseert of de quaggamossel al aanwezig is op de locatie(s) waar de soort moet worden uitgezet. Dit wordt uitgevoerd voor alle wateren waarvoor ontheffing wordt aangevraagd, ongeacht de mate van natuurlijkheid en de natuurdoelstellingen. Als de quaggamossel aanwezig is, vervolgt de initiatiefnemer de beslisboom met de stap om aan te tonen of het uitzetten van de soort doelmatig is (zie § 4.2.4). Als de soort nog niet aanwezig is, wordt gedetailleerde informatie over de natuurdoelstellingen van het water aangeleverd.

4.2.2 Natuurdoelstellingen van watersysteem
Gelet op de uitkomsten van de risicobeoordeling zou ontheffing ingevolge de Ffw niet overwogen moeten worden voor het uitzetten of lozen van de quaggamossel in wateren met een hoge (gewenste) natuurwaarden in combinatie met het gegeven dat de quaggamossel nog niet aanwezig is. Wateren met een hoge (gewenste) natuurwaarde zijn o.a. Natura 2000-gebieden, gebieden in het Natuur Netwerk Nederland en beschermd natuurmonumenten. Op basis van de risicobeoordeling zijn namelijk grote (ongewenste) effecten op de biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen te verwachten.

Voor een inventarisatie van de natuurdoelstellingen van het watersysteem zijn onder andere de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000 gebieden van belang (areaal en kwaliteit van habitattypen en populatieomvang van doelsoorten). Deze doelstellingen zijn bepaald voor specifieke habitattypen en soorten. Onder de zoetwaterhabitats vallen stillaande wateren (zeer zwakgebufferde vennen, zwakgebufferde vennen, kranswierwateren, meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, zure vennen) en stromende wateren (beken en rivieren met waterplanten, slijkige rivieroevers) (Ministerie van Economische Zaken, 2015).

Voor wateren zonder of nevengeschikte natuurdoelstellingen, zoals natuurlijke zwemplassen en stadsvijvers moet worden aangetoond of het water hydrologisch geïsoleerd ligt ten opzichte van andere watersystemen. Het is namelijk van belang te voorkomen dat de quaggamossel zich door uitzetting verspreidt naar nog niet gekoloniseerde wateren.

4.2.3 Hydrologische isolatie en introductie via verbonden wateren of vectoren
Doellocaties zonder of met een relatief lage natuurdoelstelling kunnen geïsoleerd zijn van andere watersystemen waardoor kolonisatie van de quaggamossel via een natuurlijke manier onwaarschijnlijk is. Voor deze doellocaties is de eerstvolgende stap dat de aanvrager de doelmatigheid aan de hand van de uitzetten van de mossel (zie § 4.2.4).

Als de doellocatie wel verbonden is met andere watersystemen, inventariseert de initiatiefnemer of de quaggamossel al in die verbonden wateren aanwezig is. Een bovenstroomse populatie in een verbonden watersysteem en/of (plezier)vaartuigen kunnen resulteren in introductie van de quaggamossel op de doellocatie zonder het opzettelijk uitzetten of lozen van individuen. Wanneer geen bovenstroomse populatie aanwezig is, zal de mogelijkheid tot verspreiding via antropogene vectoren, zoals aanhechting aan boten en drijvende materialen, onderzocht moeten worden door de initiatiefnemer. Als de mogelijkheid bestaat tot verspreiding van de quaggamossel via bovenstroomse populaties of antropogene vectoren is een motivering van de doelmatigheid van het uitzetten van de soort nodig (zie § 4.2.4).
In het geval de quaggamossel niet op de doellocatie voorkomt en de natuurlijke introductiekans via verbonden watersystemen zeer klein is, zou het verlenen van ontheffing niet geschikt zijn gelet op de doelstellingen van de Ffw. Het uitzetten of lozen van de quaggamossel in een dergelijk systeem kan dan leiden tot ongewenste verspreiding en significante effecten in andere watersystemen.

4.2.4 Doelmatigheid van uitzetten quaggamossel
Vanuit het algemeen milieuwerprincipie is het van belang dat de initiatiefnemer de doelmatigheid van het uitzetten van de quaggamossel op de doellocatie deugdelijk motiveert. De activiteit moet bijdragen aan de realisatie van de beoogde waterkwaliteitsdoelstellingen en niet met brongerichte of gangbare systeemgerichte maatregelen te realiseren zijn. Het oppervlaktewater moet dan geschikt zijn als habitat voor de quaggamosselen. Tevens moet bekend zijn dat de quaggamossel de ongewenste algensoorten of zwevende stoffen daadwerkelijk uit het water filtert. Hiervoor kan een laboratoriumtest met water van de doellocatie uitsluitend geven over de filtercapaciteit van de quaggamossel. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de filtratiecapaciteit van mosselen die al in het systeem aanwezig kunnen zijn. Als doelmatigheid van het uitzetten van de quaggamossel niet afdoen is gemotiveerd, zou geen ontheffing ingevolge de Ffw moeten worden aangevraagd en verleend.

4.2.5 Aanwezigheid en effecten op Ffw-doelsoorten
Bij aangetoonde doelmatigheid van het uitzetten van de quaggamossel wordt geïnventariseerd of beschermde soorten onder de Ffw (potentieel) aanwezig zijn op de doellocatie. Potentieel aanwezige doelsoorten zijn bijvoorbeeld de soorten die tijdens een inventarisatie kunnen worden gemist door lage dichtheden of die slechts tijdelijk in het waterlichaam aanwezig zijn (bijvoorbeeld een kamsalamander). Met het uitzetten van de quaggamossel wordt niet alleen het verbod op het uitzetten van dieren in de vrije natuur overtreden (artikel 14, Ffw), maar kan ook (in)direct resulteren in overtreding van de verbodsbepalingen met betrekking tot het beschadigen of versturen voortplantings- of vaste rust- of verblijfplaatsen van beschermde soorten (artikel 8-12, Ffw).

