

DE TWEEKLEPPIGEN VAN HET NOORDZEEKANAAL (MOLLUSCA: BIVALVIA)

Ton van Haaren & David Tempelman

Het Noordzeekanaal is recent uitgebreid onderzocht op het voorkomen van bodemdieren. In dit artikel worden de tweekleppigen van dit bijzondere gebied besproken. Hierbij wordt ingegaan op ontwikkelingen in de fauna als gevolg van afsluiting van de Zuiderzee. De tweekleppigengemeenschap bestaat hedentendage uit tien mariene soorten, twee echte brakwatersoorten en vier zoetwatersoorten, waarvan alleen de strandgaper *Mya arenaria*, de brakwaterkokkel *Cerastoderma glaucum*, de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* en de brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* grote populaties vormen. Opvallend zijn de recente herontdekkingen van de strandgaper en de brakwaterkokkel. Ons inziens betreft dit relicten van de oude Zuiderzeepopulaties. Pas lang na de afsluiting van de Zuiderzee verscheen de driehoeksmossel aan de oevers van het kanaal en werd de brakwatermossel enigszins westwaarts teruggedrongen. Al met al is het de moeite waard de ontwikkelingen van de populaties en de mogelijke toename van de mariene soorten in de komende jaren te blijven volgen.

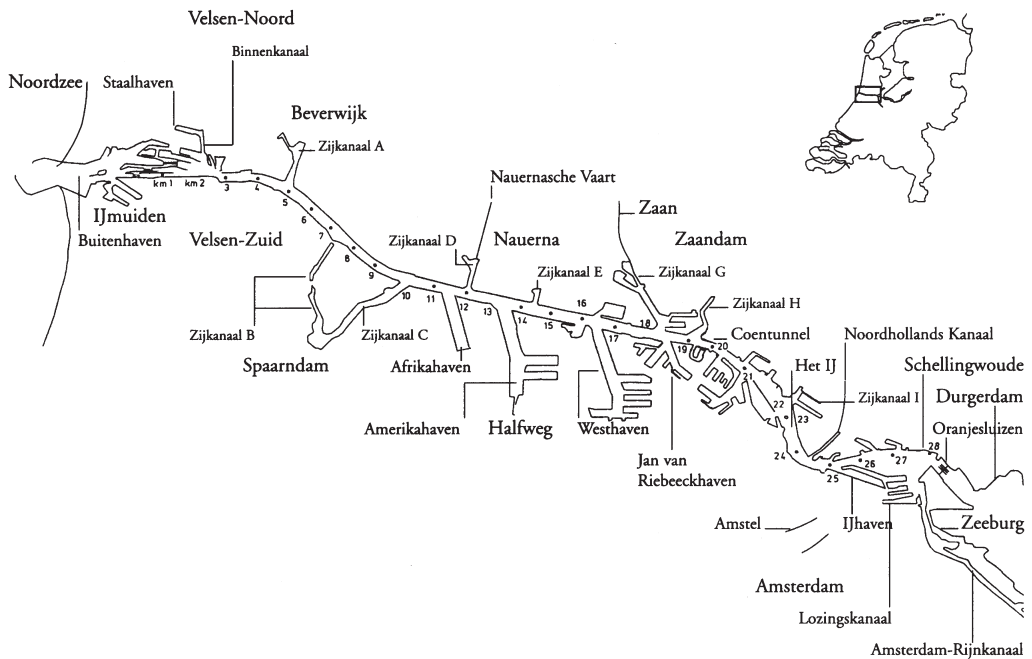
INLEIDING

Kuijper (2000) geeft een overzicht van de Nederlandse brakwatermollusken, waarin ook het Noordzeekanaalgebied wordt behandeld. Sinds het verschijnen van deze publicatie zijn enkele grote onderzoeken naar bodembewonende macro-vertebraten uitgevoerd (Van Haaren 2002, Kaag 2002, Tempelman 2003a). Dit heeft opvallende vondsten opgeleverd, die een aanvulling op Kuijper (2000) wenselijk maken. Dit artikel behandelt de recente verspreiding en ecologie van de in het Noordzeekanaalgebied aangetroffen tweekleppigen. Tevens wordt aan de hand van historische waarnemingen van tweekleppigen en de chemische samenstelling van het water een beeld geschetst van de veranderingen in de levensgemeenschappen in het gebied.

HISTORIE

De historie van schelpdieren bij Amsterdam begint met het gezegde 'voor Pampus liggen'. In de 18^e eeuw kon Amsterdam door het dichtsliben van de Zuiderzee bij het eilandje Pampus

namelijk niet goed door de scheepvaart worden bereikt. Men groef daarom het Noordhollandsch Kanaal (van Amsterdam naar Den Helder). Omdat dit kanaal al spoedig onvoldoende uitkomst bood, legde men tussen 1865 en 1876 een nieuw kanaal aan tussen Amsterdam en de Noordzee: het Noordzeekanaal. Het meest westelijke deel van het Noordzeekanaal, van de sluisen bij IJmuiden tot ongeveer km 4, werd gegraven door de duinen. Oostelijk hiervan lag Het IJ, dat toen nog zeer groot was: ongeveer 25 km lang en plaatselijk vele kilometers breed. In de jaren 1860-70 werd het grootste deel van Het IJ ingepolderd; de Houtrakpolder (bij het voormalige eiland Ruigoord) werd in 1873 voltooid. Tegelijk met de inpoldering werd het Noordzeekanaal aangelegd. Hiertoe werden over een traject van 17 km lengte dijken aangelegd (Anonymus 2006). Het grootste deel van het Noordzeekanaal is dus niet in (polder-)land gegraven. In feite was het een uitdieping van het door inpoldering sterk versmalde IJ. Bij het gereedkomen in 1876 was het kanaal 7,5 meter diep, bij een bodembreedte van 27 meter.



Figuur 1. Kaart van het Noordzeekanaalgebied.
Figure 1. Map of the Noordzeekanaal area.



Figuur 2. Luchtfoto van het Noordzeekanaal ter hoogte van km 6-7, gezien in oostelijke richting. Onder andere te zien zijn de Wijkertunnel (voorgrond) en natuurvriendelijke oever Spaarwoude (rechts-achter).

Figure 2. Aerial impression of the Noordzeekanaal, 6-7 kms east of IJmuiden viewed towards the east. In front, the Wijkertunnel can be seen. On the far right side, the naturally laid-out bank near Spaarwoude.



Figuur 3. Stortstenen bovenwateralud van het Noordzeekanaal ter hoogte van de Houthavens.
Figure 3. Stony banks of the Noordzeekanaal near the Houthavens.



Figuur 4. Zandige oever langs de nevengeul van de natuurvriendelijke oever bij de Zuiderpolder.
Figure 4. Sandy shore of the secondary channel of the naturally laid-out bank at the Zuiderpolder.

In de daaropvolgende eeuw werd het kanaal regelmatig verbreed en verdiept, vooral in de jaren 1964-1974, toen het kanaal zo'n 100 meter breder werd gemaakt. Anno 2005 heeft het Noordzeekanaal een diepte van 12 tot 20 meter bij een bodembreedte tot 170 meter. De breedte aan de oppervlakte ('spiegelbreedte') is dan zo'n 270 meter (tabel 1).

ONDERZOEKSGBIED

Het Noordzeekanaal (fig. 1, 2) is 28 kilometer lang. Aan de westkant wordt het begrensd door het sluiscomplex te IJmuiden. Aan de oostzijde ligt, achter de Oranjesluizen bij Schellingwoude, het IJsselmeer. Tevens staat het kanaal hier in open verbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal. Langs de oevers staan grote 'kilometer-borden', waarmee de afstand vanaf de havenmonding bij IJmuiden wordt aangegeven. Deze aanduidingen, bijvoorbeeld 'km 10', worden in dit artikel ook zo gebruikt. Tot km 22 is het kanaal zo'n 15 meter diep en heeft een bodembreedte van 170 meter. Oostelijk hiervan, in Amsterdam, waar het kanaal inmiddels Het IJ heet, is het kanaal zo'n 12 meter diep bij een bodembreedte van 100 meter. Het IJ bij Amsterdam Centraal Station wordt ook wel Binnen-IJ genoemd. Het Noordzeekanaal heeft tien zijkanalen, Zijkanaal A t/m K. Aan

het eind van elk zijkanaal is een sluis of gemaal aanwezig die het zoete water van de omliggende polders naar het Noordzeekanaal kan afvoeren. Aan de zuidzijde van het kanaal, oostelijk van km 11, is een aantal havens te vinden, onder andere de Amerikahaven, Westhaven, Jan van Riebeeckhaven, Coenhaven en Mercuriushaven. In 2000 is het Noordzeekanaalgebied uitgebreid met een compleet nieuwe haven, de Afrikahaven bij het voormalige dorpje Ruigoord. Deze ligt bij km 11,5. De havens zijn tot 15 meter diep. De oevers van het Noordzeekanaal-systeem bestaan overwegend uit stortsteen (fig. 3), met hier en daar enkele damwanden. In 1996 heeft Rijkswaterstaat over een lengte van anderhalve kilometer langs het Noordzeekanaal een eerste 'natuurvriendelijke oever' gerealiseerd. Deze zone, nabij het recreatiegebied Spaarnwoude, bestaat uit moerasvegetatie met open water- en ruigtezones. Later is aan de noordzijde, ter hoogte van pont Buitenhuizen (km 9-10) een tweede 'natuurvriendelijke oever' aangelegd, de Zuiderpolder. In het voorjaar van 2004 zijn de instroomopeningen verlaagd, waardoor dit gebied in open verbinding kwam met het Noordzeekanaal. Achter de doorgestoken stortstenen oevers is een nevengeul gecreëerd met enkele ondiepe poelen (fig. 4). Het hele Noordzeekanaal-systeem beslaat een wateroppervlak van ruim 20 km².

Periode	Gemiddelde diepte (m onder NAP)	Bodem- breedte (m)
1876	7,5	27
1881-1883	8,5	27
1889-1898	9,5	36
1904-1907	10,3	50
1931-1938	13 (9,5-14)	75
1962-1965	14 (13-15)	75
1964-1971	15,5	135
1971-1975	15,5 (12-20)	170

Tabel 1. Historie van de verbreding en verdieping van het Noordzeekanaal (naar Exalto (1976), Den Toom (1966)).

Table 1. History of the widening and deepening of the Noordzeekanaal (after Exalto (1976), Den Toom (1966)).

WATERREGIME EN ZOUTGEHALTE

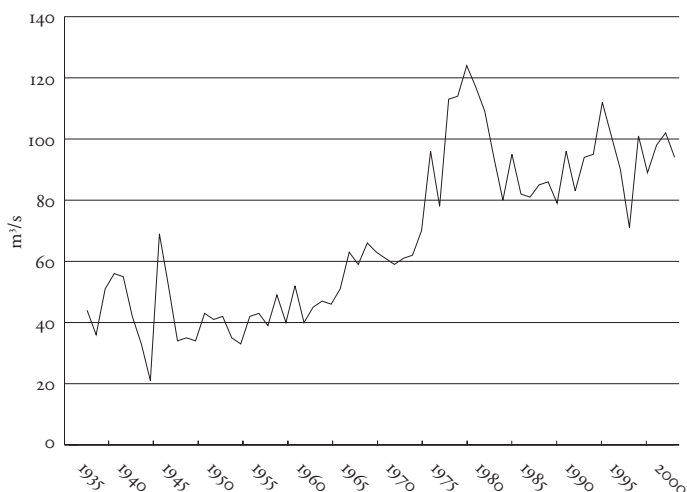
Voor de aanleg van de Oranjesluizen in 1872 stond het toen nog niet voltooide Noordzeekanaal in open verbinding met de Zuiderzee. Tot die periode ontving het kanaal dus alleen aan de oostkant brak water. Vier jaar later, nadat het laatste stuk (door de duinen) was gegraven kwamen de sluizen bij IJmuiden gereed en kwam er aan de westkant zeewater binnen. Tot de afsluiting in 1932 werd brak water afgelaten of gemalen naar de Zuiderzee. Daarna kon, door verregaande verzouting van het IJsselmeer, in die richting geen brak water meer worden afgelaten en ging al het water richting de Noordzee.

Bij Schellingwoude komt vanaf ongeveer 1937 zoet water het kanaal binnen, voornamelijk uit het Amsterdam-Rijnkanaal en het IJsselmeer. Het water wordt bij eb gespuid via de sluizen van IJmuiden. Tijdens de Tweede Wereldoorlog was er relatief weinig scheepvaart en dus ook weinig schutwater vanuit de Noordzee. Tot aan het begin van de jaren 1960 werd jaarlijks zo'n 43 m³/s bij IJmuiden gespuid, wat in de periode daarna ongeveer verdubbelde (fig. 5).

