



Vlaanderen
is wetenschap

Tweekleppigen (Bivalvia) in de Zeeschelde

Verkennde monitoring en potentiële rol van
schelpdieren in de Boven-Zeeschelde

Gunther Van Ryckegem, Jan Soors

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Gunther Van Ryckegem, Jan Soors
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

Herman Teirlinckgebouw
INBO Brussel
Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel
www.inbo.be

e-mail:

Gunther.vanryckegem@inbo.be

Wijze van citeren:

Van Ryckegem G. & Soors J. (2018). Tweekleppigen (Bivalvia) in de Zeeschelde. Verken- nende monitoring en potentiële rol van schelpdieren in de Boven-Zeeschelde. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (99). Instituut voor Natuur- en Bos- onderzoek, Brussel.

DOI: doi.org/10.21436/inbor.15559786

D/2018/3241/353

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (99)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Foto cover:

Driehoeksmossels (*Dreissena polymorpha*) in de Boven-Zeeschelde (foto G. Van Ryckegem)

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

De Vlaamse Waterweg



Tweekleppigen (Bivalvia) in de Zeeschelde

Verkennde monitoring en potentiële rol van schelpdieren in de Boven-Zeeschelde

Van Ryckegem Gunther & Soors Jan

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (99)

Dankwoord/Voorwoord

In eerste instantie dank aan de Vlaamse Waterweg voor de toestemming om de bemonstering van breuksteen te laten doorgaan. Hiervoor was er een goede samenwerking met De Brandt NV. Het schip DB-17 werd ingezet onder de professionele hoede van schipper Jean Bisschop en matroos-kraanman William Clauwaert. Dank voor de 'slekken'vangst!

De VMM, en meer in het bijzonder Raf Elst en Joost Mertens, worden bedankt voor het wegwijs maken in de vele macrofaunagegevens van de VMM.

Rose Sablon (Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen) was zo vriendelijk om literatuur met ons te delen en ze zocht voor ons naar historische waarnemingen van tweekleppigen in de DaRWIN gegevens van het KBIN.

Tom Van De Neucker, dank u voor de waardevolle bijdrage met betrekking tot de waarnemingen van Bivalvia en om je ecologische kennis van schelpdieren te delen!

Samenvatting

Schelpdieren zijn in de recente geschiedenis steeds zeldzaam geweest in het zoetwater- en zwakbrakke getijdensysteem van de Schelde. Toevalige vondsten door het INBO en de regelmatige vaststelling van *Dreissena* sp. in de monitoringsgegevens van de Vlaamse Milieumaatschappij deden echter vermoeden dat schelpdieren onder de laagwaterlijn minstens lokaal abundant kunnen voorkomen en dat de Boven-Zeeschelde stilaan gekoloniseerd wordt door *Dreissena* en/of andere (aan hard substraat gebonden) tweekleppigen. Het al dan niet voorkomen van schelpdierpopulaties en in het bijzonder *Dreissena*-populaties kan relevant zijn voor de biodiversiteitontwikkeling en het systeemfunctioneren van de Zeeschelde omwille van hun potentiële ecologische impact. Vooral de rol als mogelijke voedselbron, waterfilteraars en omvormers van hard substraat tot een structuurrijkere omgeving komen hierbij op de voorgrond.

Deze pilootmonitoringsstudie beschrijft de resultaten van een tweedaagse bemonsteringscampagne van hard substraat (breuksteen en metaalslakken) in de Boven-Zeeschelde tussen Dendermonde en Melle. Een bondig overzicht over de herkenning, ecologie en de potentiële impact van de aangetroffen dominante soorten wordt gegeven.

In totaal werden 28 stalen (ongeveer 1 staal per km Schelde) onderzocht op het voorkomen van schelpdieren en geassocieerde fauna. In 19 van de 28 stalen werden levende schelpdieren gevonden. Het betrof twee soorten *Dreissena*: driehoeksmossel (*D. polymorpha*) en quaggamossel (*D. bugensis*) met respectievelijk 18/28 en 3/28 positieve stalen. Naast schelpdieren vervulde de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*), de reuzenkieuwworm (*Branchiura sowerbyi*) en een vlokreeftje *Gammarus zaddachi* de dominante macrofaunagemeenschap op de breukstenen.

De dichtheden waren over het algemeen laag (minder dan 1 tot 6 schelpen per m²), met uitschieters tot 1244 schelpen per m². Deze hoogste dichtheid werd waargenomen ter hoogte van een instromende waterloop in de Zeeschelde – vermoedelijk zorgt dit voor lokaal betere waterkwaliteit (o.a. minder turbiditeit) en reduceert het de slibdepositie op de breukstenen waardoor betere leefomstandigheden optreden. Het gehalte aan zwevende stof en de heersende dynamiek in de Zeeschelde zit wellicht dicht tegen de grenswaarde tot waar *Dreissena*-soorten kunnen voorkomen. Vermoed wordt dat de schelpdieren kunnen overleven in de troebele leefomstandigheden omdat naast hoge concentraties aan sediment er ook een hoge concentratie voedsel (vrnl. algen) beschikbaar is in de Boven-Zeeschelde.

Toepassing van literatuurgegevens over het ecologisch functioneren van de gevonden bivalven leert ons dat bivalven wellicht een beperkte ecologische impact hebben op het ecologisch functioneren van de Zeeschelde, maar dat zij lokaal wel structuurbepalend kunnen zijn op harde bestorting. De schatting is dat in de Boven-Zeeschelde momenteel tussen de 164000-984000 exemplaren driehoeksmossels leven met een biomassa van ongeveer 57 tot 344 kg; een relatief geringe potentiële voedselbron voor meerkoet en duikeenden. Deze mossels filteren naar schatting momenteel ongeveer 0.0007-0.004 % van het watervolume per dag. Daarbij produceren ze 16.8 – 100 kg per dag oneetbare sedimentdeeltjes als mucus pelets – pseudofaeces genoemd – in het Scheldewater. Dit komt overeen met een kleine fractie (geschat 0.007- 0.04 %) van het aanwezige slib in het Scheldewater tussen Dendermonde en

Melle. Indien de dichtheden in de toekomst zouden toenemen (vanaf enkele honderden per m²) kan de *Dreissena*-populatie op termijn een significante impact hebben op de waterkwaliteit van de Boven-Zeeschelde. De kans dat schelpdieren een systeemshift veroorzaken in de Boven-Zeeschelde naar een helder watersysteem wordt beschouwd als klein.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

Op basis van extrapolatie van een beperkte staalname heeft de aanwezigheid van schelpdieren (voornamelijk de exotische driehoeksmossel) in de Boven – Zeeschelde naar schatting momenteel een eerder beperkte invloed op het ecosysteemfunctioneren. De populatiegrootte kan echter sterk fluctueren tot populaties die een meetbaar effect kunnen hebben op de waterkwaliteit. Het strekt daarom tot de aanbeveling om de ruimtelijke monitoring op regelmatige tijdstippen te herhalen en in de MONEOS-monitoring te integreren.

Hiertoe kan gedacht worden aan staalnamecampagnes zoals beschreven in deze studie. Een andere optie is uitbreiding en/of afstemming van de hardsubstraatbemonstering van de VMM om deze soorten in de Boven-Zeeschelde te monitoren.

Deze pilootstudie onderzocht het potentieel belang van schelpdieren in de Boven-Zeeschelde tussen Dendermonde en Melle. Er zijn echter ook meldingen van brakwatersoorten op harde substraten zoals de japanse oester (*Crassostrea gigas*) en de brakwatermossel (*Mytilopsis leucophaeta*) in de Beneden-Zeeschelde. Momenteel is er geen kennis over de verspreiding en potentiële impact van deze soorten. Het strekt tot de aanbeveling om ook in deze zone van de Zeeschelde een gerichte campagne uit te voeren op zoek naar tweekleppigen.

Gericht onderzoek kan de potentie van de Zeeschelde als leefgebied en bijgevolg de relevantie van de schelpdieren als onderdeel van het ecologisch functioneren in kaart brengen. Een aantal onderzoeksvragen stellen zich. Welke Zeeschelde-specifieke relaties bestaan er tussen het SPM-gehalte, de filtratiesnelheid en de pseudofaecesproductie in de Zeeschelde? Welke factoren (dynamiek, SPM, ...) beperken momenteel vooral het voorkomen van deze dieren? Vanaf welke abiotische grenswaarden zou de abundantie van de soorten sterk kunnen toenemen? Wat is de mogelijke rol van de tweekleppigen in de nutriënten- en toxische stofhuishouding. Is er sprake van bioconcentratie en bioaccumulatie van bepaalde stoffen (zware metalen, PCB's,...) en bestaan er vervolgens toxische risico's voor schelpdierpredatoren?

English abstract

This study describes a first survey of Bivalvia on hard substrates (rip rap) in the Upper Sealscheldt (Belgium). A stretch of 30 km tidal fresh water river was sampled every kilometre (28 samples). In 19 of the 28 samples Bivalvia were present. The dominant species was *Dreissena polymorpha* (zebra mussel) (18/28 samples). Less frequent (3/28 samples) we also found quagga mussel (*D. bugensis*). Associated diversity was shown to be mainly Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*), *Branchiura sowerbyi* and *Gammarus zaddachi*. The densities of bivalvia was shown to be low in general (less than 1-6 ind./m²) but up to 1244 ind./m². With present day densities and extrapolations based on literature filtration rates and pseudofaeces production it is concluded that Bivalvia probably have a limited impact.