Bij afwezigheid van beschermde planten- en diersoorten en voldoende waarborging met betrekking tot hydrologische isolatie en doelmatige inzet van quaggamosselen kan ontheffing van artikel 14 Ffw voor het uitzetten van dieren in het betreffende oppervlaktewater worden overwogen.

Bij aanwezigheid van deze soorten moet de initiatiefnemer inventariseren of (in)directe negatieve effecten van de quaggamossel op Ffw-doelsoorten aan de orde zijn. Hierbij is het ook van belang of lange termijn effecten op de staat van instandhouding van relevante doelsoorten te beschouwen. De introductie van de quaggamossel is meestal onomkeerbaar. Eliminatie is niet meer mogelijk of zeer kostbaar als de soort zich eenmaal heeft gevestigd (Verbrugge et al., 2015). Omdat de quaggamossel een ecosysteembouwer is, kan het uitzetten van mosselen leiden tot onomkeerbare effecten op het functioneren van het watersysteem, zoals de omslag van een onderwaterbodem met zacht substraat naar een bodem met hard substraat. Daardoor bestaat een grote kans op negatieve effecten op (potentieel) aanwezige Ffw-doelsoorten (zie hiervoor de risicobeoordeling van de quaggamossel).

Indien wordt verwacht dat wel negatieve effecten op Ffw-doelsoorten optreden, kan de aanvrager nagaan of, en zo ja welke, mitigerende maatregelen beschikbaar zijn om die effecten te reduceren. Als de aanvrager redelijkerwijs kan antwoorden dat geen effecten zullen optreden, eventueel na mitigerende maatregelen, kan ontheffing van art. 14 Ffw worden overwogen.
4.2.6 Beoordeling overtreding art. 8-12 Ffw

Een laatste toets is gewenst om de overtreding van artikelen 8-12 van de Ffw te beoordelen als wel (aanvullende) negatieve effecten op Ffw-doelsoorten worden verwacht. Deze toets is min of meer vergelijkbaar met de beoordeling van natureffecten in het kader van milieueffectrapportage (Commissie voor de milieueffectrapportage, 2015).

De aanvrager zal informatie moeten aanleveren op grond waarvan kan worden beoordeeld of aan de volgende criteria wordt voldaan:
1. Er zijn geen reële alternatieven met minder gevolgen voor de Ffw-doelsoorten om het probleem op te lossen;
2. Het direct uitzetten of indirect uitzetten via lozen van de quaggamossel dient een groot openbaar belang.
3. Het is mogelijk om de negatieve effecten van de quaggamosselen op doelsoorten te compenseren.

Ontheffing van art. 8-12 en art. 14 Ffw kan alleen worden verleend als aan de drie criteria wordt voldaan, mits de mitigatie- en compensatiemaatregelen worden uitgevoerd. Aanbevolen wordt dat de initiatiefnemer in overleg met de ontheffingverlener en beheerder van het oppervlaktewater (waterschap of Rijkswaterstaat) ook afspraken maakt over de uitvoering en evaluatie van effectmonitoring.

Ongewenste neveneffecten voor overige belanghebbenden

In aanvulling op de ontheffingsaanvraag ingevolge de Ffw wordt ook een inventarisatie aanbevolen van mogelijke ongewenste neveneffecten van het uitzetten van de quaggamossel voor overige belanghebbenden van het watersysteem. Hierbij kan gedacht worden aan naburige bedrijven met wateronttrekking waar de mossel (koelwatersystemen) kan verstoppen en aan recreanten die zich kunnen verwonden aan de mosselen.
5 Discussie

5.1 Risicobeoordeling

De effectbeoordelingen en risicoclassificaties van de quaggamossel door het panel van deskundigen met behulp van de ISEIA en Harmonia-protocolen en de beschikbare informatie uit de risico-inventarisatie resulteerden bij beide protocollen in een hoog risico voor de invasiviteit en ecologische gevolgen van deze zoetwatermossel (Workshop 1). Daarnaast is met het Harmonia-protocol het risico op sociaal-economische effecten ook hoog gewaardeerd door de betrokken deskundigen. De uitkomsten zijn in overeenstemming met riskicobeoordelingen in Groot-Brittannië en Noord-Amerikaanse staten en worden tevens gedragen door deskundigen (wetenschappers en belanghebbenden) die een onafhankelijke review van de risicobeoordeling hebben uitgevoerd (Workshop 2).

Beide risicobeoordelingsprotocollen zijn ontwikkeld voor het beoordelen en classificeren van negatieve effecten van uithemse soorten en laten eventuele positieve effecten buiten beschouwing. In de huidige rapportage is de beschikbare informatie over positieve effecten echter wel meegenomen, namelijk bij de risico-inventarisatie en de consensusvorming over de risico’s van de quaggamossel tijdens de workshop met deskundigen. Momenteel ontbreekt echter een formeel protocol of afwegingskader voor het opmaken van de kwantitatieve balans tussen positieve en negatieve effecten van invasieve exoten op biodiversiteit, functioneren van ecosystemen en overige maatschappelijke belangen. Verschillende verwachtingen van belanghebbenden van die balans tussen positieve en negatieve effecten bepalen hun risicoperceptie van het uitzetten van quaggamosselen voor het bestrijden van algen in oppervlaktewater of filteren van zwevend organisch materiaal in afvalwater.