Het zoutgehalte is één van de belangrijkste factoren voor het voorkomen van tweekleppigen. Het zoutgehalte wordt in dit artikel opgevat als chloriniteit of chloridegehalte (uitgedrukt in‰ chloride = gram per liter). Het chloridegehalte ligt iets boven de helft van de waarde van de gezamenlijke zouten (saliniteit). Het zeewater dat via de sluizen bij IJmuiden naar binnen komt beweegt zich in de eerste acht kilometer vanaf IJmuiden aan de oppervlakte, maar oostelijk hiervan is het alleen in de diepere waterlagen te vinden. Oostwaarts domineert het zoete water dus de bovenste waterlagen. Deze gelaagdheid van het water wordt veroorzaakt door het grotere soortelijke gewicht van zout water. Het zoute water zakt richting de bodem, waarbij het zoete water 'drijft' op de zoute onderlaag (spronglaag of halocline genoemd). Dit aspect is verticaal en heeft ook invloed op het zuurstofgehalte (zie volgende paragraaf). Horizontaal, van west naar oost, is door de aanvoer van zout water een zoet-zout-gradiënt ontstaan, waarbij het zeewater langs de bodem, en het zoete water aan het oppervlak beweegt. Het zoutere water wordt beeldend omschreven als een 'zouttong' en bevat water met meer dan 10‰ chloride.

De west-oost georiënteerde zout-zoet-gradiënt en de spronglaag zijn het hele jaar aanwezig. Hoe verder westwaarts, dan wel hoe dieper, hoe hoger het zoutgehalte. Er zijn echter ook seizoensverschillen. In het zomerhalfjaar (april-september) is het overal, zowel aan de oppervlakte als boven de bodem, zoeter dan in het winterhalfjaar (november-maart). Door de grotere invloed van zee aan de westzijde zijn de verschillen tussen zomer- en winterhalfjaar groter bij Velsen (km 3) dan in Het IJ (km 25). In het zomerhalfjaar strekt de zouttong zich vanaf IJmuiden (km 0) tot aan Zaandam (km 18) uit. Gemiddeld bevindt de spronglaag zich op 7,5 meter diepte, variërend van 2 meter bij IJmuiden tot 14 meter bij Zaandam. Een reconstructie van het zoutgehalteverloop over de periode 1933-2001 wordt samengevat in figuur 6-8.

Kuijper (2000) merkt op dat het Noordzeekanaal tot 1921 veel zoet water bevatte. Korringa (1936)



Figuur 5. Debiet (m³/s) bij IJmuiden.
Figure 5. Discharge (m³/s) at IJmuiden.

suggereert echter dat er in de jaren 1920 een afname was van zoetwatervissen, juist door een toename van het zoutgehalte. Het lijkt er op dat Korringa (1936) de vermeende afname van zoetwatervissen vooral concludeert op basis van gegevens van vissers die in het oostelijk deel van het kanaal actief waren. Dit is echter altijd al het zoetste gedeelte van het gebied geweest. De levensgemeenschap die Korringa beschrijft komt bovendien vrij goed overeen met die van nu (Melchers & Timmermans 1991, De Nie 1996). Het jaar 1921 was een bijzonder 'zout jaar', maar ook in voorgaande jaren zijn ook zulke hoge zoutgehalten gemeten. De opmerkingen van Korringa en Kuijper over een zoetere periode voor 1921 lijken dus niet te kunnen worden geverifieerd aan de hand van de historische zout- en visgegevens.

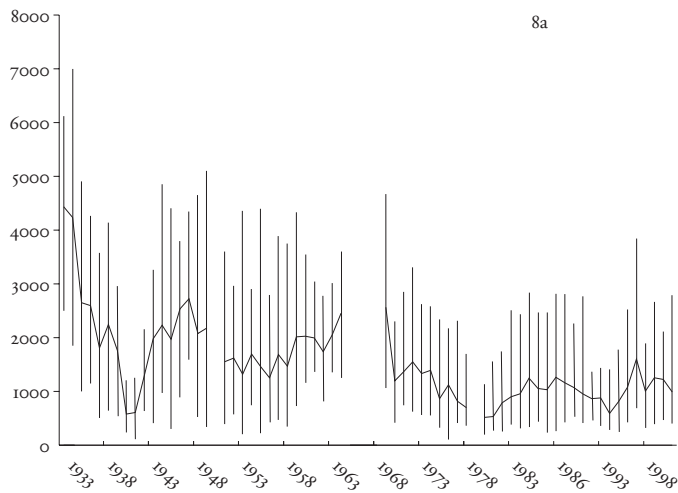
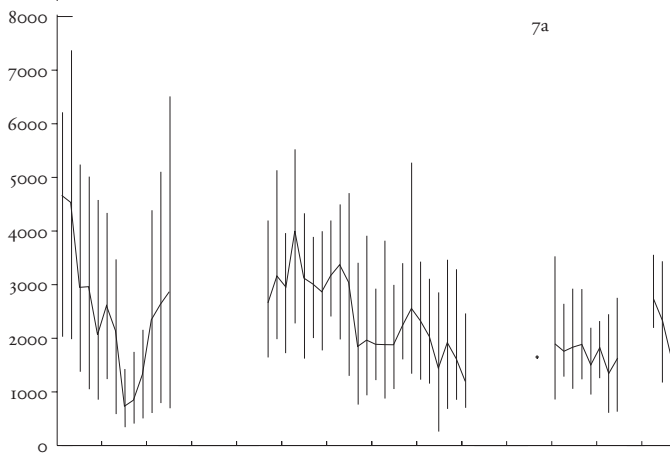
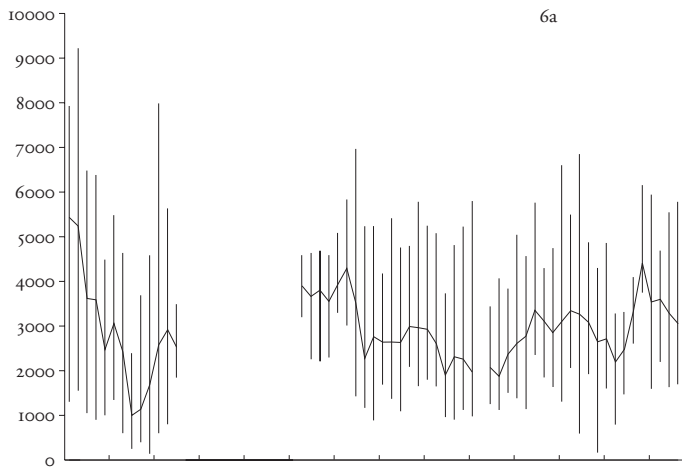
Op 28 mei 1932 werd de Afsluitdijk voltooid, wat een grote invloed had op het zoutgehalte van het Noordzeekanaal. Het gemiddelde chloridegehalte van het IJsselmeer daalde van 5,9‰ in 1932 tot 0,5‰ in 1935. Begin 1937 was een evenwichtstoestand ingetreden, bij een waarde van 0,17‰ chloride (De Beaufort 1954). Het oppervlaktewater van het Noordzeekanaal daalde vervolgens van 5‰ in 1933 naar 2‰ in 1937 (Veen 1943). In 1940-1945 werd er weinig of niet geschut in het

Noordzeekanaal, waardoor het chloridegehalte aan de oppervlakte sterk daalde. Na de Tweede Wereldoorlog herstelde het zoutgehalte weer vrij snel tot de situatie van voor de oorlog.

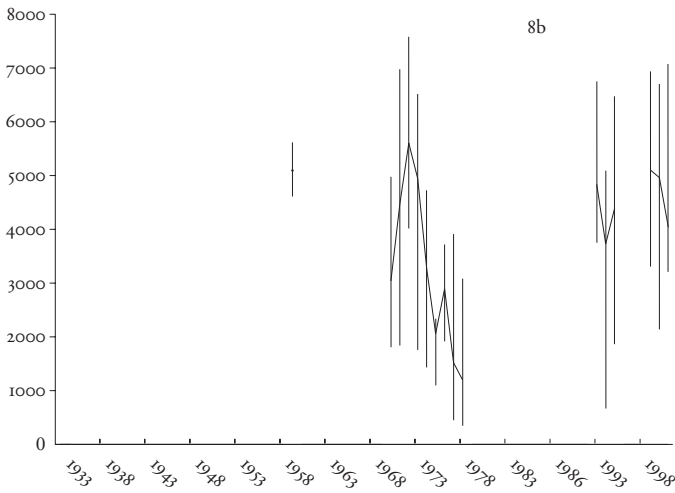
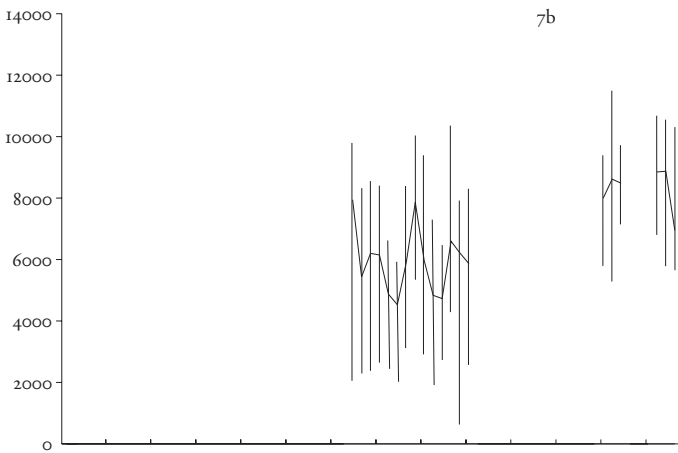
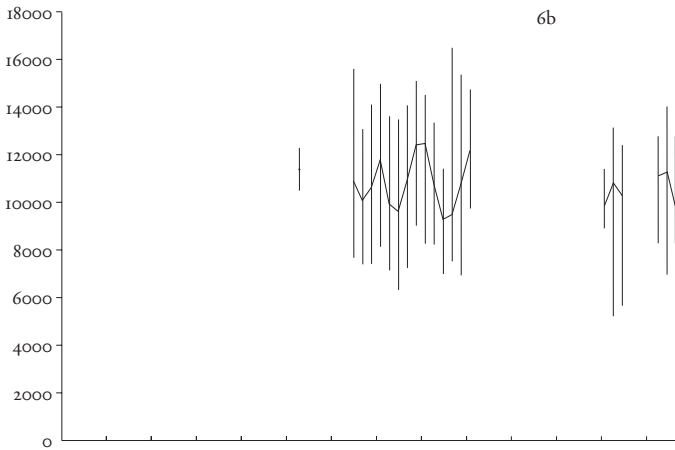
Uit het tijdvak 1932-1945 zijn geen metingen van het chloridegehalte boven de waterbodem beschikbaar. Dit is de periode tussen de afsluiting van de Zuiderzee tot het einde van de Tweede Wereldoorlog en heropening van de sluisen bij IJmuiden. We kunnen hierover echter wel enkele aannamen doen. Het oppervlaktewater werd in deze periode zoeter, maar is het onwaarschijnlijk dat ook het water boven de bodem sterk is verzoet. De spronglaag zal verder naar beneden zijn gedrongen, maar de verticale zoet-zoutgelaagdheid zal door ontbreken van spuien en scheepvaart alleen maar sterker zijn geweest. Het areaal van brak diep water (van belang voor het overleven van brakwatersoorten) zal wel kleiner zijn geweest, maar is in deze periode hoogstwaarschijnlijk nooit geheel verdwenen.

ZUURSTOFGEHALTE

Behalve het chloridegehalte is ook het zuurstofgehalte van het water boven de bodem van belang voor het voorkomen van tweekleppigen. Dat is vroeger echter maar zelden gemeten. De



Figuur 6-8. Het chloridegehalte (mg/l) van het Noordzeekanaal aan de wateroppervlakte (a) en boven de bodem (b). Weergegeven is het jaargemiddelde en de spreiding (minimum-maximum) in het betreffende jaar, 6. Velsen (km 2-4), 7. Hembrug (km 16-19), 8. Het IJ (km 25-28).
 Figures 6-8. Chlorine levels (mg/l) in the Noordzeekanaal near the surface (a) and near the bottom (b). Year-round averages have been given, with their ranges (minimum to maximum levels) in the particular year, 6. Velsen (km 2-4), 7. Hembrug (km 16-19), 8. Het IJ (km 25-28).



eerste systematische metingen van het zuurstofprofiel worden pas sinds 1980 uitgevoerd door Rijkswaterstaat-RIZA.