Inhoudstafel

1	Inleiding	12
1.1	Historische waarnemingen schelpdieren Boven-Zeeschelde	13
1.2	Ecologie <i>Dreissena</i> -soorten	16
2	Methode	18
2.1	Staalname	18
2.2	Labo	20
3	Resultaten.....	21
3.1	Diversiteit.....	21
3.1.1	<i>Dreissena polymorpha</i> – driehoeksmossel.....	21
3.1.2	<i>Dreissena bugensis</i> – quaggamossel	22
3.1.3	<i>Branchiura sowerbyi</i> – reuzenkieuwworm	22
3.1.4	<i>Gammarus zaddachi</i>	23
3.1.5	<i>Neogobius melanostomus</i> - zwartbekgrondel.....	23
3.2	Schelpdieren	26
3.2.1	Herkenning	26
3.2.2	Grootte, abundantie en gewicht	27
4	Potentieel belang van schelpdieren in de Boven-Zeeschelde	30
4.1	Dichtheid Boven-Zeeschelde	30
4.2	Filtercapaciteit en pseudofaecesproductie	30
4.3	Andere ecologische impact	34
4.4	Toekomstige ontwikkeling?	35
4.5	Toekomstige monitoring en onderzoek	36
5	Referenties.....	38
6	Bijlagen	41

Lijst van figuren

Figuur 1. Overzicht van de waarnemingen van <i>Dreissena</i> sp. in de VMM monitoringsdata (1994-2017) (data, VMM, bijlage 1).	13
Figuur 2. Overzicht van UTMhok ES55 (zone van historische waarnemingen van schelpdieren in de Zeeschelde – data KBIN).	14
Figuur 3. Vaartuig DB-17 van de Brandt NV en kraan waarmee de stalen genomen werden.....	18
Figuur 4. Staalname van breuksteen op de overgang matig tot ondiep water met een grijpbak.	19
Figuur 5. Inspectie van de breuksteen op aanwezige biota.....	19
Figuur 6. Staalnamepunt 10.	20
Figuur 7. Ruimtelijke distributie driehoeksmossel tijdens campagne 2018 (groen = aanwezig, rood = afwezig).	21
Figuur 8. Ruimtelijke distributie van quaggamossel tijdens campagne 2018 (groen = aanwezig, rood = afwezig).	22
Figuur 9. Reuzenkieuwworm (<i>Branchiura sowerbyi</i>)	22
Figuur 10. <i>Gammarus zaddachi</i>	23
Figuur 11. De gevangen zwartbekgrondel	24
Figuur 12. Kenmerken om de driehoeksmossel en quaggamossel te kunnen onderscheiden. A. Ventraal aanzicht, B lateraal aanzicht.	26
Figuur 13. Aziatische korfmossels – Melle september 2018 (niet verzameld tijdens hard substraat campagne 2018)	27
Figuur 14. Situering van de 29 staalnamepunten met weergave van aan- of afwezigheid schelpdieren en een abundatieklasse van aanwezigheid.....	28
Figuur 15. Gebruikte relaties tussen SPM en filtratiesnelheid (links) en tussen SPM en pseudofaecesproductie (rechts). Gebaseerd op Reeders, 1990.	32
Figuur 16. Extrapolatie van het verwachte % water gefilterd per dag (links) en het % 'slib' gefilterd en afgezet als pseudofaeces(rechts) gegeven een constante concentratie aan SPM van 100mg/l in de Boven-Zeeschelde tussen Dendermonde en Melle.....	32
Figuur 17. Mediane SPM (SSC) concentratie over de diepte (0-25% bovenste laag water) in de waterkolom met error bars tussen P25 and P75 (OMES data 2001-2010) (Vandenbruwaene et al., 2016). Zone Dendermonde (km 130) – Melle (km 160).	33
Figuur 18. Chlorofyl a (µg/l) surface plot. Zone Dendermonde (km 130) – Melle (km 160) (Maris & Meire, 2017).....	33

Lijst van tabellen

Tabel 1. Aangetroffen soorten op en tussen de breukstenen in de Boven-Zeeschelde tussen Dendermonde en Melle – juni 2018. Lijst per staalnamepunt met aantal soorten per staal en aantal stalen waarin de soort werd vastgesteld. Nabij staalnamepunt 25 werden geen stenen gevonden, enkel sediment. Staalnamepunt 27 & 28 waren zeer slibrijk (afgedekte breuksteen).	25
Tabel 2. Bepaald asvrij drooggewicht voor driehoeksmossel en quaggamossel.	29

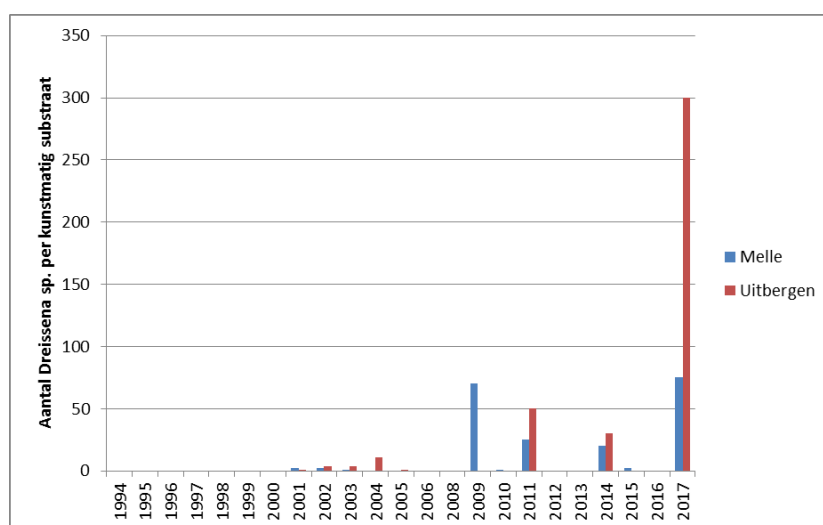
1 Inleiding

De driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) is mogelijk al sinds 1906 aanwezig in de Zeeschelde (zie 1.1). Deze exotische soort kwam met de scheepvaart mee via de kanalen vanuit oa. de Kaspische regio. Pas in 2001 duikt de soort opnieuw op in de hardsubstraatmonitoring van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en recenter waren er toevalstreffers van schelpdieren (in het bijzonder - driehoeksmossel) bij de INBO monitoring van de zachsubstraatbodemdieren (bv. Van Ryckegem et al., 2018). De quaggamossel, eveneens een exotische verwant uit oostelijke regionen, werd voor het eerst waargenomen in 2015 in de Zeeschelde.

Het al dan niet voorkomen van schelpdierpopulaties - in het bijzonder *Dreissena*-populaties - kan, door hun potentiële ecologische impact, relevant zijn voor de biodiversiteitontwikkeling en het systeemfunctioneren van de Zeeschelde (zie hoofdstuk 4).

Omdat de INBO-bemonstering een lage trefkans heeft op hard-substraatschelpdieren bestond het vermoeden dat schelpdieren onder de laagwaterlijn minstens lokaal abundant kunnen voorkomen en dat de Boven-Zeeschelde stilaan gekoloniseerd wordt. Dit vermoeden werd versterkt door de resultaten van de VMM-monitoring van kunstmatig hard substraat, een meer geschikte techniek om de diversiteit van tweekleppigen op te volgen. Figuur 1 toont de toenemende frequentie en aantallen op kunstmatig substraat in Melle en Uitbergen sinds 2001. Eerst werden slechts enkele exemplaren gevonden, maar vanaf 2008 wordt regelmatig succesvolle reproductie en dus vestiging van *Dreissena* sp.¹ vastgesteld op de kunstmatige substraten. Deze vestiging werd niet elk jaar vastgesteld (station Melle werd jaarlijks bemonsterd- 168900, Bijlage 1) maar dat heeft wellicht meer te maken met het tijdstip van bemonstering in deze jaren: juni i.p.v. juli of augustus. De vestiging van larven op de kunstmatige substraten is dan wellicht nog niet waarneembaar. Mogelijk (waarschijnlijk?) is er elk jaar reproductie geweest.

¹ VMM determineert niet tot op soortniveau maar op basis van onze staalname gaat het vermoedelijk vooral om *Dreissena polymorpha* – driehoeksmossel.



Figuur 1. Overzicht van de waarnemingen van *Dreissena* sp. in de VMM monitoringsdata (1994-2017) (data, VMM, bijlage 1).

De VMM monitoring heeft een beperkte frequentie en een lage ruimtelijke resolutie. Bovendien inventariseert de methode kunstmatig substraat gehangen in de Zeeschelde en verschaft ze weinig kennis over de natuurlijke koloniatiedichtheid in het systeem zelf.

Deze kennislacune en het potentieel groot ecologische belang van dit recent fenomeen vormde de aanleiding tot de hier gerapporteerde (pilot) bemonsteringscampagne van hard substraat in de Boven-Zeeschelde tussen Dendermonde en Melle. Eerst wordt een overzicht gegeven van de historische waarnemingen van schelpdieren in de Boven-Zeeschelde, vervolgens wordt de staalname en verwerkingsmethode van de campagne besproken en worden de resultaten toegelicht. Een laatste hoofdstuk gaat in op de vermoedelijke impact, de potentiële, toekomstige ontwikkelingen en de kennisleemtes.

1.1 Historische waarnemingen schelpdieren Boven-Zeeschelde

Onderstaande overzicht bespreekt enkel waarnemingen (literatuur) waarvan met zekerheid kan gesteld worden dat de vondst gebeurde in de Boven-Zeeschelde (Dendermonde – Gent) zelf. De historische waarnemingen van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN) moeten om twee redenen kritisch bekeken worden. Vroeger werden locaties beperkt tot gemeenteniveau of UTM-code waardoor het vaak niet zeker is of het een waarneming uit de Zeeschelde betreft dan wel uit niet-tijgebonden stukken van de Schelde, een aanpalende beek of vijver. Bovendien werden ook soms lege schelpen als waarneming geregistreerd. Alle historische waarnemingen uit de Schelde betreffen vondsten van het UTMhok ES55 (). Dit betreft het huidige tijgebonden deel van de Zeeschelde tussen Melle en Gentbrugge. Het is belangrijk te weten dat de Ringvaart en de schutsluizen te Gentbrugge pas gebouwd werden in de jaren '70 van vorige eeuw. De waarnemingen kunnen dus ook afkomstig zijn van de Boven-Zeeschelde tussen Ledeberg en Merelbeke.



Figuur 2. Overzicht van UTMhok ES55 (zone van historische waarnemingen van schelpdieren in de Zeeschelde – data KBIN).

- Dreissenidae (driehoeksmossels)
 - *Dreissena polymorpha* (driehoeksmossel)
 - Eerste waarneming KBIN 1906 (Gent) UTM-hok ES55
 - Eerste waarneming VMM 2001 (Uitbergen en Melle). In principe determineert de VMM niet tot op soort maar deze waarneming dateert van ver voor de eerste waarneming van quaggamossel in België (2009) en Nederland (2006)
 - Eerste waarneming INBO 2012 (Wichelen)
 - *Dreissena bugensis* (quagga-mossel)
 - Eerste waarneming INBO 2015 (Wintam: buiten studiegebied)
- Cyrenidae (korfmossels)
 - *Corbicula fluminea* (Aziatische korfmossel)
 - Eerste waarneming INBO 2009 (Bergenmeersen)
 - Drie maal in hyperbenthosstalen INBO 2014 & 2015 (Dendermonde)
 - Eerste waarneming VMM 2015 (Melle)
- *Pisidium* (erwtmosseltjes)
 - VMM vond éénmalig *Pisidium* sp. in 2010 (Grembergen)
 - *P. amnicum* 1867 (Gent) ES55
 - *P. subtruncatum*
 - Pisidium subtruncatum* éénmalig in ons studiegebied (Bruyndonckx et al, 2000) 1998 (Berlare, Konkelschoor).
- *Sphaerium* (hoornschalen)

- *Sphaerium rivicola* (rivierhoornschaal)

KBIN vermeldt deze soort in 1877 te Gent (ES55). Deze zeldzame, typische riviersoort zou nu in de Schelde uitgestorven zijn.