Over het algemeen is veel informatie beschikbaar over de vestiging, verspreiding en effecten van dreisseniden in zoetwatersystemen. Naar de specifieke gevolgen van quaggamossel is echter minder vaak onderzoek gedaan dan naar de driehoeksmossel, onder andere omdat de driehoeksmossel al veel eerder uithemse gebieden heeft gekoloniseerd. Hierdoor zijn voor de effectbeoordeling en risicoclassificatie niet alle effectdata van quaggamosselen afkomstig uit Nederland. Gegevens over een verandering in fytoplanktonsoortensamenstelling door selectief filtergedrag en de voor- en nadelen voor macro-vertebraten zijn vooral afkomstig uit studies voor Noord-Amerika. Op basis van klimaat-overeenkomsten wordt verwacht dat de effecten op ecosystemen die geobserveerd zijn in rivieren en het grote merengebied op de grens van de oostelijke Verenigde Staten en Canada ook in Nederland kunnen plaatsvinden. Verschillen in watersystemen resulteren echter ook in onzekerheden omdat er in de Verenigde Staten voornamelijk diepe, koudere meren voorkomen en in Nederland vooral ondiepe, warmere meren.

Daarnaast zijn specifieke effecten vooralsnog alleen onderzocht voor de driehoeksmossel, zoals de relatie tussen de aanwezigheid van de mossel, nutriëntenconcentraties en de verandering in de dichtheid van blauwalgen in het watersysteem (Sarnelle et al., 2012). Verder zijn effecten van aanhechting op macrofauna vooral beschreven voor de driehoeksmossel (Brazner & Jensen, 2000; Van Appledorn & Bach, 2007; Fincke et al., 2009; Rosso, 2012), met uitzondering van de gevolgen van begroeiing van unioniden. Ten slotte ontbreekt gedetailleerde data voor quaggamosselen over de volgende aspecten:

- Gevolgen van matvorming en uitscheiding van toxische pseudofeces voor bodemprocessen;
- Risico’s van massamortaliteit voor remobilisatie van geaccumuleerde nutriënten en gifstoffen;

Daarnaast zijn specifieke effecten vooralsnog alleen onderzocht voor de driehoeksmossel, zoals de relatie tussen de aanwezigheid van de mossel, nutriëntenconcentraties en de verandering in de dichtheid van blauwalgen in het watersysteem (Sarnelle et al., 2012). Verder zijn effecten van aanhechting op macrofauna vooral beschreven voor de driehoeksmossel (Brazner & Jensen, 2000; Van Appledorn & Bach, 2007; Fincke et al., 2009; Rosso, 2012), met uitzondering van de gevolgen van begroeiing van unioniden. Ten slotte ontbreekt gedetailleerde data voor quaggamosselen over de volgende aspecten:

- Gevolgen van matvorming en uitscheiding van toxische pseudofeces voor bodemprocessen;
- Risico’s van massamortaliteit voor remobilisatie van geaccumuleerde nutriënten en gifstoffen;
Faciliteren van habitat voor andere invasieve uitheemse soorten (zogenoemde invasional meltdown);
Risico’s als gastheer van ziekteverwekkers voor inheemse soorten, waaronder ook soorten die van economisch belang zijn (bijvoorbeeld vissen).

Verschillen in adaptatie tussen de driehoeksmossel en de quaggamossel dragen mogelijk bij aan verschuivingen in hun dichtheid in watersystemen en gevolgen daarvan voor het ecologisch functioneren, wat het belang benadrukt voor het oplossen van kennishiaten over de quaggamossel in Nederland. Hieronder vallen zowel de ecologische effecten als de impact op de volksgezondheid, industrie, visserij, infrastructuur en recreanten. Er ontbreekt namelijk ook een overzicht van de economische schade en additionele beheerskosten door de invasie van de quaggamossel in Nederland.

Tenslotte bestaat bij waterbeheerders behoefte aan een overzicht van de implicaties van de vestiging van de quaggamossel voor het waterbeheer. Hieronder valt onder andere het mogelijke effect van de soort op de haalbaarheid van de waterkwaliteitsdoelen van de KRW. Tot nu toe is het lastig gebleken om te bepalen of en hoe scores op de verschillende kwaliteitselementen (fytoplankton, waterplanten, macrofauna en vis) van de KRW-maatlatten worden beïnvloed door de quaggamossel (Jiff, 2014). Daarnaast is behoefte aan een protocol dat aangeeft hoe om moet worden gegaan met de quaggamossel als die ongewenst aanwezig is in een watersysteem of negatieve effecten heeft op de haalbaarheid van KRW-doelen.

De risico’s van de quaggamossel voor biodiversiteit en ecosystemen zijn hoog, maar de soort geeft ook positieve effecten op het functioneren van het watersysteem. Dit gegeven maakt dat waterbeheerders zich tijdens de tweede workshop afvroegen of zij in bepaalde gevallen niets hoeven te doen, in sommige gevallen misschien moeten bestrijden en in andere gevallen misschien zelfs de vestiging faciliteren of extra mosselfilters uitzetten. De beantwoording hiervan valt echter buiten de doelstellingen van het huidige rapport en vergt aanvullend onderzoek omdat nog een aantal kennishiaten voor de Nederlandse situatie moeten worden opgelost. In de praktijk zal waarschijnlijk van situatie tot situatie moeten worden beoordeeld welke aanpak voor de quaggamossel soort nodig is voor een optimale balans van de positieve en negatieve effecten.

5.2 Uitzetcriteria

Bij de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) zijn de afgelopen jaren al enkele verzoeken gedaan voor ontheffing voor overtreding van verboden ingevolge de Ffw vanwege het uitzetten van quaggamosselen in oppervlaktewateren, onder andere:

- Het Waterschap Brabantse Delta voor het aanleggen van een mosselfilter met gekweekte quaggamosselen in de Linievijver in Breda (Brabantse Delta, 2013; Van der Jagt et al., 2014).
- De gemeente Nijmegen voor de introductie van een mosselfilter in de vijver van het Kronenburgerpark (Dutch Water Tech, 2015).