In de periode 1976-1978 is het water boven de bodem bij km 20 (van mei tot en met juli) zuurstofloos (Werkgroep Sanering Noordzeekanaal 1981). Men kan ervan uitgaan dat deze situatie ook oostelijk van km 20 optrad, vooral in het midden van het kanaal. In het winterhalfjaar bleef de zuurstofverzadiging van het water over het gehele traject bij de oppervlakte constant op 70 à 80%, maar boven de bodem zakte het naar het oosten toe richting de 10%. In het zomerhalfjaar was het zuurstofgehalte aan het wateroppervlak iets hoger (80 à 90%), maar bij de bodem steeds 20% verzadiging lager dan in het winterhalfjaar. Daardoor werd in deze periode al oostelijk van km 13 vrijwel zuurstofloosheid bereikt (boven de bodem). Ook het water boven de bodems van de zeehavens van Amsterdam was zuurstofloos, net als dat van de meeste zijkanalen, met name Zijkanaal H.

In 2000 en 2001 werd een vrijwel identieke situatie aangetroffen. Het zuurstofgehalte boven de spronglaag (op 6-7 m diepte) lag het hele jaar boven de 50% verzadiging. Van augustus tot en met oktober daalt het zuurstofgehalte sterk, onder de spronglaag tot minder dan 50% en vanaf km 20 zelfs tot beneden 10% verzadiging. Boven de spronglaag en westelijk van km 12 is de zuurstofverzadiging vrijwel het gehele jaar boven de 50%. Van november tot en met mei lag zij zelfs vrijwel constant boven de 75%. Het water was boven de bodem alleen zuurstofloos van augustus tot en met oktober, oostelijk van km 20 en in de zijhavens (Westhaven, Jan van Riebeeckhaven en Mercuriushaven). In de westelijker gelegen Amerika- en Afrikahaven was het water boven de bodem in de nazomer net niet zuurstofloos.

Al met al lijkt er een geringe verbetering van de zuurstofgehalten van het bodemwater te zijn opgetreden. Begon de zuurstofloosheid in de jaren 1970 al bij km 13, in 2000 treedt dit pas bij km 20 op. Een dergelijke verbetering van het zuurstofgehalte werd ook geconstateerd voor de

periode 1970-1997 (Bak et al. 2000), zij het dat het hier oppervlaktewatermetingen betrof. De zuurstofgehalten zijn verbeterd van jaargemiddelden rond de 7 mg/l tot ongeveer 10 mg/l. Ook het verzadigingspercentage zuurstof vertoont sinds de jaren 1970 een duidelijk stijgende tendens.

BIOLOGISCHE ONDERZOEKSHISTORIE

Voor 1980 is in het Noordzeekanaalgebied weinig systematisch biologisch onderzoek uitgevoerd. Veranderingen in de levensgemeenschap van de Zuiderzee, van voor en na de afsluiting, zijn wel goed in beeld gebracht. In de betreffende publicaties zijn ook enkele gegevens opgenomen van het Buiten-IJ. Het overige onderzoek beperkte zich tot de (vis)fauna van het Noordzeekanaalgebied en de fauna in de Zaan. Pas na 1980 werd ook naar de bodemfauna gekeken. Inmiddels is bijna elk substraat, behalve de moeilijk te onderzoeken damwanden onderzocht.

Vanuit het Atlasproject Nederlandse Mollusken (Stichting Anemoon en EIS-Nederland) werden ook gegevens geleverd, maar deze waren nog onvoldoende gecontroleerd om in dit artikel te kunnen worden opgenomen. Bovendien ontbraken aanvullende gegevens, zoals het chloridegehalte. In dit artikel wordt daarom vooral ingegaan op de sinds 1987 verschenen stroom van onderzoeksrapporten die meestal in opdracht van Rijkswaterstaat zijn gemaakt. Alle waarnemingen die voor dit artikel zijn verzameld zijn ter beschikking gesteld van het Atlasproject Nederlandse Mollusken.

METHODE WATERBODEMBEMONSTERING

In de jaren 2000-2002 is veel onderzoek verricht naar de bodemfauna van het Noordzeekanaal en aanliggende havens (Tempelman 2003a, Van Haaren 2002, Kaag 2002). De diep gelegen zand- en slibbodems werden meestal met schepen van Rijkswaterstaat bemonsterd. Normaal gesproken werd hiervoor een boxcorer gebruikt, een 500 kg wegend monsterapparaat, dat alleen met een



Figuur 9. Bemonstering met een boxcorer bij Amsterdam
Figure 9. Boxcorer sampling near Amsterdam.

hydraulische kraan kan worden bediend. Het bestaat uit een ronde stalen buis met een doorsnede van 30 cm en een kantelmechaniek met een platte plaat aan het uiteinde (fig. 9). Het te onderzoeken water moet wel minstens 3 m diep zijn wil men een boxcorer kunnen gebruiken. Nadat men de boxcorer in het water heeft laten zakken wordt de ronde stalen buis in de bodem gedrukt. Vervolgens wordt met de platte plaat, die aan één zijde scherp is, de onderzijde van de buis afgesloten. Het geheel wordt weer bovengehaald en uit de inhoud van de buis wordt de bovenste 10 cm aan boord over een zeef gespoeld.

Bij zeer zachte slibbodems is soms een Ekman-happer gebruikt. Dit is een vierkant, 15 x 15 cm groot, ook door een mens hanteerbaar stalen monsterapparaat, geschikt om een sliblaag te bemonsteren in water van tussen de 2 en 20 m diep.

Het bemonsteren van hard substraat, zoals stortsteen, werd gedaan door de stenen af te borstelen. Meestal zijn zo'n vijf forse stenen genomen, die permanent onder water liggen. Het bemonsterde oppervlak bedraagt dan zo'n 0,5 m². Kunstmatig substraat bestond steeds uit een zogeheten knikkerkorfje. Dit wordt in het water geplaatst, op of vlak boven de bodem en na enkele weken wordt

de fauna die zich erop heeft gevestigd 'geogost'. Bij het onderzoek in de natuurvriendelijke oevers Spaarnwoude en Zuiderpolder zijn zowel schepnet (macrofaunanet) als Ekman-happer gebruikt. Bij het onderzoek in de Afrikahaven is behalve een boxcorer ook een AquaSucker gebruikt, een soort stalen stofzuiger waarmee men epibenthos (zoals garnalen) bemonstert.

BESPREKING VAN DE SOORTEN

In de periode 1987-2005 zijn de onderstaande bivalven aangetroffen.

Abra nitida (O.F. Müller, 1776) - glanzende dunschaal

Deze mariene soort is gevonden in de Afrikahaven in 2002, op een diepte van 10-15 meter (Tempelman 2003a) (fig. 23). Het voorkomen van *Abra nitida* (fig. 10) is een grote verrassing. Het talrijkst werd zij gevonden in een AquaSucker-monster uit juni 2002: 28 doubletten van 5 à 10 mm groot, de meeste met het weekdier er nog in. Op de plaatsen waar de soort werd aangetroffen heerste een chloridegehalte van 6,2 - 10,2‰ en een zuurstofgehalte van 0,4 - 8 mg/l (verzadiging 5 à 82%). Blijkbaar kan de soort ook lage zuurstofgehalten verdragen.



Figuur 10. Glanzende dunschaal *Abra nitida*.
Figure 10. Peppershell *Abra nitida*.



Figuur 11. Kokkel *Cerastoderma edule*.
Figure 11. Edible cockle *Cerastoderma edule*.

Door TNO is ook éénmaal een *Abra* aangetroffen, in het Noordzeekanaal km 6-7. Deze tweeklep-pige wordt in het betreffende onderzoeksrapport als *Abra alba* opgevoerd (Kaag 2002). Navraag leerde dat het slechts één klein individu betrof, waardoor de determinatie niet zeker is (mond. med. K. Kaag). Vlak buiten de sluizen van IJmuiden zijn ook enkele individuen van *A. alba* gevonden (Kaag 2002).

Tot kort geleden waren in Nederlandse binnendijkse wateren geen vondsten bekend van *A. nitida* (Kuijper 2000), maar onlangs zijn vondsten in de Grevelingen gedaan (Hoeksema 2002) en in het Kanaal door Walcheren (Tempelman 2003b). Ook Sistermans et al. (2003) melden het voorkomen van deze soort in de Oosterschelde en de Grevelingen in het najaar van 2002.

De soort komt plaatselijk algemeen in de Noordzee voor, vooral in diep water met slibbige bodem. Ze is algemeen in slib in de Duitse Bocht (Ziegelmeier 1957).

Cerastoderma edule (Linnaeus, 1758) - kokkel

Er zijn slechts enkele recente waarnemingen van *Cerastoderma edule* (fig. 11): één individu in de Jan van Riebeeckhaven en enkele uit het Noordzeekanaal, km 6 (fig. 23).

Er zijn enkele historische waarnemingen uit het onderzoeksgebied, maar daarvan vermoeden wij dat het brakwaterkokkels *Cerastoderma glaucum* zijn geweest (zie bij die soort). Ook de eerste recente kokkelwaarneming uit het gebied van km 2 uit 1987 is niet verifieerbaar (Peeters 1988). Bij dit onderzoek zijn ook nog 'zeebivalven' aangetroffen. In het rapport is slechts een tabel met de code 'ZEEBIVALV' opgenomen. Het materiaal is destijds verast ten behoeve van biomassa-bepalingen. Daardoor kan niet worden achterhaald om welke soorten het ging (mond. med. Peeters).

Volgens Kuijper (2000) worden wateren met een chloridegehalte van minder dan 10‰ door de kokkel gemeden. De waarneming uit de Jan van Riebeeckhaven werd gedaan bij een gehalte van 7‰ en die uit het Noordzeekanaal bij 9,2-9,7‰ chloride. Ter hoogte van km 6 kan het chloridegehalte boven de bodem zo'n 12‰ bereiken en in de Jan van Riebeeckhaven zo'n 7,6‰. Daarom is het waarschijnlijker dat een populatie zich in het Noordzeekanaal kan handhaven dan in de Jan van Riebeeckhaven.



Figuur 12. Brakwaterkokkel *Cerastoderma glaucum*.
Figure 12. Lagoon cockle *Cerastoderma glaucum*.

Cerastoderma glaucum (Poiret, 1789) - brakwaterkokkel

syn. *Cardium edule* var. *lamarcki* Reeve, 1844, *Cardium edule* var. *paludosa* Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1892

De wetenschappelijke naam van de brakwaterkokkel (fig. 12) heeft nogal wat wijzigingen ondergaan en is nog steeds niet stabiel. Verder is het mogelijk dat sommige oude waarnemingen van *Cardium edule* uit de voormalige Zuiderzee en het Noordzeekanaalgebied *Cerastoderma glaucum* betreffen.

Recente vondsten

In 1997 werd een juveniel individu in de natuurvriendelijke oever van het Noordzeekanaal gevonden, ter hoogte van km 9, bij Spaarnwoude (Kuijper 2000). Dit gebied is in 1996 aangelegd. Het betrof een 'broedje', ofwel een nuldejaars, 1 mm groot kokkeltje. In 2000 werd hier een 10 mm groot individu aangetroffen (Tempelman 2000a) en in 2003 zelfs een 24 mm groot individu (Den Boer et al. 2004).

In 2000 en 2001 werd de soort plaatselijk talrijk aangetroffen in de diepe bodem van het Noordzeekanaal, vooral tussen km 6 en 11 (fig. 19). De dichtheden bleken op te kunnen lopen tot 187 ind./m² ter hoogte van km 6 (Kaag 2002). Oostelijk van km 11 is de soort zeldzamer,

al zijn de dichtheden soms toch nog vrij hoog, bijvoorbeeld 63 ind./m² bij km 18. De zuurstofverzadiging tussen km 6 en 11 ligt boven de 50%, de zuurstofgehalten liggen hier rond de 12 mg/l. In de havens en oostelijker van km 20 komt ze vrijwel niet voor. In de zomer is het bodemwater hier vrijwel zuurstofloos, bij voor brakwaterkokkels overigens voldoende brakke omstandigheden (Van Haaren 2002).

In 1993 werd bij een bodemonderzoek in het Binnenspuikanaal geen enkele bivalve aangetroffen (Anonymus 1994). In oktober 2001 en april 2002 is de brakwaterkokkel hier echter talrijk aangetroffen, met dichtheden tot 113 ind./m² (Kaag 2002). Van de andere kanalen bij IJmuiden zijn geen waarnemingen bekend. In september 2002 wordt de brakwaterkokkel ook in bodemonsters uit de niet eerder onderzochte Afrikahaven aangetroffen. Het betreft voornamelijk zeer juveniele individuen van rond 2 mm groot; enkele (van 10 m diepte) zijn 7,5 mm groot. De dichtheden hier zijn relatief laag, maximaal worden 43 ind./m² gevonden (Tempelman 2003a).