- *Sphaerium solidum* (stevige hoornschaal)

KBIN: 1875 te Gent (ES55)

- *Sphaerium* sp. 2002-2004 Uitbergen

De VMM vond deze verzamelsoort in lage aantallen thv Uitbergen in de periode 2002-2004. Het is onbekend om welke soort het gaat maar *Sphaerium corneum* is de soort die het meest te verwachten valt (mond. mededeling Joost Mertens, VMM). Keppens & Keppens (1996) vermelden deze soort ter hoogte van de Kramp maar het is niet zeker of dat een buitendijkse waarneming is.

- Unionidae (najaden)

Unionidae zijn de reuzen onder de tweekleppigen met een schelpenbreedte tot 30cm en meer maar komen waarschijnlijk niet meer voor in de (Boven-) Zeeschelde. De enige bekende Zeescheldewaarnemingen die voorliggen zijn 2 waarnemingen van eind 19^{de} eeuw (zie hieronder). Door het getij, de dynamiek, de hoge turbiditeit en het baggeren is er veel vloeibaar slib en weinig onverstoord bodem waardoor deze organismen zich waarschijnlijk niet kunnen vestigen en/of kunnen standhouden. Anderzijds komen ze meestal lokaal en in lage dichtheden voor waardoor ze kunnen gemist worden binnen de huidige monitoringsactiviteiten.

- *Unio pictorum* (schildersmossel) KBIN 1879 Gent (ES55)

- *Unio tumides* (bolle stroommossel) KBIN 1879 Gent (ES55)

Op basis van de historische inventarisatie van schelpdierwaarnemingen in de Boven-Zeeschelde (zoete en zwak brakke zone) kan besloten worden dat schelpdieren in de recente geschiedenis niet abundant aanwezig waren in het getijdengebied.

1.2 Ecologie *Dreissena*-soorten

De driehoeks- en quaggamossel zijn zoetwatermossels² die zich vestigen op hard substraat (stenen, sluisen, boeien, andere schelpen) in diep tot ondiep water (Gittenberger et al., 1998). De quagga mossel zou beter aangepast zijn aan dieper water (> 30m diep) (Karatayev et al., 2011; Karatayev et al., 2014).

Voedselselectie

Het zijn typische filterfeeders: uit het water worden alle zwevende deeltjes (SPM³) groter dan 1 µm, vooral sediment, detritus, bacteriën en algen, gefilterd (Jørgensen et al., 1984). Inwendig worden de deeltjes geselecteerd m.b.v. trilhaartjes. De oneetbare deeltjes (of overschotten of toxische (blauw)algen (Vanderploeg et al., 2001), worden met mucus (slijm) samengekit tot pellets, pseudofaeces genoemd, en weer uitgestoten via de instroomopening. De echte faeces (verteerde voedselresten) worden via de uitstroomopening geëxcreteerd. De efficiëntie van de voedselopname bij variërende SPM gehalten wordt gereguleerd door het aanpassen van de filtratiesnelheid of door het aanpassen van de pseudofaecesproductiesnelheid. *Dreissena*-soorten kunnen beide strategieën toepassen wat ze bijzonder flexibel maakt in vergelijking tot andere soorten die slechts één van beide strategieën kunnen toepassen zoals kokkel *Cerastoderma edule* (passen filtratiesnelheid aan) of de gewone mossel *Mytilus edulis* (passen pseudofaecesproductiesnelheid aan). Bij hoge concentraties aan SPM zal *Dreissena* een lage, constante filtratiesnelheid hebben, de inwendige ciliën raken snel verstopt en de mossel zal meer investeren in het afvoeren van de pseudofaeces. Bij lage concentraties aan SPM (< 40 mg/l) zal de filtratiesnelheid toenemen en neemt de pseudofaecesproductie af (Reeders, 1990). Literatuur toont aan dat er weinig effect is van watertemperatuur (tot 5°C) op zowel de pseudofaecesproductie als de filtersnelheid.

Levenscyclus

Dreissena polymorpha en *D. bugensis* hebben een vergelijkbare levenscyclus, met geslachtelijke voortplanting waarbij zowel de eitjes als het zaad worden afgezet in open water. Beide soorten hebben planktonische larven (Matthews et al., 2014) waardoor ze een groot koloniserend vermogen hebben. De productie van larven is afhankelijk van de watertemperatuur: minstens 9°C bij de quaggamossel en 12°C bij de driehoeksmossel. Hierdoor is *D. bugensis* ongeveer twee weken vroeger met het produceren van larven (bij de Vaate, 2008).

Volgens Gittenberger et al. (1998) geldt voor driehoeksmossels dat vanaf eind mei tot oktober planktonische larven kunnen worden aangetroffen. Deze larven zijn ongeveer 0.2 mm groot en kunnen met hun trilharen zwemmen. Na een week tot ongeveer 10 dagen ontwikkelt zich een doorzichtig schelpje waardoor de diertjes van ongeveer een halve millimeter naar de bodem

² Doorgaans saliniteit < 1ppm – maar de soorten kunnen zich in experimentele omstandigheden aanpassen aan hogere saliniteiten (Bij de Vaat, 2008).

³ SPM = Suspended Particulate Matter

zinken. Dit heet de broedval. In deze fase kunnen ze zich nog steeds actief met hun voet verplaatsen. Op een geschikte plek, zijnde beschut en vrij donker, kunnen ze zich dan na ongeveer een maand op een vast substraat of op een andere zoetwatermossel (bvb. Unionidae of *Corbicula's*) hechten met hun byssusdraden. Dit zou vooral in de zomermaanden gebeuren (Lucy, 2006). Dit vasthechten betekent niet dat ze zich niet meer kunnen verplaatsen; ze kunnen deze vasthechting lossen tot ver in hun ontwikkeling⁴.

Na twee maanden is de driehoeksmossel tot één cm groot, het eerste jaar groeien ze uit tot mossels van 2 à 2.2 cm. Dan neemt de groeisnelheid significant af. De meeste driehoeksmossels worden niet veel ouder dan 3 jaar, de maximum leeftijd zou 5 jaar zijn.

Schelpgroei treedt vooral op in het voorjaar (voor de broedval) en de nazomer, niet tijdens de winter en de 'broedvalperiode' (juni-augustus).

⁴ De Duitse naam is 'Wandermuschel' omwille van zijn mobiele gedrag.

2 Methode

2.1 Staalname

In totaal werden 28 stalen (van de 29 geplande staalnamepunten – punt 23 geen staalname) genomen tussen Dendermonde en Melle (zie Bijlage 2). De staalname werd uitgevoerd op 25 & 26 juni 2018 rond het moment van laagwater. De stalen werden genomen op de overgang van ondiep naar matig diep water (± 2 m onder de laagwaterlijn – grijpbak volledig in het water). De lage slikken (en de oevers een stuk onder de laagwaterlijn) tussen Dendermonde en Gent zijn meer dan 95% verhard met breuksteen. De bemonsterde breuksteenoppervlakte per staalname bedroeg ± 5 m². Aan- of afwezigheid van schelpdieren werd genoteerd. Per locatie werden de stalen geklasseerd in 4 abundantieclasses:

- Geen
- Weinig: 1-5 per 5m²
- Matig: 5-30 per 5 m²
- Veel: 30-meer per 5 m²



Figuur 3. Vaartuig DB-17 van de Brandt NV en kraan waarmee de stalen genomen werden.



Figuur 4. Staalname van breuksteen op de overgang matig tot ondiep water met een grijpbak.



Figuur 5. Inspectie van de breuksteen op aanwezige biota.

Op 9 locaties, verspreid over de gehele staalnamezone, werden stalen verzameld (niet kwantitatief) met een plamuurmes en pincet. Deze stalen werden nadien gebruikt om een idee te krijgen van de grootteverdeling van de *Dreissena*-individuen en over de met de *Dreissena*-begroeiing geassocieerde macrofaunasoorten. Op locaties met hogere densiteiten werd een densiteitsinschatting gemaakt door het aantal tweekleppigen te tellen in een frame (15x15cm) (Figuur 6).



Figuur 6. Staalnamepunt 10.

2.2 Labo

De verzamelde stalen werden getrieerd in het labo. De gevonden biota werden gedetermineerd tot op soort (behalve voor de Chironomidae en sommige juveniele Oligochaeta). De aanwezige bivalven werden voor de bepaling van de biomassa 12 uur gedroogd bij 105°C en 2h verast bij 550°C. Na drogen en verassen werden de bivalven gewogen tot op 0.0001 g nauwkeurig. Het verschil tussen beide wegingen geeft het asvrijdrooggewicht (AFDW), de biomassamaat.

Om een idee te krijgen van de aanwezige grootteklassen werd voor een aantal stalen de laterale breedte (lengte) van de schelpen gemeten (zie Figuur 12).

3 Resultaten

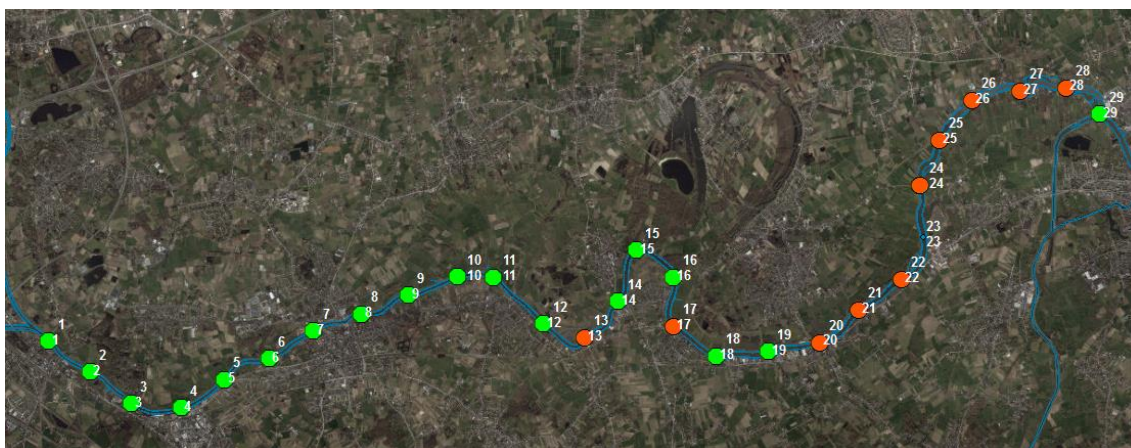
3.1 Diversiteit

In totaal werden 15 verschillende taxa genoteerd bij deze campagne (Tabel 1). Gemiddeld werden bijna vier taxa waargenomen per staalnamepunt. Het meest stroomafwaartse punt nabij Dendermonde bleek het meest soortenrijk (acht taxa), maar in de onmiddellijke nabijheid werden enkele stalen genoteerd zonder enig waargenomen taxon. Op deze locaties werd veel sediment en vooral begraven steenbestorting bovengehaald. Op 15 van de 28 stalen werden tussen de breukstenen Chinese wolhandkrabben *Eriocheir sinensis* bovengehaald. Deze soort lijkt zich tussen de stenen te verschuilen of zoekt naar voedsel tussen de stenen. Op 18 van de 28 (64%) bemonsterde locaties werden schelpdieren aangetroffen op breuksteen.