De verwachting is dat het aantal Ffw-ontheffingsverzoeken voor het uitzetten van quaggamosselen toeneemt. In verband met het zorgvuldig, efficiënt en consistent beoordelen van dergelijke ontheffingsverzoeken bestaat daarom behoefte aan eenduidige criteria voor het beoordelen daarvan. In het voorliggende rapport is op basis van een gedegen risicobeoordeling samen met wetenschappers en waterbeheerders een voorstel voor een protocol met beoordelingscriteria (beslisboom) opgezet voor het uitzetten van quaggamosselen in oppervlaktewateren. Voorgesteld wordt om initiatiefnemers
middels deze beslisboom zelf de benodigde informatie te laten aanleveren op grond waarvan de beoordelende instantie van de aanvragen (RVO.nl) vervolgens kan beslissen of een dergelijk ontheffingsverzoek ingevolge de Ffw wel of niet kan worden verleend. Het is dus van belang dat de initiatiefnemer bij het verzoek om ontheffing eerst alle benodigde informatie verzamelt, zoals gedetailleerde informatie over waterkwaliteits- en natuurdoelstellingen, hydrologische isolatie van een watersysteem, potentiële aanwezigheid van quaggamosselen in hydrologisch verbonden wateren, aanwezigheid van Ffw-lijstsoorten, doelmatigheid en maatschappelijke belang van het uitzetten, mitigatie en compensatie van eventuele ongewenste effecten. De verwachting van de opstellers is dat de beslisboom een belangrijke zelfregulerende werking zal hebben en het aantal aanvragen voor ontheffingen zal beperken, omdat op basis van de verzamelde informatie en beoordelingscriteria snel duidelijk wordt of een ontheffingsverzoek kansrijk zal zijn. De definitieve beslisboom is gebaseerd op consent van een grote groep deskundigen (auteurs van dit rapport en belanghebbenden, Bijlage 1).

De mogelijke aanwezigheid van driehoeksmosselen op de doellocatie in het watersysteem is niet als apart criterium in de beslisboom meegenomen. Wanneer de initiatiefnemer de doelmatigheid van het uitzetten van de quaggamossel in kaart moet brengen, zal wel rekening moeten worden gehouden met de filtratiecapaciteit van mosselen die al in het systeem aanwezig zijn. Eventueel zou de beslisboom ook voor het uitzetten van de driehoeksmossel kunnen dienen.

Het uitzetten van de quaggamossel kan via secundaire verspreiding ook introductie in andere water-systemen veroorzaken als bijvoorbeeld met in- of uitlaatwater levende mosselen (adulten, veligers, broed) terechtkomen in andere oppervlaktewateren. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen als de quaggamossel bij waterzuiveringsinstallaties wordt gebruikt voor aanvullende zuivering. Een oplossing is dat het gefilterde water alleen vrij van levende mosselen zou mogen worden geloosd in andere watersystemen. Dit vergt echter aanvullend onderzoek naar de technische mogelijkheden en kosteneffectiviteit van maatregelen om diverse levensstadia van quaggamosselen uit effluenten te verwijderen.

5.3 Afstemming overige juridische instrumenten

Het verlenen van een ontheffing in het kader van de Ffw sluit niet uit dat het uitzetten of lozen van de quaggamossel in strijd is met andere wettelijke kaders. Vingerende beleidsregels voor vergunning-verlening en handhaving op grond van de keurverordening van waterschappen kunnen ook een rol spelen. Initiatiefnemers hebben voor activiteiten in een watersysteem een vergunning nodig. Wanneer bijvoorbeeld waterschappen beleidsregels opstellen rondom het gebruik van exoten in hun watersystemen, zoals het uitzetten van de quaggamossel, kan het waterschap besluiten om op grond van die regels een vergunnings- of ontheffingsverzoek van een initiatiefnemer af te wijzen. Ondanks een ontheffing op grond van de Ffw mag de quaggamossel dan in het betreffende watersysteem niet worden uitgezet. Daarom wordt aanbevolen dat de beoordelende instantie bij indiening van een ontheffingsaanvraag ingevolge de Ffw nagaat en vervolgens de initiatiefnemer op de hoogte stelt van het uitzetten, lozen of faciliteren van de quaggamossel stijdig is met ander wettelijk instrumentarium voor het betreffende oppervlaktewater en eventueel aanvullend toestemming of vergunningen nodig zijn waarvoor de initiatiefnemer informatie zal moeten aanleveren.

Quaggamosselen kunnen worden ingezet voor aanvullende zuivering van afvalwater om verontreinigingen die gebonden zijn aan zwevend stof er uit te filteren (Van der Jagt et al., 2014). Bij lozingen kunnen adulten, veligers en broed met het effluent in oppervlaktewateren terecht komen. Het
is verboden om stoffen te brengen in een oppervlaktewaterlichaam, tenzij een daartoe strekkende vergunning is verleend door de minister van Infrastructuur en Milieu of het bestuur van een waterschap (artikel 1, lid a, Waterwet). Momenteel wordt in de vergunningsprocedure voor waterlozingen in het kader van de Waterwet geen aandacht besteed aan biologische vervuiling (door uitzetten of lozing van exoten) in Nederland. Ook bij het verplaatsen van bagger kan sprake zijn van de introductie van quaggamosselen en andere exoten in watersystemen waar die voorheen nog niet aanwezig waren (De Hoop et al., 2015). Aanbevolen wordt om te onderzoeken of en hoe in het kader van de Waterwet door waterbeheerders moet worden omgegaan om de risico’s op ongewenste verspreiding en effecten van invasieve exoten te beperken.