De in het Noordzeekanaal gevonden dichtheden van soms meer dan 100 ind./m² zijn niet extreem. Toen IJsselmeer nog Zuiderzee was werden in het Buiten-IJ dichtheden tot 550 ind./m² gevonden. In Denemarken zijn dichtheden tot enkele duizenden ind./m² gevonden (Gittenberger et al. 1998). In het Kanaal door Walcheren zijn ook grote dichtheden aangetroffen, tot 187 ind./m² ten noorden van Middelburg (Tempelman 2003b).

Historie

Vroeger kwam dit kenmerkende brakwaterdier op veel plekken in Noord-Holland voor, onder meer langs Het IJ. Voor de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 kwam de soort nog voor in het Lozingskanaal en in de Muidergracht (Bentham Jutting 1941, Kuijper 2000). Waarnemingen van *Cardium edule* var. *paludosa* en vermoedelijk ook (een deel van) *Cardium edule* uit de voormalige Zuiderzee hebben alle betrekking op *Cerastoderma glaucum*. De waarnemingen van Romijn (1923,



Figuur 13. Toegeknepen korfmossel *Corbicula fluminalis*.
Figure 13. The Asian clam *Corbicula fluminalis*.



Figuur 14. Aziatische korfmossel *Corbicula fluminea*.
Figure 14. The Asian clam *Corbicula fluminea*.

1924) van *Cardium* spec. en *Cardium edule* van Zijkanaal F bij Halfweg (oktober 1922, november en december 1923), de Zaan bij de Noorderbrug (oktober 1922) en het Noordhollandsch Kanaal bij Alkmaar (juli 1923) hebben waarschijnlijk ook betrekking op *C. glaucum*.

Na het afsluiten van de Zuiderzee verdween de soort alhier: 'zowel in het IJsselmeer als op het vasteland van Noord-Holland leven geen brakwaterkoksels meer' (Kuijper 2000).

Ecologie

Brakwaterkoksels leven in stilstaand, soms zwak stromend water met een chloridegehalte van 4-13‰, met een optimum rond 8‰. Tijdelijk worden ook oligohaliene omstandigheden verdragen (Kuijper 2000). De vondsten in het Noordzeekanaalgebied zijn hiermee in overeenstemming. Het chloridegehalte waarbij brakwaterkoksels in het gebied zijn aangetroffen was in het voorjaar gemiddeld 6,3‰ en in het najaar gemiddeld 7,8‰. In het voorjaar van 2001 werden lagere chloridegehalten gemeten, de laagste gemeten waarde voor de soort is 2,6‰ (Van Haaren 2002).

In het voorjaar is de ondiepe zone van het kanaal (tot 5 m diepte) een stuk zoeter dan in het najaar. Het chloridegehalte ligt dan onder de 3‰ en er

zijn hier dan geen brakwaterkoksels te vinden.

In diepe delen van het kanaal is het dan nog wel zout genoeg en komen er wel brakwaterkoksels voor. De biomassa is in het voorjaar het hoogst in het diepste deel van het kanaal (op 15 m diepte), in het najaar is de biomassa juist het hoogst in het minder diepe deel (10 m). Dit komt waarschijnlijk door slechtere zomerse zuurstofgehalten boven de bodem. Hierdoor worden de grotere dieren gedwongen naar boven te migreren (grofweg van 15 naar 10 m diepte). Te ver naar boven kunnen ze echter niet, want in de zomermaanden zijn de bovenste meters voor deze soort te zoet. Van alle waarnemingen is 72% afkomstig van meer dan zeven meter diepte. In de ondiepe zone (circa 5 m diep) is ze veel minder aangetroffen, en dan vooral in het najaar. Er is slechts een tweetal waarnemingen van minder dan één meter diepte bekend: twee broedjes in de natuurvriendelijke oever bij de Zuiderpolder (km 9,5) in september 2004 (Van Haaren 2004). De omstandigheden op de lokaties waarin de brakwaterkokkel is aangetroffen worden weergegeven in tabel 2.

Waarschijnlijk is de populatie brakwaterkoksels in het Noordzeekanaal één van de grootste in ons land, samen met die in het Kanaal door Walcheren. Omdat tussen de laatste vondsten

	Diepte (m)	temp. (°C)	O ₂ (%)	O ₂ (mg/l)	EGV (mS/cm)	chloride (mg/l)	saliniteit (g/l)
minimum	0,4	8,5	22	1,8	8,2	2557	4,6
maximum	16,2	21,5	102	10,2	29,1	11207	20,3
gemiddelde	9,7	16,3	80	8,0	17,9	6722	12,2
standaard.dev	4,7	3,6	16	1,8	5,8	2445	4,4
percentiel-10	2,2	9,6	58	5,3	9,9	3340	6,0
percentiel-25	7,0	15,8	71	7,4	12,7	4288	7,8
percentiel-50	10,5	16,5	85	8,6	17,9	7000	12,7
percentiel-75	13,6	19,1	90	9,2	21,9	8826	16,0
percentiel-90	15,2	20,2	93	9,4	25,6	9856	17,8
n	43	41	40	40	41	41	41

Tabel 2. Responsies van de brakwaterkokkel *Cerastoderma glaucum*, op basis van waarnemingen in het Noordzeekanaalgebied.

Table 2. Responses of the lagoon cockle *Cerastoderma glaucum*, based on records in the Noordzeekanaal-complex.

in het gebied en de herontdekking aan het eind van de 20^e eeuw een periode van zo'n 50 jaar zit, rijst de vraag of de soort zich recent heeft gevestigd of over het hoofd is gezien. Zie hiervoor de Discussie.

Corbicula fluminalis (Müller, 1774) - toegeknepen korfmossel

Corbicula fluminalis (fig. 13) is bijna uitsluitend in het oostelijkste deel van het Noordzeekanaal aangetroffen, van km 18 tot het Binnen-IJ bij Amsterdam (km 25) (fig. 23). Verder is er een waarneming van één individu in de Staalhaven te IJmuiden (Kaag 2002, Van Haaren 2002). De toegeknepen korfmossel is in het gebied alleen bij lagere chloridegehalten aangetroffen, van 2,6 tot 4,1‰ en bij behoorlijke zuurstofgehalten (5,2-11,2 mg/l resp. 58-107% verzadiging). De diepte was maximaal zes meter.

In het buitenland is deze soort bij chloridegehalten tot liefst 24‰ aangetroffen (Gittenberger et al. 1998). Dergelijke hoge waarden voor *C. fluminalis* zijn uit Nederland niet bekend. Het lijkt er wel op dat *C. fluminalis* beter tegen zoutere omstandigheden kan dan de verwante *C. fluminea*. *Corbicula fluminalis* komt sinds

enige jaren ook voor in de Amsterdamse grachten (De Bruyne & Neckheim 2001).

Corbicula fluminea (Müller, 1774) - Aziatische korfmossel

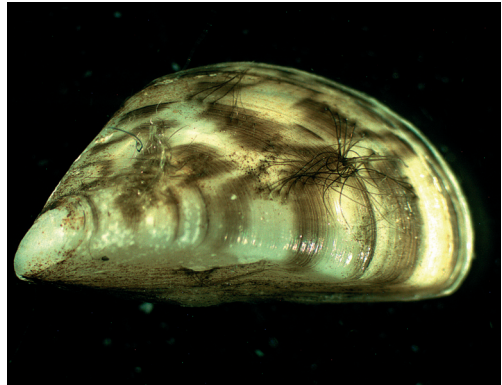
Er is een handjevol vondsten van *Corbicula fluminea* (fig. 14) bekend uit het Binnenspuikanaal bij IJmuiden, het Binnen-IJ en het Hannesgat bij Amsterdam (Kaag 2002, Kruijssen & Wessels 2001) (fig. 23). Het hoogste chloridegehalte waarbij *C. fluminea* is aangetroffen was 7,6‰, in het Binnenspuikanaal. *Corbicula fluminea* is in het buitenland bij een chloridegehalte tot 14‰ gevonden (Gittenberger et al. 1998). Uit de Amsterdamse grachten zijn ook diverse recente waarnemingen bekend (De Bruyne & Neckheim 2001).

Corbula gibba (Olivi, 1792) - korfschelp

Van *Corbula gibba* (fig. 15) zijn vier juveniele individuen, van 4,5 tot 6 mm groot, verzameld met de AquaSucker, op 20 juni 2002 in het noordelijke deel van de Afrikahaven op 15 m diepte (Tempelman 2003a) (fig. 23). Deze korfmosseltjes werden abusievelijk als *Mactra corallina* (Linnaeus, 1758) gerapporteerd.



Figuur 15. Korfschelp *Corbula gibba*.
Figure 15. Common basket shell *Corbula gibba*.



Figuur 16. Driehoeksmossel *Dreissena polymorpha*.
Figure 16. Zebra mussel *Dreissena polymorpha*.

Determinatiecontrole door dhr. Kuijper leerde dat het *C. gibba* betrof.

De korfschelp leeft in de Noordzee en is hier algemeen in diepe, slibbige bodems. De vondsten in de Afrikahaven zijn de eerste uit de Nederlandse binnendijkse wateren. Sindsdien is hij ook gevonden in het Kanaal door Walcheren ten noorden van Vlissingen en in de Vlissingse Buitenhaven, in de Grevelingen, de Oosterschelde en het Veerse Meer (Tempelman 2003a, Moolenbeek 1999, Sistermans et al. 2003). Verder zijn verse doubletten gevonden op het Maasvlaktestrand, in sediment uit de uitgediepte Europahaven (westelijk van Rotterdam) en op de Kaloot, waarschijnlijk uit de uitgediepte Scaldiahaven in het Sloegebied bij Vlissingen (Janse 2002). Het lijkt erop dat deze soort haar verspreidingsgebied de laatste paar jaar naar deze diepe, sterk brakke kanalen en havens heeft weten uit te breiden. Zoals alle tweekleppigen heeft de korfschelp pelagische veligerlarven. Kennelijk hebben veligerlarven van de Noordzeepopulatie via de sluis bij IJmuiden de Afrikahaven weten te bereiken. Deze vondsten leren dus dat het gebied via de sluisen bij IJmuiden gekoloniseerd kan worden, omdat er geen Zuiderzee-waarnemingen van deze soort zijn. Maar dit is geen wonder. Ook talrijke vissoorten migreren via IJmuiden (mond. med. W. Gotjé).

Crassostrea gigas (Thunberg, 1793) - Japanse oester

Een enkel individu is in 2002 aangetroffen in het Binnenspuikanaal bij IJmuiden (aangeduid als *Crassostrea* spec., Kaag 2002) (fig. 23). Deze vondst is de eerste in het gebied. Ter plaatse, op 9 meter diepte, was het chloridegehalte 6,4‰. Het verspreidingsgebied in Nederland was tot voor kort beperkt tot de Oosterschelde in Zeeland, waar de soort in de jaren 1965 is uitgezet (Dankers et al. 2004). Nu is het daar de dominante soort. Sinds kort zijn ook in de Westerschelde enorme aantallen te vinden (waarnemingen auteurs). Sinds ongeveer 1983 is de soort ook aanwezig in de Waddenzee (Dankers et al. 2004), sinds enkele jaren zelfs met grote oesterbanken.

Er wordt tegenwoordig meestal geen onderscheid meer gemaakt tussen de Japanse oester (*C. gigas*) en Portugese oester (*C. angulata*), omdat ze zich hebben vermengd en nauwelijks meer te herkennen zijn; voor het gemak noemt men ze nu allemaal Japanse oester (*C. gigas*).

Dreissena polymorpha (Pallas, 1771) - driehoeksmossel

De driehoeksmossel (fig. 16) blijkt volgens recente gegevens een beperkte verspreiding in

	Diepte (m)	temp. (°C)	O ₂ (%)	O ₂ (mg/l)	EGV (mS/cm)	chloride (mg/l)	saliniteit (g/l)
minimum	0,3	13,0	51	5,3	0,3	450	0,8
maximum	8,9	22,0	118	11,0	6,8	4133	7,5
gemiddelde	1,1	17,2	77	7,4	3,2	1662	3,1
standaard.dev.	1,8	2,1	14	1,4	2,3	730	1,3
percentiel-10	0,5	14,2	61	5,9	0,5	924	1,7
percentiel-25	0,5	16,0	65	6,2	0,8	1192	2,2
percentiel-50	0,5	17,0	76	7,3	3,2	1578	2,9
percentiel-75	0,5	18,6	84	8,1	5,2	2019	3,7
percentiel-90	3,1	19,0	92	9,5	6,2	2631	4,8
n	43	33	34	36	28	38	38

Tabel 3. Responsies van de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha*, op basis van waarnemingen in het Noordzeekanaalgebied.