Hieronder worden de tweekleppigen en de dominante taxa besproken.

3.1.1 *Dreissena polymorpha* – driehoeksmossel

Aangetroffen in 18 van de 28 stalen.



Figuur 7. Ruimtelijke distributie driehoeksmossel tijdens campagne 2018 (groen = aanwezig, rood = afwezig).

3.1.2 *Dreissena bugensis* – quaggamossel

Aangetroffen in 3 van de 28 stalen. In twee stalen (punt 10, 11) samen met *D. polymorpha*.



Figuur 8. Ruimtelijke distributie van quaggamossel tijdens campagne 2018 (groen = aanwezig, rood = afwezig).

3.1.3 *Branchiura sowerbyi* – reuzenkieuwworm

Aangetroffen in 12 van de 28 stalen.

De reuzenkieuwworm was de vaakst gevonden Oligochaeta soort. In het veld was hij de meest opvallend aanwezige Oligochaeta door zijn grootte maar ook in de verzamelde stalen kwam deze soort het vaakst voor. In de reguliere (zacht substraat)stalen is deze soort minder vaak aanwezig en dit vooral in de hoog subtidale zone. De soort lijkt dus een voorkeur te vertonen op en tussen de stenen. Het betreft een exotische soort die afkomstig is van Oost-Azië. Deze worm is onder andere te herkennen aan de draadvormige kieuwen aan de laatste segmenten.



Figuur 9. Reuzenkieuwworm (*Branchiura sowerbyi*)

3.1.4 *Gammarus zaddachi*

In 22 van de 29 stalen werden *Gammarus*-soorten (vlokreeftjes) vastgesteld. Uit een steekproef in het labo bleek het telkens om deze soort te gaan. Het valt echter niet uit te sluiten dat er ook andere *Gammarus*-soorten in de stalen aanwezig waren. *Gammarus zaddachi* komt vaak voor in estuaria en vertoont een voorkeur voor lage saliniteit. Het is een omnivore vlokreeftensoort.



Figuur 10. *Gammarus zaddachi*

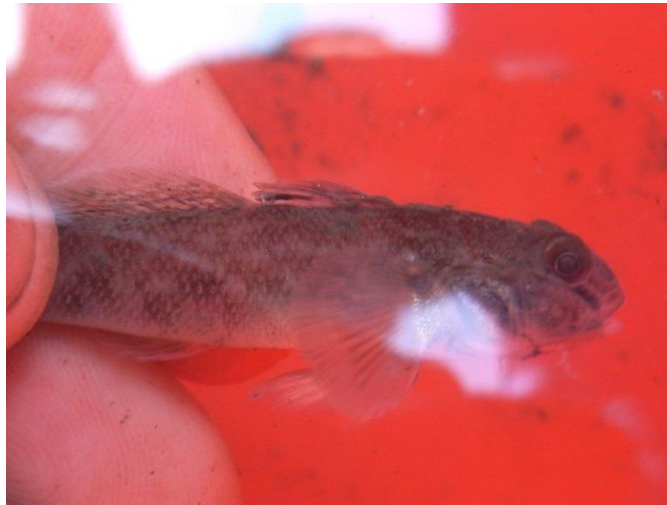
Ze komt accidenteel voor in stalen van zwak brak tot zoet met korte verblijftijd (Speybroeck et al. 2014). Dit is ongetwijfeld een zware onderschatting ; *G. zaddachi* (en andere vlokreeftjes) is vooral te vinden tussen macrophyten en stenen en wordt meestal gemist in macrobenthosstalen (Zettler & Zettler 2017).

Gammarus zaddachi is de meest algemene vlokreeft in de Zeeschelde, maar er zijn nog drie andere soorten te vinden, waarvan de niet-inheemse *Gammarus tigrinus* de meest algemene is in het zoete gedeelte. De twee soorten zijn goed te onderscheiden op basis van de beharing van de mandibelpalpen. *Dikerogammarus villosus* en *Crangonyx pseudogracilis* zijn de twee andere niet-inheemse soorten die aanwezig zijn in dit gedeelte van het estuarium.

Dikerogammarus staat bekend als een *Dreissena*-begeleidende soort, die zou profiteren van het substraat/schuilplaats dat deze bieden (Müller & Schramm, 2001). Deze soort werd tijdens deze staalnamecampagne echter niet gevonden.

3.1.5 *Neogobius melanostomus* - zwartbekgrondel

Bij één van de staalnames kwam er een zwartbekgrondel (*Neogobius melanostomus*) mee naar boven. Interessant aan deze vangst is dat het net als de *Dreissena*'s een exotische soort is die van het Pontokaspische gebied naar hier is gekomen via kanalen en/of ballastwater van boten. Van deze soort is bekend dat ze zich onder andere voedt met beide *Dreissena*-soorten (Ray & Corkum, 1997).



Figuur 11. De gevangen zwartbekgrondel

Besluit

Zoals verwacht vonden we bij deze staalname een volledig ander soortenspectrum dan bij de bemonstering van zachte substraten in de Boven-Zeeschelde. In die stalen ontbreken *Dreissena*'s en overheersen de Oligochaeta in dichtheid en biomassa.

Tabel 1. Aangetroffen soorten op en tussen de breukstenen in de Boven-Zeeschelde tussen Dendermonde en Melle – juni 2018. Lijst per staalnamepunt met aantal soorten per staal en aantal stalen waarin de soort werd vastgesteld. Nabij staalnamepunt 25 werden geen stenen gevonden, enkel sediment. Staalnamepunt 27 & 28 waren zeer slibrijk (afgedekte breuksteen).

Soort // Punt_code:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	aantal stalen met soort
<i>Branchiura sowerbyi</i>				1	1		1		1				1				1		1	1		1	1		1			1	12
Chinese wolhandkrab	1	1		1	1		1			1	1	1					1	1	1		1		1		1			1	15
Chironomidae		1	1					1		1					1	1					1		1						8
driehoeksmossel	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			1	1								1	18
<i>Eiseniella tetraedra</i>																												1	1
Enchytraeidae																												1	1
<i>Gammarus</i> sp. *		1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1			1		1		1	1		1				16
<i>Gammarus zaddachi</i>										1	1					1	1		1									1	6
<i>Limnodrilus claparedianus</i>																												1	1
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>													1								1						1		4
<i>Limnodrilus species 1</i>																											1		1
<i>Limnodrilus udekemianus</i>																					1								1
paling				1	1																							1	3
quaggamossel										1	1													1					3
zwartbekgrondel	1																												1
aantal spp./staal	3	4	3	5	5	2	4	3	2	5	4	3	3	2	3	3	3	3	4	2	4	2	5	0	6	0	0	8	

*hoogst waarschijnlijk ook *Gammarus zaddachi* maar geen labocontrole op deze vondsten

3.2 Schelpdieren

3.2.1 Herkenning

In deze staalnamecampagne waren de twee soorten *Dreissena* de enige gevonden bivalven. Deze zijn niet altijd even eenvoudig te onderscheiden van elkaar, maar vooral de vorm en de plaatsing van de byssusdraden (stevige eiwitdraden die instaan voor de vasthechting van de mossel aan het substraat zijn hiervoor belangrijk (zie onderstaande foto's).



Figuur 12. Kenmerken om de driehoeksmossel en quaggamossel te kunnen onderscheiden. A. Ventraal aanzicht, B lateraal aanzicht.

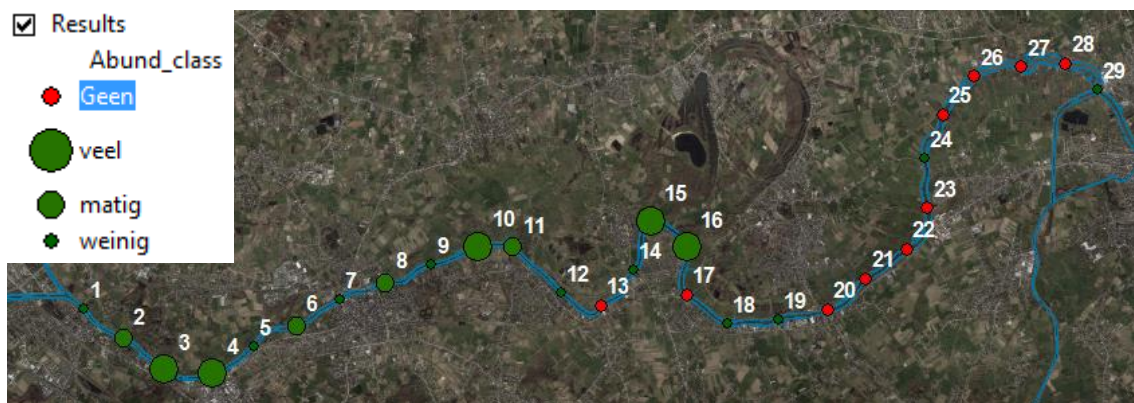
Niet aangetroffen in deze staalnamecampagne zijn Aziatische korfmossels (*Corbicula fluminea*). Deze hebben een heel andere vorm, zijn geribbeld en bij deze soort ontbreken de byssusdraden. Het lijkt erop dat korfmossels ontbreken op de harde substraten in de Zeeschelde. Van deze soort is bekend dat ze zich ingraaft in onstabiel zandig tot grindhoudend sediment van snelstromende wateren (Gittenberger et al, 1998). Deze soort is zeldzaam in het studiegebied (ongepubliceerde INBO data).