Tijdens de workshop met deskundigen is opgemerkt dat de detailhandel (vijver leveranciers, tuincentra, aquariumwinkels) en hoveniers momenteel interesse tonen in mogelijkheden voor verkoop van quaggamosselen als waterfilter voor vijvers en aquaria. Hierdoor neemt de kans toe dat ook veel particulieren de quaggamossel gaan gebruiken voor het filteren van hun vijvers en aquaria, waardoor verdere verspreiding kan optreden (bijvoorbeeld door lozen van overtollige quaggamosselen in oppervlaktewateren). Het verdient daarom aanbeveling om nader te bezien of en hoe deze ontwikkeling door de overheid in het kader van de Ffw kan worden gereguleerd. Het uitzetten van dieren en dus ook quaggamosselen is in beginsel verboden ingevolge de Ffw, maar handhaving van dit verbod zal moeilijk worden als filtersystemen met quaggamosselen massaal in de particuliere handel komen. Bovendien is van andere aquarium- en vijversoorten bekend dat deze door particulieren worden losgelaten in oppervlaktewateren.
6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Risicobeoordeling

Waarschijnlijkheid van binnenkomst
- De quaggamossel is inheems in twee rivieren van de Ponto-Kaspische regio die uitstromen in de Zwarte Zee, namelijk de Dnjepr en de Zuidelijke Boeg. In 2006 is deze soort voor het eerst waargenomen in Nederland en is waarschijnlijk al in 2004 of eerder geïntroduceerd via ballast-, bilgen-, of motorkoelwater van schepen.
- De opzettelijke introducties van de quaggamossel in stadsvijvers via begroeide kratten van elders dragen sinds kort bij aan de kolonisatie van de soort in geïsoleerde (stedelijke) wateren.

Waarschijnlijkheid van vestiging
- De quaggamossel heeft zich in Nederland snel verspreid en gevestigd op locaties die permanent in verbinding staan met het netwerk van vaarwegen, zoals de grote rivieren, kanalen en meren.
- De komende decennia wordt een verdere verspreiding verwacht in oppervlaktewateren die in verbinding staan met het netwerk van vaarwegen en wordt een toename in de dichtheid van quaggamosselen verwacht in zoete kalkhoudende watersystemen met geschikt substraat en weinig droogval. Het klimaat en watermilieu in Nederland en het oorspronkelijke verspreidingsgebied komen redelijk overeen. De omgeving- en watertemperatuur in Nederland vallen binnen de extreem waarden van het oorspronkelijke verspreidingsgebied. Toekomstige veranderingen in het klimaat, zoals hetere zomers, zullen daarom waarschijnlijk geen effect hebben op de verdere verspreiding en vestiging van de soort in Nederland.

Waarschijnlijkheid van verspreiding
- De hoge dispersiesnelheid van de quaggamossel wordt het meest waarschijnlijk gefaciliteerd door transport via binnenscheepvaart (stroomopwaartse introductie) en waterstromingen (stroomafwaartse kolonisatie).
- In Nederland zijn talrijke menselijke vectoren aanwezig, zoals drijvende materialen waaraan de mosselen zich vasthechten, waardoor een hoge kans bestaat op secundaire verspreiding van de quaggamossel.
- Verspreiding van quaggamosselen naar hydrologisch geïsoleerde wateren door natuurlijke vectoren is mogelijk maar de kans daarop is relatief klein.

Risicovolle gebieden in Nederland
- De quaggamossel komt voor in habitats met hoge natuurwaarden en het risico bestaat dat ook geïsoleerde wateren met hoge natuurwaarden (bijvoorbeeld in Natura 2000 gebieden) gekoloniseerd worden door menselijke introductie.

Effecten op biodiversiteit en functioneren ecosystemen
- De quaggamossel is een ecosysteembouwer (kan dikke matten op de bodem en dichte begroeiing op harde substraten vormen) en heeft bij hoge dichtheden in zoete oppervlaktewateren door zijn sterke filtering van zwevende organische stoffen significante effecten op de integriteit van het ecosysteem zoals biotische factoren (bijvoorbeeld afname algenbiomassa) en abiotische factoren (bijvoorbeeld toename van doorzicht, accumulatie organisch materiaal op de bodem).
- Afhankelijk van de populatiedichtheid en omgevingsfactoren veroorzaakt de quaggamossel in de Nederlandse wateren een toename in helderheid, een (mogelijke) bloei van specifieke blauwalgen,
woekering van ondergedoken waterplanten, voedselcompetitie met inheemse zoetwatermosselen (unioniden) door aanhechting op hun schelpen en een verschuiving in de samenstelling van vissoorten.

*Overige effecten*

- De quaggamosselen begroeien en verstopporen (koel)watersystemen, leidingen, pompen, gemalen, duikers en andere waterhuishoudkundige kunstwerken. Naast de (gederfde) kosten door de impact op bedrijfsvoering, zijn er ook aanzienlijke kosten door maatregelen ter preventie van aanhechting en door schoonmaakacties om de aangroei fysiek te verwijderen. Door aangroei op binnenvaartschepen en pleziervaartuigen nemen de schoonmaakkosten en het brandstofverbruik toe. Daarnaast zijn er effecten van de quaggamossel op de volksgezondheid (bijvoorbeeld bij snijwonden van badgasten), visserij (begroeiing netten en fuiken; veranderingen in visstand) en recreatie (bijvoorbeeld hinder van recreatievaart, surfers en zwemmers door ondergedoken waterplanten; hogere veiligheid door toename doorzicht).

*Effectbeoordeling en risicoclassificatie volgens het ISEIA-protocol en BFIS-systeem*

- De ecologische risico’s van de quaggamossel in de huidige en toekomstige situatie zijn door het panel van deskundigen als volgt beoordeeld:
  - Dispersie potentieel of invasiviteit. Classificatie: Hoog
  - Kolonisatie van waardevolle en/of beschermde habitats. Classificatie: Hoog
  - Negatieve effecten op inheemse soorten. Classificatie: Hoog
  - Wijzigen van ecosysteemfuncties. Classificatie: Hoog

- De combinatie van de ecologische effectbeoordeling met de (potentiële) verspreiding van de quaggamossel resulteert in een risicoclassificatie A3 voor zowel de huidige als toekomstige situatie. De soort komt in aanmerking voor plaatsing op de Zwarte-lijst.