Table 3. Responses of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*, based on records in the Noordzeekanaal-complex.

het Noordzeekanaalgebied te hebben: ze is alleen algemeen ten oosten van km 18 (fig. 20). Hier is ze talrijk op de stortstenen te vinden, maar slechts tot ongeveer één meter diepte (Gotjé 2002).

Verder westelijk zijn er ook meldingen, zelfs van km 2, maar deze zijn mogelijk incorrect en betreffen waarschijnlijk de brakwatermossel.

Uit het Zuiderzee-tijdperk zijn van het Noordzeekanaalgebied geen waarnemingen bekend. Uit het Zuiderzeegebied zelf is slechts een enkele vondst gemeld: Van Benthem Jutting in Redeke (1922) meldt een waarneming van de Zuiderzeekust bij Vollenhove, bij een chloridegehalte van 6,8‰ en een waarneming bij een chloridegehalte van maar liefst 18‰. Deze laatste waarneming lijkt dubieus, wegens het voor deze soort zeer hoge chloridegehalte. Ook de waarneming bij Vollenhove is twijfelachtig, omdat dit de enige is in het Zuiderzeegebied, bij een bovendien fors chloridegehalte. Chloridegehalten van boven de 3,5‰ kunnen door deze soort slechts kortere tijd worden verdragen (Gittenberger et al. 1998).

Na de afsluiting in 1932 blijven meldingen van driehoeksmossels in het Noordzeekanaalgebied eerst zeer beperkt. Stock & Mulder (1953) melden dat driehoeksmossels of andere zoetwatermollusken in het Noordzeekanaal zo goed als niet

voorkomen. Peeters (1988) meldt van deze soort alleen waarnemingen van Zijkanaal G en van Het IJ (km 25 en 28). De soort heeft echter, blijkens recente gegevens, een ruimere verspreiding in het Noordzeekanaalgebied. Oostelijk van km 18 is ze talrijk op de stortstenen te vinden, weliswaar alleen tot ongeveer één meter diepte (Gotjé 2002).

Behalve van de stortstenen wordt zij van knikkerkorfjes gemeld. Er is onder andere een melding van één individu bij km 2 in 1998 (MWTI, Monitoring der Waterstaatkundige Toestand des Lands van Rijkswaterstaat). Deze melding is uitzonderlijk, omdat hier een chloridegehalte heerst van ruim 4‰. Verder is er een melding van km 13 (De Bruyne & Neckheim 2001). Gezien de beperkte zoutwatertolerantie van deze soort moeten waarnemingen van driehoeksmossels westelijk van km 18 als uitzonderlijk worden beschouwd. Mogelijk berusten ze zelfs op onjuiste determinaties. De voor zouter water veel tolerantere brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* lijkt tenslotte veel op de driehoeksmossel. De responsietabel van de driehoeksmossel laat zien dat er vrijwel geen waarnemingen zijn waar het chloridegehalte hoog is (tabel 3).

Het is interessant om de verspreiding van de

driehoeksmossel met die van de brakwatermossel te vergelijken. Er blijkt slechts een geringe overlap in de verspreiding te zijn. Het water waar de soorten overlappen heeft een chloridegehalte van 1,5 à 2‰. Oostelijk van km 14 komt de brakwatermossel alleen in de diepere, zoutere delen voor (dieper dan 4 meter), terwijl ze westelijker ook in de ondiepere delen te vinden is. De driehoeksmossel daarentegen is in bijna het hele kanaal juist aan de minder diepe, zoetere delen gebonden. Alleen in het meest oostelijke deel (vanaf km 25) kan hij ook in de diepere delen gevonden worden. Ongeveer 86% van de waarnemingen van de driehoeksmossel is afkomstig uit de bovenste meter van de waterkolom, terwijl bij de brakwatermossel slechts ongeveer 50% van de waarnemingen in de eerste meter wordt aangetroffen.

De driehoeksmossel is een typische zoetwatersoort die zich in het Noordzeekanaal gebied tot zo'n 2‰ kan handhaven. Het ontbreken van oude meldingen, tot en met de publicatie van Stock & Mulder (1953) is opvallend en wijst mogelijk op een kolonisatie in de tweede helft van de 20^e eeuw.

***Ensis directus* (Conrad, 1843) - Amerikaanse zwaardschede**

syn. *E. americanus* (Binney, 1870)

Bij km 11 werd op 17 april 2001 één levend exemplaar van 5,9 cm omhoog gehaald, van een diepte van 15,5 m (fig. 23). De zuurstofverzadiging was hier 66% (bij 8,8°C) en het chloridegehalte 7,6‰ (Van Haaren 2002).

De Amerikaanse zwaardschede komt sinds begin jaren 1980 in de Nederlandse kustwateren voor en is hier nu één van de algemeenste schelpdiersoorten. De soort heeft verwante *Ensis*-soorten hier compleet verdreven. De dieren leven rechtopstaand in zandige of slibbige bodems in tamelijk ondiep water (0-16 m diep) (De Bruyne 1991). De waarneming uit het Noordzeekanaal is de tweede binnendijkse waarneming in ons land. De eerste stamt uit het Grevelingenmeer bij Scharendijke in 1997 (Kuijper 2000).

***Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) - nonnetje**

Het nonnetje is éénmaal aangetroffen, met één individu in een monster uit de 14,4 m diepe bodem van het Noordzeekanaal tussen km 6 en 7 (fig. 23). Dit individu was 2 cm groot, en werd geschat 4 jaar oud te zijn. Het chloridegehalte ter plaatse bedroeg 9,2‰ en er werd een zuurstofgehalte gemeten van 9,2 mg/l (90% verzadiging bij 15,8°C) (Kaag 2002). In Nederland zijn binnendijkse waarnemingen van deze soort alleen bekend uit het Deltagebied en Texel (Kuijper 2000). De soort kwam vroeger algemeen voor in de Zuiderzee (Redeke 1929).

***Mya arenaria* Linnaeus, 1758 - strandgaper** **Recente waarnemingen**

In 1997 werden enkele juveniele strandgapers (fig. 17) gevonden in de 1,5 tot 2 m diepe bodem van de natuurvriendelijke oever bij Spaarnwoude (Tempelman 1997). Ook in 2000 en 2003 wordt deze soort hier weer aangetroffen (Tempelman 2000a, Den Boer et al. 2004). In 2000 werd de soort aangetroffen in modder tussen stenen langs het talud van de Afrikahaven, ter hoogte van km 11,5 van het Noordzeekanaal (Kuijper 2000) (fig. 21). Het grootste individu was 28 mm (mond. med. W. Kuijper).

In het jaar 2000 bleek de strandgaper algemeen voor te komen in de bodem van het Noordzeekanaal en zeldzaam in enkele havens (Van Haaren 2002, Kaag 2002). In 2002 bleek zij vrij algemeen voor te komen in de Afrikahaven (Tempelman 2003a) en in april 2005 in de Jan van Riebeeckhaven. Ook zijn in 2005 enkele exemplaren verzameld in de Voorzaan (Kikkert in druk). In het Binnenspuikanaal bij IJmuiden zijn in 2001 en 2002 flinke aantallen gevonden (Kaag 2002). Ongeveer 70% van de vondsten komt van meer dan zeven meter diepte. Zo'n 5% is van minder dan één meter diepte. Deze waarnemingen komen uit de natuurvriendelijke oevers bij Spaarnwoude en de Zuiderpolder.



Figuur 17. Strandgaper *Mya arenaria*.
Figure 17. Sand gaper *Mya arenaria*.



Figuur 18. Brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata*.
Figure 18. False dark mussel *Mytilopsis leucophaeata*.

Historie

De strandgaper is van oorsprong waarschijnlijk geen Europese soort. De Vikingen zouden dit eetbare schelpdier omstreeks het jaar 1000 uit wateren rondom Groenland in de Europese wateren hebben ingevoerd (Nehring & Leuchs 2000).

De eerste waarneming in het Noordzeekanaalgebied stamt van het begin van de 19^e eeuw. Van Hall (1828) meldt dat de strandgaper onder andere zeer algemeen was in Het IJ. In de Zuiderzee was de strandgaper in die tijd de algemeenste tweekleppige (Kuijper 2000). Voor de afsluiting van de Zuiderzee zijn strandgapers nog waargenomen in het Buiten-IJ, de Muidergracht en het Lozingskanaal in Amsterdam-Oost (Redeke 1922, Van Benthem Jutting 1941, Kuijper 2000).

Na de afsluiting verdween de soort niet zo snel als bijvoorbeeld de mossel *Mytilus edulis*. Nog in 1934 werden er levende strandgapers in het IJsselmeer waargenomen. Dit toont de tolerantie van deze soort voor lagere zoutgehalten. In 1951-1952 en in 1990 is de soort verzameld rond de grote sluis van IJmuiden (Stock & Mulder 1953, Meijer et al. 1990). Tussen 1952 en 1990 wordt over het voorkomen van deze soort in het gebied niets gemeld.

Ecologie

Strandgapers worden maximaal zo'n 28 jaar oud (Witbaard 2003) en bereiken bij hogere zoutgehalten een lengte van zo'n 20 cm. In de Waddenzee worden ze maximaal zo'n 10 cm (waarnemingen auteurs) en in de voormalige Zuiderzee zo'n 4 cm (De Bruyne & Neckheim 2001). Verhongering mag niet zonder meer als verklaring van deze dwerggroei in brak water worden aangenomen (De Beaufort 1954).

In het Noordzeekanaal is de gemiddelde lengte van strandgapers slechts 1 cm. De grootste individuen, van enkele cm groot (max. 5,8 cm), worden in lage dichtheden aangetroffen op 6-9 m diepte, ter hoogte van km 6 en 11. In de middenzone van het kanaal (op ruim 15 m diepte) zijn ze gemiddeld veel kleiner. De dichtheden van de kleine individuen zijn hier echter wel hoog, tot 346 ind./m² en in het Binnenspuikanaal tot 486 ind./m² (Kaag 2002, Van Haaren 2002). Mogelijk wordt de geringere dichtheid van grote individuen in de diepe, zuurstofarme zone veroorzaakt door de hogere zuurstofbehoefte van grotere exemplaren. Enkele grote individuen zijn in september 2000 ook aangetroffen in de ondiepe zone ter hoogte van km 14 (Van Haaren 2002). In de Afrikahaven werden vooral broedjes met een gemiddelde lengte van 0,5 tot 9 mm gevonden; het grootste individu alhier mat 21 mm (Tempelman 2003a).

	Diepte (m)	temp. (°C)	O ₂ (%)	O ₂ (mg/l)	EGV (mS/cm)	chloride (mg/l)	saliniteit (g/l)
minimum	0,2	4,5	0	0,0	5,7	1726	3,1
maximum	16,2	21,5	106	10,6	32,8	12756	23,1
gemiddelde	9,3	14,5	76	7,7	18,3	6805	12,3
standaard.dev	4,6	4,5	21	2,3	6,2	2443	4,4
percentiel-10	2,0	9,5	45	4,0	10,0	3488	6,3
percentiel-25	5,15	10,6	69	7,2	12,9	4687	8,5
percentiel-50	10,2	15,8	85	8,6	18,3	6804	12,3
percentiel-75	12,5	18,9	89	9,3	22,5	8633	15,6
percentiel-90	15,32	20,1	94	9,6	25,9	9815	17,7
n	99	89	87	87	88	87	87

Tabel 4. Responsies van de strandgaper *Mya arenaria*, op basis van waarnemingen in het Noordzeekanaalgebied.
Table 4. Responses of the sand gaper *Mya arenaria*, based on records in the Noordzeekanaal-complex.

De dichtheden in het Noordzeekanaal zijn te vergelijken met die in het Kanaal door Walcheren, waar de soort zeer algemeen is op het traject Middelburg-Veere. De dichtheid is daar maximaal 542 ind./m² (Tempelman 2003b). De maximale dichtheden die we vinden in het Noordzeekanaal en het Kanaal door Walcheren zijn laag in vergelijking met die in de voormalige Zuiderzee (tot 1932): toen leefden er tot 3000 strandgapers per vierkante meter (De Bruyne & Neckheim 2001).