Figuur 13. Aziatische korfmossels – Melle september 2018 (niet verzameld tijdens hard substraat campagne 2018)

3.2.2 Grootte, abundantie en gewicht

Tijdens de campagne werd de abundantie van de soorten genoteerd (zie Methode). Dit leverde een ruimtelijk gedifferentieerd beeld op. Zo werden hogere dichtheden (meer dan 6 per m² - tot 1244 ind/m² op puntlocatie 10, Figuur 6) van driehoeksmossels gevonden ter hoogte van Bergenmeersen, Kalkense meersen (Schellebelle - Wetteren) en Kwatrecht. De quaggamossel was op drie vindplaatsen in lage dichtheden (minder dan 1 per m²) aanwezig. De staalname toont aan dat de huidige dichtheden sterk variëren. Ter hoogte van Bergenmeersen was een populatie aanwezig nabij de uitstroom van polderwater (van onder meer Berlarebroek & Donkmeer). Mogelijk worden dergelijke instromen gekenmerkt door lokaal lagere zwevendestofgehaltenes waardoor hier hogere dichtheden kunnen voorkomen. Het kan interessant zijn om gericht stalen te nemen en te onderzoeken of *Dreissena* zich voornamelijk op deze locaties in hogere dichtheden ontwikkelt. Verder zijn deze mossels obligaat aan hard substraat gebonden en is vooral de beschikbaarheid van dit substraat en waarschijnlijk de al dan niet bedekking ervan door sediment (en de variatie van de bedekking in de tijd) bepalend voor lokale densiteiten.



Figuur 14. Situering van de 29 staalnamepunten met weergave van aan- of afwezigheid schelpdieren en een abundantieklasse van aanwezigheid.

Om een beeld te krijgen van de grootte en het drooggewicht van de mossels werden een aantal stalen meegenomen naar het labo voor verdere metingen.

De gemiddelde lengte (=laterale breedte over langste zijde) van de driehoeksmossel was 17,9 mm (14-23 mm, n = 24). Dit was duidelijk kleiner dan de gemiddelde lengte van de onderzochte quaggamossels 22,5 mm (18-29 mm, n = 5). Quaggamossels waren minder talrijk maar gemiddeld genomen groter dan driehoeksmossels. Deze verschillen uit zich ook in het gewicht van de dieren. Gemiddeld woog (asvrijdrooggewicht) een driehoeksmossel 0.06 g en een quaggamossel 0.11 g.

De grootte van de mossels doet vermoeden dat de dieren minimaal 1 jaar oud waren. Doordat de bemonstering vroeg op het jaar werd uitgevoerd werden geen broedval of jonge mosseltjes waargenomen.

Tabel 2. Bepaald asvrij drooggewicht voor driehoeksmossel en quaggamossel.

Driehoeksmossel		
locatie	n	AFDW (g)/ex.
10	10	0.02
16	20	0.054
19	1	0.11
29	3	0.057
gemiddeld		0.060

Quaggamossel		
locatie	n	AFDW (g)/ex.
10	1	0.064
11	1	0.12
24	3	0.14
gemiddeld		0.11

Uit de huidige campagne blijkt duidelijk dat de quaggamossel slechts sporadisch voorkomt. In het buitenland is veelvuldig vastgesteld dat uiteindelijk de quaggamossel dominant wordt in *Dreissena*-populaties (bij de Vaate, 2008; Karatayev et al., 2014). Of dit ook in Zeeschelde zal gebeuren valt af te wachten, quaggamossels hebben enerzijds een competitief voordeel op basis van fysiologische efficiëntie in troebel water, anderzijds preferen ze eerder stilstaand (tot zeer diep), laagdynamisch water. De toekomst moet uitwijzen of beide soorten hun niche vinden in de Boven-Zeeschelde en naast elkaar kunnen gedijen.

4 Potentieel belang van schelpdieren in de Boven-Zeeschelde

Schelpdieren en in het bijzonder *Dreissena*-soorten zijn biobouwers ('ecosystem engineers') met potentieel grote invloed, afhankelijk van de dichtheid, op de aanwezige soorten en kunnen de schelpdieren direct of indirect bijdragen aan een wijzigingen in ecosysteem. Hieronder een kort overzicht.

4.1 Dichtheid Boven-Zeeschelde

Op basis van de kleine dataset van deze pilootstudie kan een ruwe inschatting gemaakt worden van de aantallen driehoeksmossel in de Boven-Zeeschelde.

De zone met driehoeksmossels anno 2018 situeert zich over een lengte van 15km tussen Bergenmeersen en Melle. De zone waar mossels gevestigd waren is beperkt tot het ondiep water met hard substraat (breuksteen en metaalslakken). Dit artificiële substraat is in grote hoeveelheden aanwezig in de Boven-Zeeschelde. In de geul (matig diep en diep water) komt nauwelijks hard substraat voor, ook de testgrabs genomen tijdens deze campagne bevatten alleen sediment en afval. We nemen daarom aan dat het potentieel habitat zich momenteel in de zone van het ondiep water situeert. Met de aanname dat 90% van de ondiepwater zone hard substraat is, komen we op een oppervlakte van 16.4 ha leefgebied (ecotopenkaart 2016 – Van Braeckel & Elsen, 2018). Gemiddeld is de vastgestelde abundantie matig (zie 3.2.2), gedefinieerd als 1-6 mossels per m² (zie 2.1). De inschatting is dat er momenteel in de Boven-Zeeschelde tussen de 164000-984000 exemplaren driehoeksmossels leven. Dit komt overeen met een geschat asvrij drooggewicht van ongeveer 10 à 60 kg. Op basis van een geschatte conversiefactor van 5.8 (Ricciardi & Bourget, 1998) geeft dit eenbiomassa van ongeveer 57 tot 344 kg mossels momenteel aanwezig in de Boven-Zeeschelde; een relatief kleine hoeveelheid voedsel voor meerkoeten en duikeenden. De veldwaarnemingen tonen ook aan dat de soort momenteel eerder geclusterd voorkomt, met hoge densiteiten op sommige punten en zeer lage abundantie daarrond.

4.2 Filtercapaciteit en pseudofaecesproductie

Dreissena-mossels kunnen een grote invloed hebben op de helderheid van wateren omdat ze fytoplankton, slib, detritusdeeltjes en bacteriën uit het water filteren.

De filtratiesnelheid en mate van productie van pseudofaeces wordt voornamelijk bepaald door het SPM-gehalte in het water (bv. Reeders, 1990, bij de Vaat, 2008, zie boven) en stroomsnelheden (Ackerman, 1999). Het gehalte aan zwevende stof varieert sterk langsheen de lengtes van het estuarium (Figuur 17). SPM varieert met de diepte (hogere concentratie SPM nabij bodem geul)(Figuur 17), met de getijcyclus (springtij –doodtij, hogere concentraties SPM bij springtij) en varieert binnen een getij (eb-vloed, laagst bij kentering) (Vandenbruwaene et al., 2016). De gemiddelde waarden in de Boven-Zeeschelde zijn echter zeer hoog (zelfs) voor *Dreissena* spp. en liggen rond de 100-150 mg/l. Dit is hoger dan enige literatuurreferentie die we konden vinden. De instandhouding van de soort is wellicht gekoppeld aan de hoge fractie aan voedseldeeltjes in het SPM. Zo is de biomassa (Figuur 18) en primaire productie van algen in deze zone van het estuarium zeer hoog (Maris & Meire, 2017).

Onderstaande extrapolaties zijn quick-and-dirty berekeningen gebaseerd op een zeer kleine steekproef en bijgevolg zeer grote foutenmarge. De berekeningen zijn bedoeld als indicatieve gevoeligheidsanalyse voor de mogelijke impact van de aanwezige en de mogelijk toekomstige uitbreiding van de populatie bivalven in de Boven-Zeeschelde.

Op basis van de hoge SPM-gehalten (en hoge stroomsnelheden⁵) is het de verwachting dat de filtratiesnelheid in de Boven-Zeeschelde relatief (zeer) laag is – ongeveer in de buurt van 0.1 l/dag⁶ (Reeders, 1990, bij de Vaate, 2008) (Figuur 15). Dit zou betekenen dat de aanwezige populatie ongeveer 16400-98400 l/dag filtert.

Het watervolume aanwezig tussen Bergenmeersen en Melle bij laagwater⁷ is 2.3 Mm³. Gegeven dat de ververstijd in deze zone ongeveer 1 dag⁸ bedraagt, betekent dit dat 0.0007-0.004 % van het watervolume gefilterd wordt door de aanwezige *Dreissena*. Indien de populatie zou toenemen (Figuur 16) bijvoorbeeld tot de maximaal geobserveerde dichtheid van 1244 ind/m² (~factor 1000 hoger dan anno 2018), gemeten ter hoogte van meetpunt 10, dan kan de populatie dagelijks 1% van het Scheldewater filteren.

Omgekeerd is het de verwachting dat de productie van pseudofaeces met voornamelijk slibdeeltjes (en aangehechte zware metalen, ...) hoog zal zijn. Op basis van literatuur wordt dit geschat per individu op 0.1 g/dag (Reeders, 1990⁹) (Figuur 15). Dit zou betekenen dat de aanwezige populatie ongeveer 16.8 - 100 kg pseudofaeces – ‘slibpellets’ per dag afzet in de Boven-Zeeschelde. Gegeven een SPM gehalte van 0.1 g/l is deze extractie van deeltjes uit de Boven-Zeeschelde (230000 kg ‘slib’ in suspensie aangenomen) 0.007- 0.04 % van de aanwezige fractie in suspensie. Op basis van deze extrapolaties lijkt op dit moment de invloed van de kleine populatie op de slibhuishouding in de Boven-Zeeschelde beperkt. Indien de populatie zou toenemen (Figuur 16) bijvoorbeeld tot de maximaal geobserveerde dichtheid van 1244 ind/m², dan is er potentie bij gestelde SPM concentraties om dagelijks tot 9% van het SPM uit het Scheldewater te filteren.

Bij de huidige dichtheden schatten we de ecologische impact momenteel beperkt in. Echter indien de soort op het vele beschikbare substraat hoge dichtheden kan bereiken heeft de soort potentie om het ecosysteem substantieel te beïnvloeden en kan een systeemomslag naar een minder troebel systeem mogelijk zijn.