*Effectbeoordeling en risicoclassificatie volgens het Harmonia+-protocol*

- De beoordeling van de quaggamossel door deskundigen op basis van de beschikbare kennis heeft geresuleerd in de volgende risicoscores:
  - Introductierisico: Hoog
  - Vestigingsrisico: Hoog
  - Verspreidingsrisico: Hoog
  - Risico milieueffecten: Hoog
  - Risico effecten plantenteelt: Laag
  - Risico effecten gedomesticeerde dieren en veeteelt: Laag
  - Risico effecten volksgezondheid: Matig
  - Risico overige effecten: Hoog

- De invasiescore, effectscore en totale risicoscore van de quaggamossel zijn hoog wanneer een gemiddelde of maximale effectscore per risicocategorie wordt gebruikt in de berekening. Dit komt overeen met de beoordeling volgens het ISEIA-protocol. De beoordeling van de potentiële gevolgen van klimaatverandering toont dat de risicoclassificatie van de soort voor de toekomstige situatie (bij ongewijzigd beleid) zeer waarschijnlijk gelijk blijft.

- In risicobeoordelingen voor de quaggamossel in Groot-Brittannië, de staten Oregon en New York in de Verenigde Staten en Brits-Columbia in Canada is de risicoscore (bijna) gelijk aan de maximum risicoscore. Dit is in overeenstemming met de risicoscore voor Nederland.
6.2 Uitzetcriteria

- Het uitzetten van alle (exotische) dieren, dus ook de quaggamossel, in oppervlaktewateren is in beginsel verboden op grond van artikel 14 van de Flora- en faunawet (Ffw). Als gevolg van het uitzetten van quaggamosselen voor bestrijding van algen kan ook overtreding van artikelen 8-12 van de Ffw aan de orde zijn. Conform artikel 75 van de Ffw is wel ontheffing mogelijk voor de voornoemde artikelen.

- Een voorstel voor een protocol met beoordelingscriteria voor ontheffingsaanvragen ingevolge de Ffw voor het introduceren van de quaggamossel in Nederlandse watersystemen is vormgegeven als een beslisboom met een nadere toelichting. De beslisboom kan worden toegepast voor alle watertypen zoals deze zijn vastgelegd in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) of habitats zoals vastgelegd in de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn.

- De initiatiefnemer zal bij het verzoek om ontheffing alle benodigde informatie voor het doorlopen van de beslisboom moeten aanleveren bij de beoordelende instantie van de aanvragen (RVO.nl), die vervolgens op basis van die informatie beoordeelt of ontheffing wel of niet kan worden verleend.

- Het voorstel houdt in dat de initiatiefnemer de aanwezigheid van de quaggamossel in het watersysteem inventariseert. Afhankelijk van het resultaat van de toetsing aan de waterkwaliteit- en natuurdoelstellingen en de mate van hydrologische isolatie van het watersysteem zal de aanvrager vervolgens moeten aantonen dat het uitzetten van de quaggamossel doelmatig is. Als dit het geval is, motiveert de initiatiefnemer of al dan niet sprake kan zijn van overtredingen van verboden in het kader van de Ffw, zoals (in)directe effecten op (potentieel) aanwezige doelsoorten.

- De verwachting van de opstellers is dat de beslisboom een belangrijke zelfregulerende werking zal hebben en het aantal aanvragen voor ontheffingen zal beperken, omdat op basis van de verzamelde informatie en beoordelingscriteria snel duidelijk wordt of een ontheffingsverzoek kansrijk zal zijn.

6.3 Aanbevelingen

Toepassing beslisboom

- Aanbevolen wordt dat de beoordelende instantie bij indiening van een ontheffingsaanvraag ingevolge de Ffw nagaat of het uitzetten, lozen of faciliteren van de quaggamossel strijdig is met ander wettelijk instrumentarium voor het betreffende oppervlaktewater en eventueel aanvullende instemming of vergunningen nodig zijn waarvoor de initiatiefnemer informatie zal moeten aanleveren.

- Gelet op de uitkomsten van de risicobeoordeling zou ontheffing ingevolge de Ffw niet overwogen moeten worden voor het uitzetten of lozen van de quaggamossel in wateren met (gewenste) hoge natuurwaarden (zoals in Natura 2000-gebieden) waarin de quaggamossel nog niet aanwezig is.

- In aanvulling op de ontheffingsaanvraag ingevolge de Ffw wordt met het oog op mogelijke schadeclaims ook een inventarisatie aanbevolen van mogelijke ongewenste neveneffecten van het uitzetten van de quaggamossel voor overige belanghebbenden van het watersysteem. Hierbij kan
gedacht worden aan naburige bedrijven met wateronttrekking waar de mossel (koel)waterystelsystemen kan verstoppert en aan recreanten die zich kunnen verwonden aan de mosselen.

**Afstemming overige juridische instrumenten**

- Aanbevolen wordt dat de beoordelende instantie van de ontheffingsaanvraag de initiatiefnemer op de hoogte stelt van ander wettelijk instrumentarium (bijvoorbeeld de Waterwet of de keurverordening van waterschappen) waarvoor een vergunning of toestemming nodig is en waarvoor de initiatiefnemer informatie zal moeten aanleveren.

- Aanbevolen wordt om te onderzoeken of en hoe in het kader van vergunningverlening op grond van de Waterwet door waterbeheerders moet worden omgegaan om de risico’s op ongewenste verspreiding en effecten van invasieve exoten te beperken.

- Het wordt aanbevolen om na te gaan of en hoe het gebruik van quaggamosselen als waterfilter voor particuliere vijvers en aquaria door de overheid kan worden gereguleerd (bijvoorbeeld in het kader van de Ffw).

**Verder onderzoek**

- In dit onderzoek en tijdens de workshops zijn diverse kennishiaten gesignaleerd die (deels) relevant zijn voor de beoordeling van Ffw-ontheffingsverzoeken, maar in dergelijke gevallen uiteraard door initiatiefnemers moeten worden opgelost.