In ons land zijn strandgapers verder op veel binnendijkse locaties gevonden, vooral in Zeeland, een enkele op Voorne en een enkele op Texel (Kuijper 2000). De soort komt niet tot nauwelijks in de Noordzee voor, hoewel losse kleppen soms aanspoelen.

Behalve in de Afrikahaven worden strandgapers nauwelijks in de havens aangetroffen, vanwege periodes van vrijwel zuurstofloosheid. Slechts éénmaal is een individu onder vrijwel zuurstofloze omstandigheden gevonden. De strandgaper komt in het Noordzeekanaalgebied vooral voor bij zuurstofgehalten tussen de 4 en 9,6 mg/l en chloridegehalten tussen 3,5 en 9,9‰ (tabel 4). De strandgaper kan overigens nog lagere zoutgehalten verdragen: het laagste chloridegehalte waarbij

strandgapers levend uit het IJsselmeer werden gevist bedroeg 0,8‰ in de Lemster Hop in maart 1933. In brakwatergebieden elders in Europa ligt het chlorideminimum van de strandgaper gewoonlijk veel hoger, op 5 tot 8‰. Het voor de strandgaper maximaal gevonden chloridegehalte na de afsluiting van de Zuiderzee bedroeg 6,8‰ (De Beaufort 1954). Volgens deze waarnemingen in het Noordzeekanaalgebied ligt het bereik van deze soort tussen de 1,7 en 12‰. Tabel 4 geeft responsies van de strandgaper, onder meer voor het chloridegehalte.

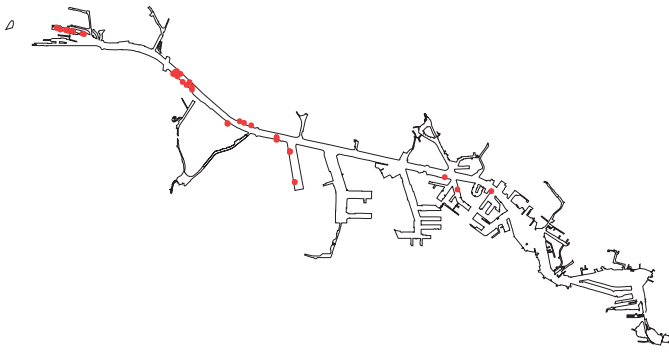
Voor de strandgaper geldt dezelfde vraag als voor de brakwaterkokkel: is de herontdekking na 50 jaar terug te voeren op een herkolonisatie of is de soort al die tijd over het hoofd gezien? Deze vraag wordt behandeld in de Discussie.

Mytilopsis leucophaeata (Conrad, 1831) - brakwatermossel

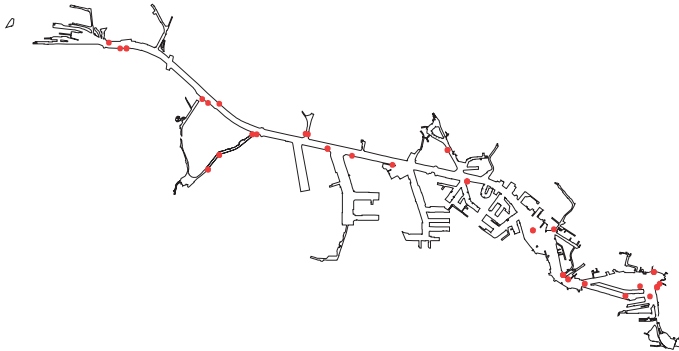
syn. *Congeria cochleata* (Nyst, 1835)

Recente waarnemingen

De brakwatermossel (fig. 18) is recent algemeen aangetroffen op stenen en op de bodem van het Noordzeekanaal (fig. 22). Er worden dichtheden bereikt tot ruim 6800 ind./m². Vooral in de



Figuur 19. Verspreiding van de brakwaterkokkel *Cerastoderma glaucum* in het Noordzeekanaalgebied.
Figure 19. Distribution of the lagoon cockle *Cerastoderma glaucum* in the Noordzeekanaal area.



Figuur 20. Verspreiding van driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* in het Noordzeekanaalgebied.
Figure 20. Distribution of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* in the Noordzeekanaal area.

ondiepe (4-5 m diepte) en diepere zone (10 m) komt de soort in hogere dichtheden voor. In de middenzone van het kanaal (15 m diepte) en in de vrijwel zuurstofloze Mercurius- en Jan van Riebeeckhavens komt de soort slechts sporadisch voor. Ook in de Afrikahaven zijn slechts lage dichtheden, van kleine individuen van deze soort aangetroffen (Tempelman 2003a). Eerder vond Schaap (1981) reeds enkele schelpen in de Mercuriushaven (december 1980). Behalve in de ondiepe bodem is de soort ook massaal op de stortstenen beschoeiing te vinden. Zo vonden Klink et al. (1993) maximaal 1255 ind./m² ter hoogte van km 2. In de natuurvriendelijke oevers bij Spaarnwoude en de Zuiderpolder komt de brakwatermossel voor in lage dichtheden op de bodem en talrijk op de stortstenen beschoeiing (Tempelman 2000a, 2000b, Van Haaren 2004). De aanwezigheid van deze soort op de stortstenen is al een tijd bekend. Stock & Mulder (1953), Kuijper (2000) en De Bruyne & Neckheim (2001) maken allen

melding van brakwatermossels langs het hele Noordzeekanaal en merken op dat ze in het oostelijk deel in veel lagere aantallen voorkomen dan in het westelijke deel.

Historie

Deze van oorsprong Amerikaanse soort werd voor het eerst in Nederland waargenomen door Maitland, in 1895 in de Amstel 'nabij den Omval' (Scholten 1919). Behalve deze eerste vondst, vlak bij het hier besproken onderzoeksgebied, zijn van vóór 1932 de volgende vindplaatsen gemeld: westoever van het Noorderspaarne (in 1915), Zijkanaal F bij Halfweg (november 1922, bij 1,3‰ chloride; januari en oktober 1923), een baksteenpijler in de Zaan bij de Noorderbrug (oktober 1922) en het Noordzeekanaal bij de Hembrug (1927) (Scholten 1919, Romijn 1923, 1924, Boettger 1932). Verder bevindt zich in het Gemeentearchief Amsterdam een handgeschreven tekst van mw. Wibaut, uit het begin van de jaren 1930, waarin van '*Dreisensia* (sic!) *cochleata*' onder

	Diepte (m)	temp. (°C)	O ₂ (%)	O ₂ (mg/l)	EGV (mS/cm)	chloride (mg/l)	saliniteit (g/l)
minimum	0,1	7,6	0	0,4	2,0	450	0,8
maximum	20,3	23,0	118	11,3	29,1	10180	18,4
gemiddelde	4,3	16,5	71	6,1	12,0	4192	7,6
standaard.dev	5,0	3,7	23	3,0	7,0	2603	4,8
percentiel-10	0,3	9,8	46	1,3	3,9	1341	2,4
percentiel-25	0,5	15,0	61	2,8	6,4	2100	3,6
percentiel-50	1,0	17,0	75	6,7	11,3	3789	6,2
percentiel-75	7,0	19,1	87	8,5	16,3	5948	11,2
percentiel-90	12,2	20,4	93	9,3	22,8	7972	14,8
n	167	109	99	102	108	109	103

Tabel 5. Responsies van de brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata*, op basis van waarnemingen in het Noordzeekanaalgebied.

Table 5. Responses of the false dark mussel *Mytilopsis leucophaeata*, based on records in the Noordzeekanaal-complex.

meer de volgende vindplaatsen worden genoemd: Haarlemmerliede en Spaarnwoude, Ouder Amstel, Amsterdamse grachten (Oosterdok, Entrepotdok, Dijkgracht en Nieuwe Vaart), Raasdorp, Zaandam, Haarlem, Watergraafsmeer, Westzaan, De Delft tussen Zuiderpolder, de Nauernasche vaart (mei 1929) en de Zuiderzee aan de palen buiten de Oranjesluizen (september 1931).

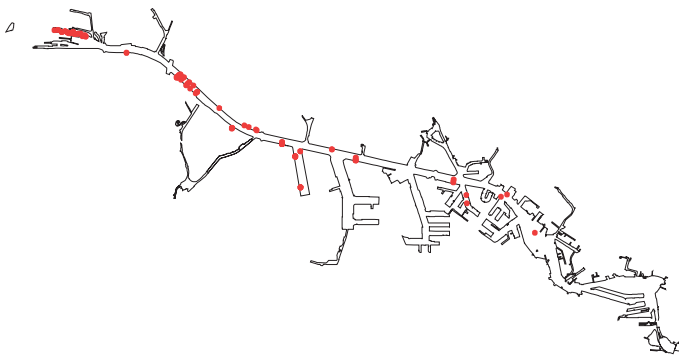
Na de afsluiting van de Zuiderzee ging de soort in de grachten en dokken van Amsterdam sterk achteruit (Vorstman 1941, Van Benthem Jutting 1941, Kuijper 2000). Er zijn uit die tijd waarnemingen bekend van IJmuiden (juli 1933), in de cementbakken van Centrale Noord (1935), de Hembrug (juni 1936) en de Noorderamstelbrug (juni 1934) (collectie Gemeentearchief Amsterdam). Veen (1943) vond de soort in 1937-1940 in de Zaan, ten noorden van de Wilhemina'sluizen. Uit april 1951 is er ook een melding van de soort langs de Ruyterkade, aan de oostzijde van Amsterdam. Deze waarneming is opmerkelijk, omdat de brakwatermossel hier samen met de driehoeksmossel werd aangetroffen. Het chloridegehalte bedroeg hier toen 1,4‰ (De Beaufort 1954).

Ecologie

Het zuurstof- en chloridebereik van de brakwatermossel in het Noordzeekanaalgebied ligt tussen 1,3 tot 9,3 mg/l en 1,3 tot 8,0‰ (tabel 5). Van deze soort is bekend dat ze bij chloridegehalten van 0,2 tot 14,6‰ leven (De Bruyne et al. 2003). Tijdelijk kunnen ze ook lagere (< 0,2‰) of hogere waarden (maximaal 27‰) overleven (Gittenberger et al. 1998). In de Afrikahaven werden in september 2002 op 15 m diepte vier individuen verzameld bij 10,2‰. Dit is het voor deze soort hoogste waargenomen chloridegehalte in dit gebied (Tempelman 2003a).

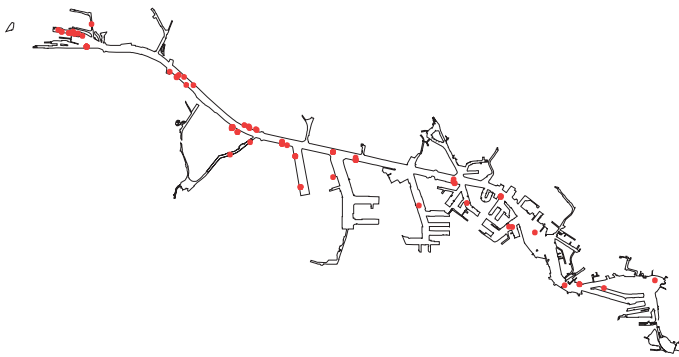
Mytilus edulis Linnaeus, 1758 - mossel

De mossel is alleen aangetroffen in het Binnenspuikanaal bij IJmuiden (fig. 23). In één geval, in april 2002, werd een dichtheid van 425 ind./m² vastgesteld (Kaag 2002). In het Binnenspuikanaal zijn ze op 6-11 m diepte gevonden, onder goede zuurstofomstandigheden (8,7-9,6 O₂/l) en een vrij hoog chloridegehalte (5,9-9,1‰). Het chloridegehalte in het Binnenspuikanaal kan oplopen tot zo'n 15‰. Volgens Kuijper (2000) heeft de soort dit minimaal nodig om zich goed te kunnen ontwikkelen.



Figuur 21. Verspreiding van de strandgaper *Mya arenaria* in het Noordzeekanaalgebied.

Figure 21. Distribution of the sand gaper *Mya arenaria* in the Noordzeekanaal area.



Figuur 22. Verspreiding van de brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* in het Noordzeekanaalgebied.

Figure 22. Distribution of the false dark mussel *Mytilopsis leucophaeata* in the Noordzeekanaal area.

Het is dan ook niet onwaarschijnlijk dat de mossel zich in het Binnenspuikanaal kan handhaven.