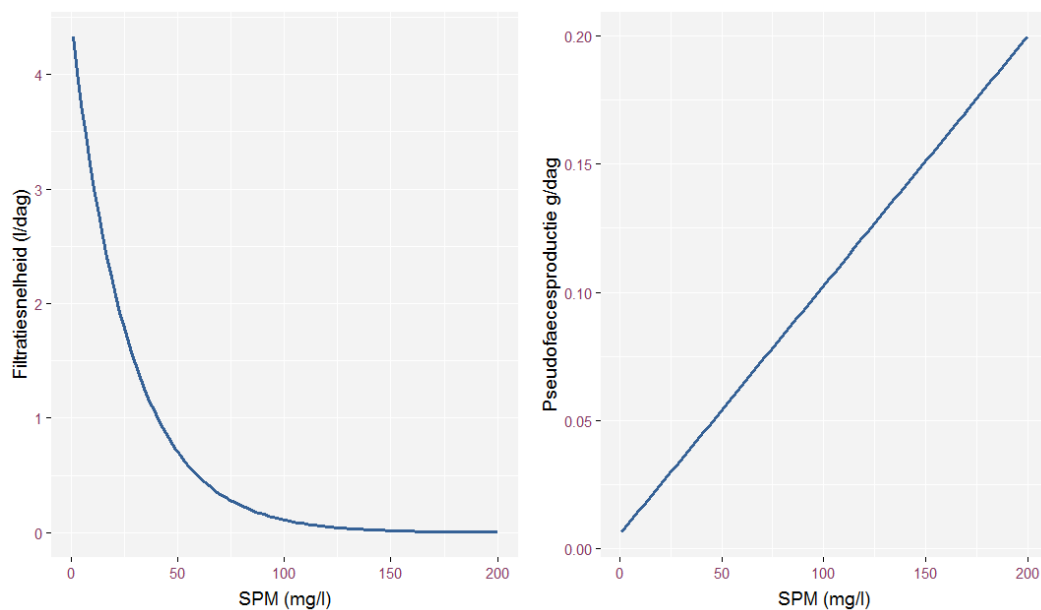
⁵ Stroomsnelheden hoger dan 0.2 m/s bleken de filtratiesnelheid negatief te beïnvloeden in laboratoriumcondities (Ackerman, 1999).

⁶ 187,1 e-0.037 SPM (mg/l) in ml per uur gefilterd door *Dreissena*.

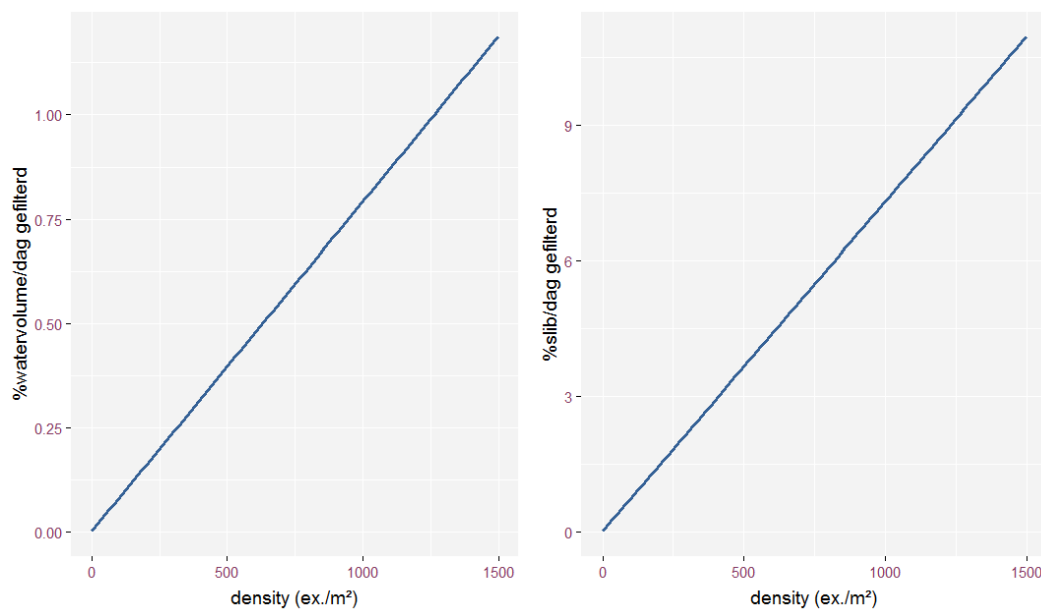
⁷ Bij benadering berekend door bathymetrische sectie te bepalen om de 250m bij gemiddelde laagwaterstand.

⁸ Bij benadering de ververstijd in de bovenstroomse 15km van de Boven-Zeeschelde, met grote variatie naargelang debiet – ecosysteemmodel UA

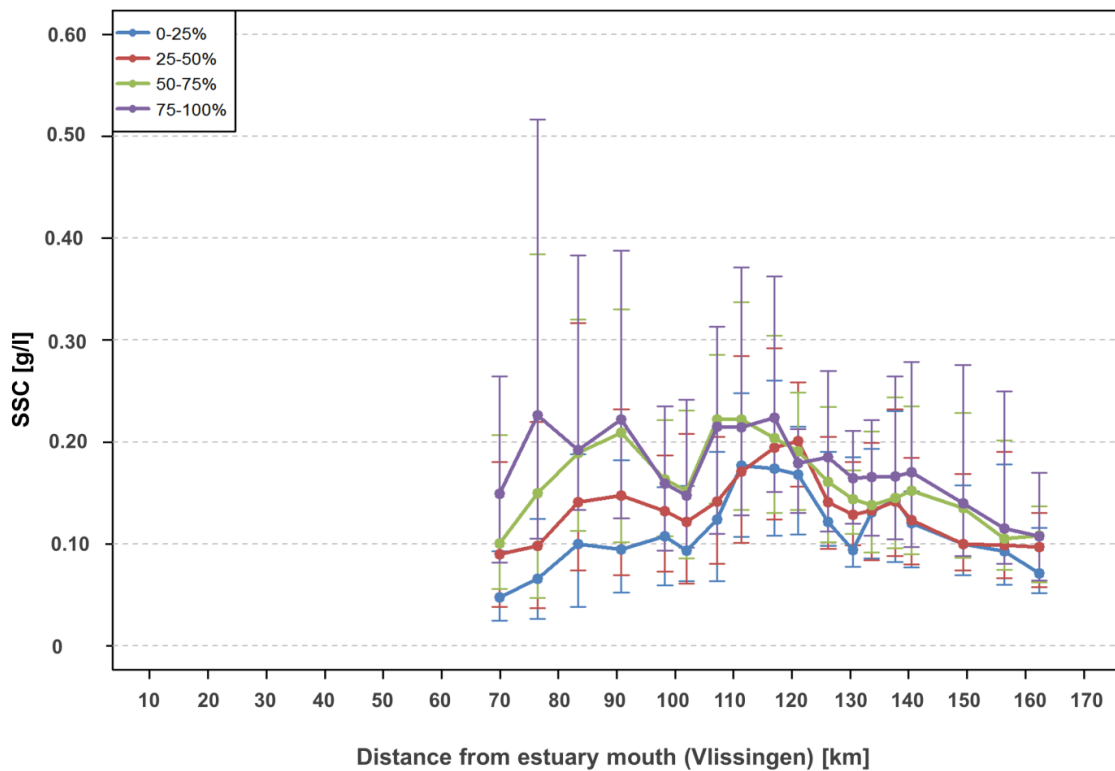
⁹ 5,54 +/- 0,97 SPM mg/l



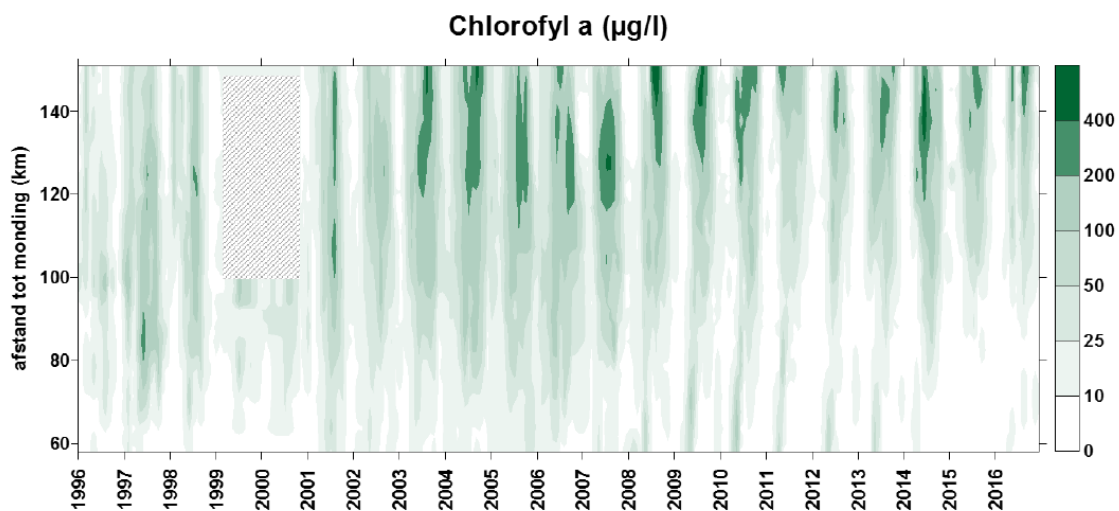
Figuur 15. Gebruikte relaties tussen SPM en filtratiesnelheid (links) en tussen SPM en pseudofaecesproductie (rechts). Gebaseerd op Reeders, 1990.



Figuur 16. Extrapolatie van het verwachte % water gefilterd per dag (links) en het % 'slib' gefilterd en afgezet als pseudofaeces(rechts) gegeven een constante concentratie aan SPM van 100mg/l in de Boven-Zeeschelde tussen Dendermonde en Melle.



Figuur 17. Mediane SPM (SSC) concentratie over de diepte (0-25% bovenste laag water) in de waterkolom met error bars tussen P25 and P75 (OMES data 2001-2010) (Vandenbruwaene et al., 2016). Zone Dendermonde (km 130) – Melle (km 160).



Figuur 18. Chlorofyl a (µg/l) surface plot. Zone Dendermonde (km 130) – Melle (km 160) (Maris & Meire, 2017).

4.3 Andere ecologische impact

Dreissena-soorten staan in competitie met vissen om habitat, voedsel en bieden schuilplaatsen voor predatoren aan andere organismen (van Emmerik, 2014). De voedselcompetitie bestaat omdat er een zekere overlap is met het voedsel van vissen of vissenlarven: het gaat dan zowel om competitie voor fytoplankton -voedsel voor het zoöplankton- als competitie om het zoöplankton zelf zoals Rotifera (raderdiertjes).