- Op welke wijze bij de beoordeling van diverse kwaliteitselementen (fytoplankton, waterplanten, macrofauna en vis) in de KRW-maatlatten rekening kan worden gehouden met positieve en negatieve effecten van de quaggamossel en hoe worden deze kwaliteitselementen beïnvloed door de quaggamossel.

- Fundamenteel onderzoek naar algenselectiviteit en filtercapaciteit van de quaggamossel in verschillende typen watersystemen en de gevolgen daarvan voor de biodiversiteit en het ecologisch functioneren van de betreffende systemen.

- De gevolgen van matvorming en accumulatie van organisch materiaal, nutriënten en gifstoffen door quaggamosselen voor bodemprocessen.

- De gevolgen van massamortaliteit van quaggamosselen tijdens extreme milieuomstandigheden voor de remobilisatie van geaccumuleerde nutriënten en gifstoffen uit het mosselweefsel.

- Het systematisch rapporteren door waterbeheerders en bedrijven van schade aan gemalen, pomp systemen, kunstwerken en (koel)waterleidingen en extra bestrijdingskosten. Dit geldt ook voor andere maatschappelijke sectoren die schade ondervinden door de aangroei van de quaggamossel (scheep- en recreatievaart, visserij, etc.).

- Het opstellen van methodieken voor kwantitatieve weging van positieve en negatieve effecten van invasieve exoten op biodiversiteit, functioneren van ecosystemen, ecosysteemdiensten en overige belangen.
7 Dankwoord

Onze dank gaat uit naar de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) voor financiering van het voorliggende onderzoek (inkoopnummer 60005223 d.d. 31 augustus 2015) en Ir. W. Lammers (Coördinator Team Invasieve Exoten, Bureau Risicobeoordeling en Onderzoeksprogrammering, NVWA) voor de prettige samenwerking tijdens de uitvoering van dit project. Dit project was niet mogelijk zonder de waardevolle inbreng van alle deskundigen (wetenschappers en belanghebbenden). Tenslotte worden Peter Klok, Mervyn Roos en het Hoogheemraadschap van Rijnland bedankt voor het beschikbaar stellen van hun foto’s voor dit rapport.
8 Referenties


Bij de Vaate, A. (2010b) Some evidence for ballast water transport being the vector of the quagga mussel \textit{(Dreissena rostriformis bugensis} Andrusov 1897) introduction into Western Europe and subsequent upstream dispersal in the River Rhine. \textit{Aquatic Invasions}, 5, 207-209.


Rosso, C. (2012). Effects of *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis rostriformis* on macrobenthic communities. Universiteit van Amsterdam, p. 44.


**Bijlage 1**


<table>
<thead>
<tr>
<th>Type organisatie</th>
<th>Organisatie</th>
<th>Contactpersoon</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Onderzoek / advies</td>
<td>Stichting Bargerveen / Vertegenwoordiger</td>
<td>Hein van Kleef *</td>
</tr>
<tr>
<td>Onderzoek / advies</td>
<td>Kennisnetwerk 'Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit' (OBN)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Onderzoek / advies</td>
<td>Bureau Waardenburg</td>
<td>Martijn Dorenbosch</td>
</tr>
<tr>
<td>Onderzoek / advies</td>
<td>Deltares</td>
<td>Miquel Dionisio Pires</td>
</tr>
<tr>
<td>Onderzoek / advies</td>
<td>DNV GL</td>
<td>Maarten Brujs</td>
</tr>
<tr>
<td>Onderzoek / advies</td>
<td>GiMaRiS</td>
<td>Arjan Gittenberger</td>
</tr>
<tr>
<td>Waterschap</td>
<td>Hoogheemraadschap van Rijnland</td>
<td>Marloes van der Kamp</td>
</tr>
<tr>
<td>Onderzoek / universiteit</td>
<td>Naturalis Biodiversity Center / Radboud Universiteit</td>
<td>Gerard van der Velde</td>
</tr>
<tr>
<td>Rijksoverheid - NVWA</td>
<td>Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit</td>
<td>Wiebe Lammers</td>
</tr>
<tr>
<td>Universiteit</td>
<td>Radboud Universiteit Nijmegen</td>
<td>Frank Collas</td>
</tr>
<tr>
<td>Universiteit</td>
<td>Radboud Universiteit Nijmegen</td>
<td>Jonathan Matthews</td>
</tr>
<tr>
<td>Universiteit</td>
<td>Radboud Universiteit Nijmegen</td>
<td>Lisette de Hoop</td>
</tr>
<tr>
<td>Universiteit</td>
<td>Radboud Universiteit Nijmegen</td>
<td>Rob Leuven</td>
</tr>
<tr>
<td>Universiteit</td>
<td>Universiteit van Amsterdam</td>
<td>Arie Vonk</td>
</tr>
<tr>
<td>Waterbedrijf</td>
<td>Waternet</td>
<td>Jasper Stroom</td>
</tr>
<tr>
<td>Waterschap</td>
<td>Waterschap Hollandse Delta / Werkgroep plaagsoorten</td>
<td>Hans Sessink</td>
</tr>
<tr>
<td>Waterschap</td>
<td>Waterschap Rivierenland</td>
<td>Ronald Gylstra *</td>
</tr>
<tr>
<td>Waterschap</td>
<td>Wetterskip Fryslân</td>
<td>Marianne Thannhauser</td>
</tr>
</tbody>
</table>

* Deelnemer was verhinderd, maar heeft schriftelijk gereageerd op de conceptdocumenten.
### Bijlage 2

**Tabel A2. Natuurlijke watertypen uit de Europese Kaderrichtlijn Water waar de quaggamossel is waargenomen en met de inschatting over de geschiktheid van de watertypen voor de quaggamossel.**