Vroeger kwam de soort vooral voor in het noordelijke deel van de Zuiderzee (Havinga 1929, Redeke 1922). Na de afsluiting in 1932 is zij hier niet meer waargenomen. Volgens Havinga (1936) begonnen de mossels reeds enkele maanden na de voltooiing van de Afsluitdijk af te sterven. Buiten de sluisen, aan de Noordzeekant, komt de mossel algemeen voor (Stock & Mulder 1953, Meijer et al. 1990). Binnendijkse vindplaatsen van de mossel zijn er in Nederland alleen in Zeeland (talrijke locaties), Voorne en Texel (Kuijper 2000).

Petricola pholadiformis Lamarck, 1818 - Amerikaanse boormossel

Een 12 mm grote Amerikaanse boormossel werd in april 2001 van een diepte van 16 m opgevist uit het midden van het kanaal, bij km 14 (fig. 23).

Op deze plek heerste een zuurstofverzadiging van 61% en een chloridegehalte van 6,6‰ (Van Haaren 2002).

Deze soort komt uit Noord-Amerika en werd in Nederland voor het eerst aangetroffen in 1899, aangevoerd met mossels uit de noordwestelijke Atlantische oceaan. Het is een mariene soort, die ingeboord leeft in kleibodems, veen en zachte steensoorten. Voor de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 zijn hier levende individuen gevonden (De Beaufort 1954, Redeke 1922, 1929). Vanaf 1932 zijn hier verder geen waarnemingen bekend. In Nederland zijn maar weinig binnendijkse waarnemingen bekend: Kanaal door Zuid-Beveland (1951), Kanaal door Walcheren (1953), Veerse Meer (vanaf 1964), Havenkanaal van Goes (1965) en Grevelingenmeer (vanaf 1979) (Kuijper 2000). De boormossel is hoogstwaarschijnlijk via de sluisen van IJmuiden in het Noordzeekanaal terechtgekomen.



Figuur 23. Verspreiding van de overige tweekleppigen in het Noordzeekanaalgebied.
Figure 23. Distribution of the other bivalve species in the Noordzeekanaal area.

Spisula subtruncata (Da Costa, 1778) - halfgeknotte strandschelp

Deze mariene soort is niet eerder vermeld van het Noordzeekanaalgebied. In de Afrikahaven (juni en september 2002) zijn 'broedjes' gevonden, nuldejaars schelpjes van 1,5-3,5 mm en één van 5 mm (Tempelman 2003a) (fig. 23). Enkele individuen werden ook aangetroffen in het Binnenspuikanaal en in het Noordzeekanaal tussen km 6 en 7 (Kaag 2002). Ze zijn aangetroffen op een diepte van 11-21,5 m, onder slechte of gunstige zuurstofomstandigheden (1,8-9,6 mg O₂/l), maar steeds bij een hoog chloridegehalte (6,2-9,1‰).

Voor de Noordzeekust is het een algemene soort, die plaatselijk de bekende *Spisula*-banken vormt. De larven zijn planktonische veliger-larven. Het is een soort die tijdelijk bestand is tegen

lagere zoutgehalten, zodat de vondsten in de Afrikahaven niet heel vreemd zijn. De soort was in de voormalige Zuiderzee zeldzaam; er werden alleen kleine individuen, van 1,5-7,5 mm aangetroffen bij een chloridegehalte van 8,5-15,5‰ (Van Benthem Jutting 1943). De dieren zijn hoogstwaarschijnlijk via de sluizen van IJmuiden het Noordzeekanaalgebied binnen gekomen. Uit Nederland is de soort binnendijs verder alleen bekend van het Grevelingenmeer, waar de soort sinds 1979 steeds in kleine aantallen wordt aangetroffen (Kuijper 2000).

Unio pictorum Philipsson, 1788 - schildersmossel

De schildersmossel is éénmaal aangetroffen, met één individu in april 2002 op 5,7 m diepte

in het Binnen-IJ (Kaag 2002) (fig. 23). Het is een inheemse zoetwatersoort, die brak water tot 3‰ chloride kan verdragen (Gittenberger et al. 1998). Het gemiddelde chloridehalte gedurende de monsterperiode was 3,6‰. In het stedelijk gebied van Amsterdam is de soort zeer algemeen (De Bruyne & Neckheim 2001). Het is niet te verwachten dat deze soort een populatie vormt of gaat vormen in het Noordzeekanaal.

DISCUSSIE

De bodemfauna van de diepe bodems van kanalen en havens in het Noordzeekanaalgebied is in de recente geschiedenis intensief onderzocht door Rijkswaterstaat en diverse onderzoeksbureaus. Het vele onderzoek leerde dat sommige soorten bivalven grote populaties in het gebied hebben. Ook enkele diepe havens bleken bivalven te herbergen. Van de brakwaterkokkel *Cerastoderma glaucum* blijkt onverwacht een grote populatie aanwezig te zijn. Omdat zij in Nederland en de ons omringende landen slechts een beperkte verspreiding kent mag dit opmerkelijk worden genoemd. Onverwacht is ook het talrijke voorkomen van de strandgaper *Mya arenaria*. Verder zijn diverse andere bijzondere vondsten gedaan.

Zowel de brakwaterkokkel als de strandgaper hadden tot het gereedkomen van de Afsluitdijk in 1932 grote populaties in de Zuiderzee. Van beide soorten zijn ook enkele oude waarnemingen in het Noordzeekanaalgebied bekend. Tussen pakweg 1950 en 1990 zijn er echter geen meldingen. Om te analyseren of beide soorten het Noordzeekanaalgebied wellicht hebben geherkoloniseerd moeten we terug naar de aanleg van het Noordzeekanaal in 1867-1876.

Het IJ was vóór de aanleg van het Noordzeekanaal zeer groot. Feitelijk kan het toenmalige IJ worden beschouwd als een uitloper, en het minst zoute deel, van de voormalige Zuiderzee. Vermoedelijk hadden beide soorten grote populaties in Het IJ. Met de aanleg van

het Noordzeekanaal werd het overgrote deel van Het IJ ingepolderd. Dit betekende een verlies van pakweg 90% van het areaal van deze brakwaterdieren. Door verzoeting verdwenen de populaties in de Zuiderzee na de afsluiting, evenals de binnendijkse populaties in noordelijk Noord-Holland. Ook het Noordzeekanaal werd zoeter en de spronglaag werd flink naar beneden gedrongen. Het is echter niet waarschijnlijk dat de verzoeting beide brakwatersoorten uit het Noordzeekanaal heeft verdreven. Niet alleen was de hoeveelheid zout water boven de bodem groot, deze zoutwatermassa was niet zomaar te verdunnen vanwege de gelaagdheid van het water. Door afwezigheid van scheepvaart en door het niet schutten in de oorlogsjaren was de gelaagdheid vermoedelijk zelfs nog sterker dan ervoor. Verder valt te verwachten dat de bodem bij verzoeting nog lange tijd zouten loslaat ('nalevering'). De strandgaper kan langdurig zoetere perioden verdragen. Het is daarom onwaarschijnlijk dat de afsluiting in 1932 een lokaal uitsterven heeft veroorzaakt. De brakwaterkokkel is wat minder resistent tegen langdurige perioden van zoet water. Toch is het moeilijk voor te stellen hoe pelagische veligerlarven het gebied via de sluisen van IJmuiden hebben kunnen bereiken. De dichtstbijzijnde populaties liggen immers binnendijks (in Zeeland en op Texel). Gezien de noordwaartse laterale larvenstroom is de laatste een vrijwel uitgesloten bron van herkolonisatie, maar ook vanuit het Deltagebied mag op dit vlak weinig verwacht worden, aangezien de populaties binnendijks liggen. Veel waarschijnlijker is dat voor de brakwaterkokkel voldoende brak water boven de bodem overbleef om de zoetere jaren 1932-1945 te overleven. Tussen pakweg 1945 en 1987 is er nauwelijks onderzoek gedaan naar de bodemdieren, zeker niet naar die van de diepe bodems. Waarschijnlijk zijn de brakwaterkokkel en strandgaper daarom toen niet gemeld. Een laatste argument voor de door ons dus verworpen 'herkolonisatie-theorie' is dat er de laatste 20 jaar een daling is geweest van de hoeveelheid nutriënten aan de wateroppervlakte (Zindler 2003). Dit zou kunnen doen

vermoeden dat het milieu voor de brakwaterkokkel is verbeterd, wat op herkolonisatie kan duiden, maar dit verklaart niet het voorkomen van de soort 100 jaar geleden.

Van de brakwatermossel was al bekend dat deze algemeen op de stortstenen beschoeiing te vinden is. Nieuw is dat zij plaatselijk ook talrijk op de bodem van het Noordzeekanaal voorkomt. Ook deze soort is sinds de introductie in 1895 waarschijnlijk nooit uit het gebied verdwenen. Ze is in Amsterdam wel sterk achteruit gegaan na de afsluiting van de Zuiderzee. Mogelijk speelt een verzoeting van het oppervlaktewater bij Amsterdam in de jaren 1980 een rol bij het verder terugdringen van de soort in westelijke richting. De glanzende dunschaal en de korfschelp zijn alleen in de Afrikahaven gevonden. Deze haven neemt binnen het gebied daardoor een bijzondere plaats in. De vondsten passen in het patroon van recente meldingen in kanalen en havens.

Verrassend en intrigerend zijn de vondst van enkele individuen van het nonnetje en halfgeknotte strandschelp. Vermoedelijk zijn deze mariene soorten via de sluisen bij IJmuiden als larve in het gebied terechtgekomen, maar misschien zijn het ook Zuiderzeerelicten. De mariene Amerikaanse boormossel en Amerikaanse zwaardschede komen zeker uit de Noordzee. Tenslotte zijn nog vier zoetwatersoorten in het gebied aangetroffen: driehoeksmossel, toegeknepen korfmossel, Aziatische korfmossel en schildersmossel.

We verwachten dat er weinig soorten gemist zijn. Zoetwatertweekleppigen als *Sphaerium*, *Pisidium*, *Unio* en *Anodonta*, komen misschien tijdelijk voor in het gebied, bijvoorbeeld waar polderwater op het kanaal of op de zijkanalen afwateren, maar kunnen volgens ons, wegens het brakke karakter van het gebied, geen populaties vormen. Anderzijds lijkt voorstelbaar dat er, in lage dichtheden, mariene soorten in het gebied hebben gezeten of nog steeds zitten die niet zijn aangetoond (bijvoorbeeld de paalworm *Teredo navalis*). Onderzoek naar schelpdieren in dit soort diepe

waterbodems is lastig, voor amateuronderzoekers niet ongevaarlijk en meestal duur. Het is lovenswaardig dat Rijkswaterstaat hier de afgelopen 20 jaar veel energie in heeft gestoken. De resultaten zijn ons inziens spectaculair. Gezien het steeds intensievere gebruik van het Noordzeekanaalgebied is misschien een toename van mariene soorten te verwachten. Anderzijds kan een verhoogde aanvoer van zoet water (in verband met toenemende neerslagcijfers) voor meer zoetwatersoorten zorgen. Het blijft dus boeiend het gebied te volgen.

DANKWOORD

We hebben voor dit artikel hulp gehad van zo'n 20 personen. Edwin Peeters (Wageningen Universiteit) danken we voor de poging het materiaal van de, helaas veraste, 'zeebivalven' te achterhalen. Wim Kuijper (Leiden) bevestigde de determinatie van de brakwaterkokkel, hielp met determinatie van de korfschelp en glanzende dunschaal, leverde aanvullende literatuur en commentaar op het manuscript. Rob Dekker (Koninklijk NIOZ) en Rienk Geene (Grontmij|AquaSense, Colijnsplaat) hielpen met het determineren van de glanzende dunschaal. Marco van Wieringen, Yvonne de Wit, Arjen Kikkert en Arnold Veen (Rijkswaterstaat) verleenden toestemming voor het gebruik van hun onderzoeksgegevens. Marco leverde bovendien commentaar op het manuscript. Hella Zwartter, Johan Oosterbaan, Arjen Kikkert (Rijkswaterstaat), Klaas Kaag (TNO Den Helder) en Rykel de Bruyne (Atlasproject ANM) hielpen bij het verzamelen van gegevens. Jaap Verseput van het gemeentearchief Amsterdam assisteerde ons bij een bezoek aan het archief. Onze collega's Tjeerd du Bois, Herman van Dam, Amy Storm en Monique de Wit hebben meegeholpen met het digitaliseren van een eindeloze hoeveelheid gegevens over het chloridegehalte, Yolanda Wessels vervaardigde de verspreidingskaartjes en Wouter Gotjé leverde onmisbaar commentaar op het ontstaan van het onderzoeksgebied. Wij danken allen hiervoor hartelijk!