Anderzijds zijn de mossels potentieel voedsel voor vogels. Duikeenden zoals kuifeend, toppereend en vooral tafeleend maar ook meerkoeten zouden regelmatig foerageren op deze soorten (van Emmerik, 2014). Momenteel wordt dit niet vastgesteld; duikeenden en meerkoeten zijn zo goed als afwezig in dit stuk van de Zeeschelde (Van Ryckegem et al., 2017). Mogelijk ligt dit aan de nog te lage dichtheden (zie hoger) en door te frequente verstoring van de smalle vaargeul door binnenscheepvaart. Quaggamosselen zouden door de grote hoeveelheden schelpenkalk kwalitatief minder goed voedsel zijn dan de driehoeksmossel (Noordhuis et al., 2014).

Een negatief effect op de vogelpopulatie kan zijn dat *Dreissena's* de kans op botulisme bij watervogels kunnen verhogen omdat ze sporen van de bacterie *Clostridium botulinum* accumuleren (van Emmerik, 2014). Botulisme komt regelmatig voor op de Boven-Zeeschelde (waarnemingen watervogeltellingen INBO).

In enkele Amerikaanse meren werd aangetoond dat de quaggamossel zich selectief kan voeden op niet-toxische, smakelijke, algen. Hierdoor wordt toxische blauwalgenbloei (*Microcystis* spp.) in de hand gewerkt. Met de huidige dichtheden lijkt dit momenteel geen potentieel effect.

Dreissena's (en de larven) zijn ook voedsel voor bepaalde vissoorten. Vooral de zwartbekgrondel zou zich eraan te goed doen, maar ook karperachtigen zoals brasem, kolblei en blankvoorn en zooplanktivore soorten kunnen zich voeden op de larven. Ook paling wordt vernoemd (Zhulidov et al., 2006; Schiphouwer, 2011; Akopian et al., 2001).

Menselijke consumptie is mogelijk maar valt af te raden door de accumulatie van microverontreinigen (Roper et al, 1996; Matthews et al, 2012) en de aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in het (vet)weefsel van de mossels (Graczyk et al., 2003).

Structuurdiversiteit

De aanwezigheid van Dreisseniden in een waterlichaam zorgt voor een toename aan structuur in de waterkolom (Matthews et al, 2012). Dit kan zowel positieve als negatieve gevolgen hebben. Sommige macrofauna-soorten vestigen zich graag tussen de mossels omdat ze daar mogelijk relatief veiliger zijn voor predatie (Matthews et al., 2012). Tijdens de staalnames waren de talrijke aanwezigheid van het inheemse vlokreeftje *Gammarus zaddachi*, de Chinese wolhandkrab *Eriocheir sinensis* en de reuzenkieuwworm *Branchiura sowerbyi* tussen de stortstenen en metaalslakken erg opvallend. Merk dus op dat blijkbaar vooral exoten profiteren van deze door mossels gevormde structuren. Bij hoge dichtheden maken mosselbanken het benthivore vissen moeilijker om aan voedsel te geraken.

Nutriëntenhuishouding en filtering van toxische stoffen

Driehoeks- en quaggamosselen kunnen de nutriëntenhuishouding van het systeem veranderen: door de opname van nutriënten die opgeslagen zitten in algen verplaatsen ze deze nutriënten van de waterkolom naar de waterbodem, vooral via de pseudofaeces. Door de afname van de algengroei, daalt de nutriëntenopname van dit fytoplankton waardoor de concentraties van opgelost fosfaat en nitraat stijgen in de waterkolom (van der Kamp & Penning, 2005).

De door mosselen opgenomen nutriënten kunnen weer vrijkomen als er zich massasterfte van mosselen voordoet ten gevolge van bvb zuurstofloosheid of een te geringe waterdiepte.

Door mosselen te 'oogsten' kunnen de nutriënten wel uit het systeem gehaald worden.

De productie van de pseudofaeces met aangehechte elementen wordt geconcentreerd afgezet op de bodem¹⁰. Deze biofilter is voornamelijk effectief voor elementen sterk gebonden aan kleideeltjes zoals bepaalde zware metalen (cadmium, lood, ...), PCB's en bepaalde pesticiden.

In ons onderzoek werd vastgesteld dat de driehoeksmossels zowel echte breuksteen koloniseren, als de metaalslakken (lood) die veelvuldig gestort zijn in de Boven-Zeeschelde (De Brandt NV, pers. waarnemingen). Er werd echter niet onderzocht in welke mate er een verschil is in koloniseringsdichtheid. Interessant is ook de vraag of mossels een accumulatie signaal vertonen (bv. van loodtoxiciteit) door te groeien op de gestorte loodslakken versus gewone breuksteen. Verder is er een mogelijke impact door de bio-accumulatie van toxische metalen in de mosselbiomassa met het risico op het doorgeven van hoge concentraties naar predatoren (vis, vogels).

Effecten op waterplanten?

In bepaalde omstandigheden zorgt de waterfiltering voor een herstel of verandering van de samenstelling van de watervegetatie. Dit effect is waarschijnlijk minder van belang in een dynamische, slibrijke omgeving zoals de Zeeschelde. Waterplanten zijn hier zo goed als afwezig en de vestiging is moeilijk.

Biofouling (overgroeien van kunstmatige substraten)

In de grote meren van N.-Amerika zorgt de massale aangroei van *Dreissena*-soorten voor verstoppingen van waterinnamepijpen, koelwaterinstallaties van energie centrales en waterzuiveringen. In Nederland zouden drinkwaterbedrijven al chemicaliën inzetten om dichtgroei van transportleidingen te voorkomen (Van Mook et al, 2014).

4.4 Toekomstige ontwikkeling?

Van nature zijn er nauwelijks vestigingsmogelijkheden voor *Dreissena*-soorten in de Zeeschelde. Het verregaand vastleggen van de bedding (kanaliseren) onder andere met breuksteen over grote oppervlakten maakt dat er nu toch mogelijkheden zijn ontstaan. Toch blijft het milieu in de Zeeschelde wellicht suboptimaal voor de verdere uitbreiding van

¹⁰ Incorporatie van toxische stoffen kan ook in de biomassa van de mossel gebeuren maar is t.o.v. pseudofaecesproductie een relatief kleinere extractie.

Dreisseniden of andere tweekleppigen: de hoge turbiditeit en dynamiek zijn nefast. Mogelijk vonden wij daarom niet de dichtheden als in de Seine (Akopian et al., 2001) of van Nederlandse vindplaatsen van deze soorten, alwaar ze rifvormend voorkomen met dichtheden tot 3000 ind/m² (van der Kamp & Penning, 2015). *Corbicula fluminea* en Unioniden zijn dan weer afhankelijk van de zachtere sedimenten. Deze soorten zijn echter zeldzamer, waarschijnlijk omdat ze nog gevoeliger zijn voor die turbiditeit en dynamiek. In de Boven-Zeeschelde is de vaak vernoemde negatieve impact op inheemse populaties van Unioniden (Matthews et al., 2012) van geen invloed. Hoewel de aantallen en ruimtelijke distributie van jaar tot jaar sterk kunnen variëren (en dus ook de impact op de waterkwaliteit) (Rowe et al., 2015) is de kans op het optreden van een systeemshift in de Boven-Zeeschelde (van troebel naar helderder) gemedieerd door *Dreissena* spp. wellicht (zeer) klein met huidige turbiditeit en dynamiek. Een systeem impact wordt verwachten vanaf enkele honderden tot duizenden schelpdieren per m² met aanzienlijke watervolumes gefilterd per dag (Figuur 16, b.v. Akopian et al., 2001). Een aantal gunstige jaren (lage troebelheid, weinig debiet, voldoende voedsel) kan zorgen voor een exponentiële populatiegroei. Maar naar verwachting zullen de turbiditeit en dynamiek toenemen in de toekomst waardoor de leefomstandigheden ongunstiger worden voor *Dreissena*-soorten (ongepubliceerde data Integraal plan Boven-Zeeschelde).

Eén van de andere verwachte gevolgen van klimaatsverandering in de Zeeschelde is een stroomopwaartse toename van de saliniteit, wat dan wellicht resulteert in een stroomopwaartse opschuiving van brakwatersoorten. We verwachten dan meer mogelijkheden voor volgende soorten.

- *Rangia cuneata* (brakwaterstrandschelp)
- *Mytilopsis leucophaeta* (brakwatermossel)¹¹
- *Scrobicularia plana* (platte slijkgaper)
- *Macoma balthica* (nonnetje)
- *Crassostrea gigas* (Japanse oester)
- *Mytilus edulis* (gewone mossel)
- *Petricolaria pholadiformis* (Amerikaanse boormossel)

Gebieden met een gereduceerd getij (GGG-gebieden) in de zoetwatergetijdenzone lijken potentieel interessante leefgebieden door de lagere dynamiek. Het is echter niet de verwachting dat in deze gebieden, met een beperkte oppervlakte aan permanent water en hard substraat, substantiële populaties zullen ontwikkelen. Door de hoge sedimentatie is het ook niet de verwachting dat andere schelpdieren van zachte substraten met hoge dichtheden zullen voorkomen in GGG's.

4.5 Toekomstige monitoring en onderzoek

Op basis van de monitoringsresultaten en bovenstaande discussie is het duidelijk dat *Dreissena* spp. een onderdeel uitmaken van het Schelde-ecosysteem. De extrapolatieoefening toont aan dat de huidige impact op het ecologisch functioneren vermoedelijk beperkt is. Zouden de

¹¹ De brakwatermossel (ook exoot) wordt beschouwd als brakke evenknie van *Dreissena* spp. met potentieel vergelijkbare impact op het ecosysteem.

dichtheden verder toenemen dan is er een potentieel grote impact op de waterkwaliteit. Doordat er verschillende feed-back mechanismen kunnen ontstaan (bv. toegenomen filteren van het water leidt tot minder turbiditeit, waardoor de mossels weer beter groeien) bestaat er een kans op een ecosysteemshift gedreven door tweekleppigen, zoals eerder in andere wateren (meren maar ook rivieren) is vastgesteld. Het strekt daarom tot de aanbeveling om hardsubstraatbemonstering in het lopende MONEOS-programma te integreren om de vinger aan de pols te houden.

Dit kan enerzijds door campagnes zoals in deze studie uitgevoerd en/of door het uitbreiden van de hardsubstraatbemonstering van de VMM. Het strekt tot de aanbeveling om de staalnamecampagnes (INBO/VMM) te verschuiven naar augustus/september zodat ook meteen informatie kan verzameld worden over het broedvalsucces.