<table>
<thead>
<tr>
<th>Natuurlijk watertype (KRW)</th>
<th>Code</th>
<th>Potentieel voorkomen soort</th>
<th>Quaggamossel waargenomen ¹</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td><strong>Meren</strong></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Gebufferde sloten (overgangssloten, sloten in rivierengebied)</td>
<td>M1</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Zwak gebufferde sloten (poldersloten)</td>
<td>M2</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Gebufferde (regionale) kanalen</td>
<td>M3</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Zwak gebufferde (regionale) kanalen</td>
<td>M4</td>
<td>±</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Ondiepe lijnvormig water, open verbinding met rivier / geïnundeerd</td>
<td>M5</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Grote ondiepe kanalen</td>
<td>M6</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Grote diepe kanalen</td>
<td>M7</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Gebufferde laagveensloten</td>
<td>M8</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Zwak gebufferde hoogveen sloten</td>
<td>M9</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Laagveen vaarten en kanalen</td>
<td>M10</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Kleine ondiepe gebufferde plassen</td>
<td>M11</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Kleine ondiepe zwak gebufferde plassen (vennen)</td>
<td>M12</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Kleine ondiepe zure plassen (vennen)</td>
<td>M13</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Ondiepe gebufferde plassen</td>
<td>M14</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Ondiepe grote gebufferde meren</td>
<td>M15</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Diepe gebufferde meren</td>
<td>M16</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Diepe zwakgebufferde meren</td>
<td>M17</td>
<td>±</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Diepe zure meren</td>
<td>M18</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Diepe meren in open verbinding met rivier</td>
<td>M19</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Matig grote diepe gebufferde meren</td>
<td>M20</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Grote diepe gebufferde meren</td>
<td>M21</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Kleine ondiepe kalkrijke plassen</td>
<td>M22</td>
<td>+</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Grote ondiepe kalkrijke plassen</td>
<td>M23</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Diepe kalkrijke meren</td>
<td>M24</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Ondiepe laagveenplassen</td>
<td>M25</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Ondiepe zwak gebufferde hoogveenplassen/vennen</td>
<td>M26</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Matig grote ondiepe laagveenplassen</td>
<td>M27</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Diepe laagveenmeren</td>
<td>M28</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Matig grote diepe laagveenmeren</td>
<td>M29</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Zwak brakke wateren</td>
<td>M30</td>
<td>±</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Kleine brakke tot zoute wateren</td>
<td>M31</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Grote brakke tot zoute meren</td>
<td>M32</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td><strong>Rivieren</strong></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Droogvallende bron</td>
<td>R1</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Permanente bron</td>
<td>R2</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand</td>
<td>R3</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Permanent langzaamstroomende bovenloop op zand</td>
<td>R4</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand</td>
<td>R5</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Langzaam stromende rivier/kei</td>
<td>R6</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Langzaam stromende rivier/nevengeul op zand/kei</td>
<td>R7</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Zoet getijdenwater (uitloper rivier) op zand/kei</td>
<td>R8</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Langzaam stromende bovenloop op kalkhoudende bodem</td>
<td>R9</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Langzaam stromende middenloop op kalkhoudende bodem</td>
<td>R10</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Langzaam stromende bovenloop op veenbodem</td>
<td>R11</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Langzaam stromende middenloop/benedenloop op veenbodem</td>
<td>R12</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Snelstroomende bovenloop op zand ²</td>
<td>R13</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Natuurlijk watertype (KRW)</td>
<td>Code</td>
<td>Potentieel voorkomen soort</td>
<td>Quaggamossel waargenomen c</td>
</tr>
<tr>
<td>------------------------------------------------------------------------------------------</td>
<td>------</td>
<td>---------------------------</td>
<td>---------------------------</td>
</tr>
<tr>
<td>Snelstromende middenloop/benedenloop op zand a</td>
<td>R14</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Snelstromende rivier op kiezelhoudende bodem a</td>
<td>R15</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Snelstromende rivier/nevengeul op zandbodem of grind a</td>
<td>R16</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Snelstromende bovenloop op kalkhoudende bodem a</td>
<td>R17</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Snelstromende middenloop/benedenloop op kalkhoudende bodem a</td>
<td>R18</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Estuarium met beperkt getijverschil b</td>
<td>O1</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Estuarium met matig getijverschil b</td>
<td>O2</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Kustwateren</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Kustwater, open en polyhalien</td>
<td>K1</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Kustwater, beschut en polyhalien</td>
<td>K2</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Kustwater, open en euhalien</td>
<td>K3</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
</tbody>
</table>

a Alleen op locaties met stroomsnelheid < 1,4 m/s.

b Indien saliniteit lager dan 6-8 ‰.

c Huidige waarnemingen betreffen wateren die hydrologisch verbonden zijn met rivieren of kanalen.
Bijlage 3

Tabel A3. Habitattypen uit Natura 2000 waar de quaggamossel is waargenomen en met de inschatting over de geschiktheid van het habitat voor de quaggamossel.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Habitattype</th>
<th>Code</th>
<th>Potentieel habitat</th>
<th>Quaggamossel waargenomen a</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td><strong>Zoetwaterhabitats</strong></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Zeer zwakgebufferde vennen</td>
<td>H3110</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Zwakgebufferde vennen</td>
<td>H3130</td>
<td>±</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Kranswiewateren</td>
<td>H3140</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Meren met Krabbenscheer en fonteinkruiden</td>
<td>H3150</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
<tr>
<td>Zure vennen</td>
<td>H3160</td>
<td>-</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td><strong>Stromende wateren</strong></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Beken en rivieren met waterplanten (grote</td>
<td>H3260</td>
<td>+</td>
<td>±</td>
</tr>
<tr>
<td>fonteinkruiden)</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Slikkige rivieroever</td>
<td>H3270</td>
<td>+</td>
<td>+</td>
</tr>
</tbody>
</table>

a Huidige waarnemingen betreffen wateren die hydrologisch verbonden zijn met rivieren of kanalen.