Om een beter zicht te krijgen op de grootteverdeling en biomassa strekt het tot aanbeveling om systematisch per locatie een staal te nemen en metingen uit te voeren in het labo.

Dreissena-soorten in de Zeeschelde vormen een interessante groep binnen de tweekleppigen omdat ze in uitzonderlijk troebele omstandigheden voorkomen. Een aantal onderzoeksvragen stellen zich. Welke Zeeschelde-specifieke relaties bestaan er tussen het SPM-gehalte, de filtratiesnelheid en de pseudofaecesproductie in de Zeeschelde? Welke factoren (dynamiek, SPM, ...) beperken momenteel vooral het voorkomen van deze dieren? Vanaf welke abiotische grenswaarden zou de abundantie van de soorten sterk kunnen toenemen? Wat is de mogelijke rol van de tweekleppigen in de nutriënten- en toxische stofhuishouding. Is er sprake van bioconcentratie en bioaccumulatie van bepaalde stoffen (zware metalen, PCB's,...) en bestaan er vervolgens toxische risico's voor schelpdierpredatoren?

5 Referenties

- Ackerman, J. (1999). Effect of velocity on the filter feeding of dreissenid mussels (*Dreissena polymorpha* and *D. bugensis*): implications for trophic dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(9): 1551-1561.
- Akopian M., Garnier J., Testard P. & Ficht A. (2001). Estimating the benthic population of *Dreissena polymorpha* and its impact in the lower Seine river, France. *Estuaries* 24: 1003-1014.
- bij de Vaate, A., 2008. Ecologisch vergelijk tussen de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*): een literatuurstudie. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2008/02.
- Bruyndoncx, L.; Jordaens, K.; De Wolf, H.; Meire, P.; Backeljau, T. (2000). New records of *Assiminea grayana* Fleming, 1828, *Myosotella myosotis* (Draparnaud, 1801) and *Pisidium subtruncatum* Malm, 1855 (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia) in the Scheldt estuary. *Mededelingen van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Biologie* 70: 103-106.
- Emmerik, W.A.M. van, 2014. Factsheet quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897). Sportvisserij Nederland.
- Fanslow, David L.; Nalepa, Thomas F.; and Lang, Gregory A., "Filtration Rates of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) on Natural Seston from Saginaw Bay, Lake Huron" (1995). *J. Great Lakes Res.* 21(4):489-500.
- Gittenberger, E. A.W. Janssen, W.J. Kuiper, J.G.J. Kuiper, T. Meijer, G. van der Velde & J.N. de Vries, 1998. De Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. Nederlandse Fauna 2. Nationaal Natuurhistorisch museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden.
- Graczyk, T. K., D. B. Conn, D. J. Marcogliese, H. Graczyk, and Y. de Lafontaine. 2003. Accumulation of human waterborne parasites by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and Asian freshwater clams (*Corbicula fluminea*). *Parasitol. Res.* 89:107–112.
- Jørgensen C.B., Kiørboe, T. F. Møhlenbergh & Riisgård, H.U. (1984). Ciliary and mucusnet filter feeding, with special reference to fluid mechanical characteristics. *Mar. Ecol. Prog. Series* 15: 283-292.
- Karatayev A.Y., Burlakova L.E. & Padilla D.K. (2014). Zebra versus quagga mussels: a review of their spread, population dynamics, and ecosystem impacts. *Hydrobiologia*, 746 (1), 1–16.
- Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Mastitsky S.E., Padilla D.K. & Mills E.L. (2011) Contrasting rates of spread of two congeners, *Dreissena polymorpha* and *Dreissena rostriformis bugensis*, at different spatial scales. *Journal of Shellfish Research*, 30, 923–931.
- Lucy, F. 2006. Early life stages of *Dreissena polymorpha* (zebra mussel): the importance of long-term datasets in invasion ecology. *Aquatic Invasions* 1: 171-182.

Maris T. & Meire P., 2017. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaphan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2016. ECOBE 017-R206 Universiteit Antwerpen, Antwerpen.

Matthews, J., Van der Velde, G., Bij de Vaate, A., & Leuven, R. (2012). Key factors for spread, impact and management of Quagga mussels in the Netherlands. Radboud Universiteit, Department of Environmental Science, Faculty of Science, Institute for water and Wetland Research, Nijmegen.

Müller J, Schramm S (2001) A third Dikerogammarus invader is located in front of Vienna. *Lauterbornia* 41: 49–52

Noordhuis R., S. Groot, M. Dionisio Pires & M. Maarse, 2014. Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Deltares.

Orlova, Marina & Therriault, Thomas & I. Antonov, Pavel & Shcherbina, G. (2005). Invasion ecology of quagga mussels (*Dreissena rostriformis bugensis*): A review of evolutionary and phylogenetic impacts. *Aquatic Ecology*. 39. 401-418. 10.1007/s10452-005-9010-6

Ray, W.J. & Corkum, L.D. *Environmental Biology of Fishes* (1997) 50: 267.
<https://doi.org/10.1023/A:1007379220052>

Reeders H.H. (1990). De driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) als biofilter voor het oppervlaktewater. *De Levende Natuur* 91: 119-125.

Ricciardi A. & Bourget E. (1998). Weight-to-weight conversion factors for marine benthic macroinvertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63: 245-251.

Roper, J.M., Cherry, D.S., Simmers, J.W., and Tatem, H.E. 1996. Bioaccumulation of toxicants in the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, at the times beach confined disposal facility, Buffalo, New York. *Environ. Pollut.* 94:117–129.

Rowe M.D., Obenour D.R., Nalepa, T.F., Vanderploeg H.A., Yousef, F. & Kerfoot C. (2015). Mapping the spatial distribution of the biomass and filter-feeding effect of invasive dreissenid mussels on the winter-spring phytoplankton bloom in Lake Michigan. *Freshwater Biology* 60: 2270-2285.

Schiphouwer, M.E., 2011. What do Ponto-Caspian Gobiidae eat in the Dutch river Rhine system? Radboud Universiteit Nijmegen, *Reports Environmental Science* 372: 1-28. Van Braeckel A., Piesschaert P. & Van den Bergh E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19^{de} eeuw tot heden. INBO.R.2006.29.

Van der Kamp & Penning Quaggamosselen in Nederland: zegen of gevaar?
<https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/432-quaggamosselen-in-nederland-zegen-of-gevaar>.

Van der Kamp M., Penning E (2015). De Quaggamossel een vloek of een zegen? H2O-Online (www.vakbladH2O.nl).

van Mook, J., Castelijns, H., Wagenvoort, A., Schaaf, B., Ketelaars, B., Schurer, R. 2014. Dreissena-mosselen bij Evides waterbedrijf: Bedrijfsbreed onderzoek betreffende biologie, ecologie, beheersing en monitoring. Referentienummer TB-00292.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Soors J., Terrie T., Van Lierop F. & Van den Bergh E. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Bezdenjesnji O., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Lefranc C., Soors J., Terrie T., Van Lierop F. & Van den Bergh E. (2018). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2017: monitoringsoverzicht en 1^{ste} lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (74). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Vandenbruwaene W., Vanlede J., Plancke Y., Verwaest T., Mostaert F. (2016). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 4 – Historische evolutie SSC. Versie 6.0. WL Rapporten, 00_029_4. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea: Antwerpen.

Zettler, M.L., Zettler, A. 2017: Marine and freshwater Amphipoda from the Baltic Sea and adjacent territories. Conchbooks, Hackenheim: 845pp [2. Aufl., Dahl, F.: Die Tierwelt Deutschlands 83. Teil] <http://www.conchbooks.de/?t=53&u=41461>.

Zhulidov, A., Nalepa, T., Kozhara, A., Zhulidov, D., & Gurtovaya, T. (2006). Recent trends in relative abundance of two dreissenid species *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis* in the lower Don river system, Russia. Archives of Hydrobiology, 165(2): 209–220.

6 Bijlagen

Bijlage 1: *Dreissena*-waarnemingen op kunstmatig substraat in de periode 1994-2017. Data Vlaamse Milieumaatschappij.

<i>Dreissena</i> waarnemingen VMM Boven-Zeeschelde		
Staalname	Melle 168900	Uitbergen 167000
5/07/1994	0	
13/06/1995	0	
27/08/1996	0	
16/07/1997	0	
4/06/1998	0	
24/08/1999	0	
13/06/2000	0	
16/06/2000		0
26/09/2000	0	
29/10/2001	2	1
3/07/2002	2	
5/08/2002		4
7/08/2003		4
8/08/2003	1	
9/07/2004	0	
13/07/2004		11
30/06/2005	0	1
6/07/2006	0	0
13/06/2008	0	0
29/09/2009	70	
21/06/2010	1	
25/07/2011	25	50
28/06/2012	0	
1/07/2013	0	
22/07/2014	20	30
10/06/2015	2	
15/07/2016	0	
19/07/2017	75	300

Bijlage 2: Staalnamepunten

Locatie	X Lambert	Y Lambert	Afstand	
			tot de grens (km)	afstand tot de monding (km)
1	110407.8403	188476.9108	100	164.75
2	111196.3736	187896.3358	99	163.75
3	111980.6122	187287.0033	98	162.75
4	112929.3976	187211.5799	97	161.75
5	113753.6176	187752.4577	96	160.75
6	114602.9874	188151.1425	95	159.75
7	115447.8480	188673.2331	94	158.75
8	116366.2241	188997.9592	93	157.75
9	117257.3269	189351.5711	92	156.75
10	118188.3475	189704.7818	91	155.75
11	119087.6996	189486.4663	90	154.75
12	119819.6428	188808.8848	89	153.75
13	120604.3322	188548.9197	88	152.75
14	121248.8396	189240.4881	87	151.75
15	121521.5263	190170.6761	86	150.75
16	122296.0944	189694.0419	85	149.75
17	122298.9852	188757.0766	84	148.75
18	123114.1863	188193.5721	83	147.75
19	124097.3220	188283.7444	82	146.75
20	125077.1213	188455.9338	81	145.75
21	125824.9992	189069.9780	80	144.75
22	126630.8969	189651.8844	79	143.75
23	127045.5754	190456.0721	78	142.75
24	126996.1228	191436.2013	77	141.75
25	127355.8963	192291.3863	76	140.75
26	127981.5575	193055.8803	75	139.75
27	128894.0641	193237.1483	74	138.75
28	129769.1303	193303.3660	73	137.75
29	130405.7919	192801.3542	72	136.75