LITERATUUR

- Anonymus 1994. Nader onderzoek waterbodem Binnenspuikanaal en Binnen-IJ. Chemie, toxiciteit en veldinventarisaties. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van: Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. Nota ANW 94.02 / AquaSense rapport 93.0403]
- Anonymus 2006. http://nl.wikipedia.org/wiki/Noordzeekanaal#Inpolderen_en_graven [bekeken op 23 maart 2006]
- Bak, A., A. Kaper, A.J.G. Reeze & I. Van Splunder 2000. Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Noordzeekanaal, Amsterdam-Rijnkanaal, Kanaal Gent-Terneuzen, Twenthekanalen 1997. – RIZA, Lelystad. [RIZA rapport 2000.031]
- Benthem Jutting, W.S.S. van 1941. Korte beschouwing over de mollusken-fauna van Amsterdam. – In: Amsterdam, Natuurhistorisch gezien. Gedenkboek bij het 40-jarig bestaan van de Afdeling Amsterdam der Nederlandsche Natuurhistorische Vereniging. Scheltema & Holkema, Amsterdam: 148-155.
- Benthem Jutting, T. van 1943. Mollusca (1), C. Lamellibranchia. – Sijthoff, Leiden. [Fauna van Nederland 12]
- Boer, W. den, A. Kikkert, B. Kruijssen & D. Tempelman 2004. Natuurvriendelijke oever Spaarnwoude, monitoring 2003. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, Haarlem, Nota ANW 04.02]
- Boettger, C.R. 1932. Über die Ausbreitung der Muschel *Congeria cochleata* Nyst in europäischen Gewässern und ihr Auftreten im Nordostseekanal. – Zoologischer Anzeiger 101: 43-48.
- Bruyne, R.H. 1991. Schelpen van de Nederlandse kust. – Jeugdbondsuitgeverij & KNNV Uitgeverij, Utrecht. [1^e druk]
- Bruyne, R.H. de & C.M. Neckheim (red.) 2001. Van nonnetje tot tonnetje. De recente en fossiele weekdieren (slakken en schelpen) van Amsterdam. – Schuyt & Co., Haarlem.
- Dankers, N.M.J.A, E.M. Dijkman, M.I. de Jong, G. de Kort & A. Meijboom 2004. De verspreiding en uitbreiding van de Japanse oester in de Nederlandse Waddenzee. – Wageningen, Alterra. [Alterra-rapport 909]
- De Beaufort, L.F. (red.) 1954. Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932. Verslag van de onderzoekingen, ingesteld door de Zuiderzee-commissie der Nederlandse Dierkundige Vereniging. – Nederlandsche Dierkundige Vereniging, Den Helder.
- Exalto, J.A. 1976. Honderd jaar Noordzeekanaal. – OTAR 61 (5): 135-144.
- Gittenberger, E., A.W. Jansen, W.J. Kuijper, J.G.J. Kuijper, T. Meijer, G. van der Velde & J.N. de Vries 1998. De Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. – Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden. [Nederlandse Fauna 2]
- Gotjé, W. 2002. De ecologische toestand van het Noordzeekanaal. Biomonitoring 1987-2001. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van: Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. AquaSense rapport 2112. Nota ANW 02.010]
- Haaren, T. van 2002. De relatie tussen bodemfauna en zuurstofarmoede in het Noordzeekanaal. Onderzoeksjaren 2000-2001. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van: Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. AquaSense rapport 1829-2]
- Haaren, T. van 2004. Macrofauna monitoring in de natuurvriendelijke oever Zuiderpolder. Vaststelling van de o-situatie van een nvo langs het Noordzeekanaal, najaar 2004. – Aquasense, Amsterdam [In opdracht van: Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland. AquaSense rapportnr 2049]
- Hall, van 1828. H.G. Waardenburg, Commentatio de historia naturali Molluscorum regno Belgico indigenorum, praemio ornata Lugduni Batavorum apud S. et J. Luchtmans, 1827 (boekbespreking). – Bijdr. Natuurk. Wet., Vol 3, 2e stuk: 119-130.
- Havinga, B. 1929. Verslag van de onderzoekingsstochten op de Zuiderzee in 1928. – Mededeelingen van de

- Zuiderzee-commissie 1 (1928): 7-12.
- Havinga, B. 1936. De veranderingen in den hydrographischen toestand en in de macrofauna van Zuiderzee en IJsselmeer gedurende de jaren 1931-1935. – Mededeelingen van de Zuiderzee-commissie 4 (1936): 5-18.
- Hoeksema, H.J. (2002). Grevelingenmeer – van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. – RIKZ, Middelburg. [Rapport RIKZ/2002.033, inclusief cd-rom]
- Janse, A. 2002. Verse *Corbula gibba* en *Acanthocardia paucicostata* van de Maasvlakte (2). – Spirula 327: 74-75.
- Kaag, K. 2002. Triade onderzoek ten behoeve van de prioritering van saneringslocaties in het Noordzeekanaal. – TNO, Rijswijk. [TNO-rapport R 2002/632, Nota ANW 02.08]
- Kikkert, A. in druk. Meetrapport Macrofaunabemonstering Jan van Riebeeckhaven. – Rijkswaterstaat Noord Holland, Haarlem.
- Klink, A., M.F. Wilhelm, J. Mulder & M. Jansen 1993. Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren - Macrofauna in Noordzeekanaal, Gooimeer, Zwarte Meer en Ketelmeer 1993. – RIZA, Lelystad. [In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA). RIZA Rapport bm93.27]
- Korringa, P. 1936. Visscherij en vischfauna van de Noordzeekanaalboezem. – De Levende Natuur 41: 84-90, 115-123, 154-156.
- Kruijssen, B.W.J.M. & Y. Wessels 2001. Natuurvriendelijke oever 't Hannesgat, monitoring 2000. – Ecologisch Adviesbureau B. Kruijssen, Santpoort-Noord. [In opdracht van: Rijkswaterstaat Dir. Noord-Holland, Haarlem. Nota ANW 01.05]
- Kuijper, W. 2000. De weekdieren van de Nederlandse brakwatergebieden (Mollusca). – Nederlandse Faunistische Mededelingen 12: 41-120.
- Melchers, M. & G. Timmermans 1991. Haring in Het IJ. De verborgen dierenwereld van Amsterdam. – Stadsuitgeverij Amsterdam, Amsterdam.
- Meijer, A.J.M., H.W. Waardenburg, G.C.W. van Beek & G.W.N.M. van Moorsel 1990. Macrofyten en macrofauna in het buitenhavengebied van IJmuiden, inventarisatie april 1990. – Bureau Waardenburg, Culemborg. [in opdracht van: Rijkswaterstaat directie Noord-Holland nr. ANW 90.20]
- Moolenbeek, R.G. 1999. *Corbula gibba* (Olivi, 1792) en *Gibbula cineraria* (Linnaeus, 1758) levend in Zeeland. – Correspondentieblad van de Nederlandse Malacologische Vereniging 309: 94-95.
- Nehring, S. & H. Leuchs 2000. Neozoen im Makrozoobenthos der Brackgewässer an der deutschen Nordseeküste. – Lauterbornia 39: 73-116.
- Nie, H.W. de 1996. Atlas van de Nederlandse zoetwatervissen. – Media-Publ., Doetinchem.
- Peeters, E.T.H.M. 1988. Bodemfauna onderzoek in het Noordzeekanaal-complex. – Landbouwniversiteit Wageningen & Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, Wageningen/Haarlem. [nota 88.27]
- Redeke, H.C. (red.) 1922. Flora en fauna der Zuiderzee. Monografie van een brakwatergebied. – Nederlandsche Dierkundige Vereniging, Den Helder.
- Redeke, H.C. 1929. Verslag omtrent de Zuiderzeetochten in 1927. – Mededeelingen van de Zuiderzee-commissie 1 (1928): 1-6.
- Romijn, G. 1923. Verslag van de verrichtingen van de hydrobiologische afdeling over het jaar 1922. – Verslagen en Mededeelingen betreffende de Volksgezondheid, juli 1923: 1-23. [Centraal Laboratorium voor de volksgezondheid]
- Romijn, G. 1924. Mededeelingen uit de hydrobiologische afdeling. – Verslagen en Mededeelingen betreffende de Volksgezondheid 8: 1-26. [Centraal Laboratorium voor de volksgezondheid]
- Schaap, L.A. 1981. De visstand in het Noordzeekanaal. – RIVO, IJmuiden. [RIVO rapport zs 81-06]
- Scholten, J. 1919. Eenige aantekeningen over de land- en zoetwatermolluskenfauna van Nederland. – Bijdrage tot de Dierkunde 21: 67-71.
- Sistermans, W., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse & J.M. Verschuure 2003. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar van 2002. – NIOO-CEMO, Yerseke. [Biol. Monit. Progr. Rapport NIOO-CEMO].
- Stock, J.H. & A. Mulder 1953. De Noordzeekanaal-inventarisatie. – Het Zeepaard 13: 18-31, 13: 35-37.

- Tempelman, D. 1997. Monitoring natuurvriendelijke oever Noordzeekanaal, 1997. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord Holland. AquaSense rapport 97.1157]
- Tempelman, D. 2000a. Monitoring Natuurvriendelijke Oever Spaarnwoude. Macrofauna, bemonsteringsjaar 2000. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van: Ecologisch Adviesbureau Kruijsen. AquaSense rapport 1505]
- Tempelman, D. 2000b. Macrofauna op stenen langs kanalen. Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal, bemonsteringsjaar 2000. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van: Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouw. AquaSense rapport 1831]
- Tempelman, D. 2003a. Macrofauna-onderzoek Afrikahaven. Onderzoeksjaar 2002. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van: Rijksinstituut voor Zoet water en Afvalwaterbehandeling RIZA. AquaSense rapport 1944].
- Tempelman, D. 2003b. Macrofauna Kanaal door Walcheren. Onderzoeksjaar 2002. – Aquasense, Amsterdam. [In opdracht van RIZA. AquaSense rapport 1987]
- Toom, J. den 1966. Verruimd entree tot Amsterdam. Enige opmerkingen over de verruiming van het Noordzeekanaal. – Land+Water 4: 1-16.
- Veen, A.J.D 1943. De invloed van het IJsselmeerwater op de Zaan en omgeving. – Handelingen van de Hydrobiologische club, Amsterdam 5: 8-15.
- Vorstman, A.G. 1941. Over de begroeiing van palen en beschoeiingen in de dokken en grachten van Amsterdam. In: Amsterdam, Natuurhistorisch gezien. Gedenkboek bij het 40-jarig bestaan van de Afdeling Amsterdam der Nederlandsche Natuurhistorische Vereeniging. – Scheltema & Holkema, Amsterdam.
- Werkgroep Sanering Noordzeekanaal 1981. De verontreiniging van het Noordzeekanaal, aanbevelingen tot sanering. – Rijkswaterstaat, directie Noord-Holland, Haarlem.
- Witbaard, R. 2003. Schelpdieren worden ouder dan je denkt. – NIOZ-NOW, Yerseke.
- Ziegelmeier, E. 1974. Die Muscheln (Bivalvia) der deutschen Meeresgebiete. – Biologische Anstalt Helgoland - Hamburg 50: 1-64.
- Zindler, J.A. 2003. De waterkwaliteit van het Noordzeekanaal. Beschrijving van de waterkwaliteit anno 2000/2001 en trends vanaf 1980. – Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, Haarlem. [ANW nota 03.03]

SUMMARY

The bivalves of the Noordzeekanaal (Mollusca: Bivalvia)

In recent years, the macrobenthos of the Noordzeekanaal area, west of Amsterdam, has been surveyed intensively. The area consists of a main, brackish channel and a set of deep sea harbours. It was discovered that several bivalve species were present in large numbers. Many findings came as a surprise.

Especially noteworthy is the presence of a (formerly unknown) sizeable population of lagoon cockle *Cerastoderma glaucum*. This species has only a sparse distribution in the Netherlands (and surrounding countries). Also, the sand gaper *Mya arenaria* was found to be remarkably common in many places. The false dark mussel *Mytilopsis leucophaeata* was already known to be abundant on stony substrate alongside the canal, but was found to be locally abundant on the channel bottom as well. The findings of the marine common basket shell *Corbula gibba* and peppershell *Abra nitida* were remarkable. Both species seem to have become more common since the late 1990s in deep, man-made waters like channels and inland brackish harbours. Several other marine species were found in small numbers: cut trough shell *Spisula subtruncata*, razor clam *Ensis directus*, American piddock *Petricola pholadiformis*, edible cockle *Cerastoderma edule* and Baltic tellin *Macoma balthica*. These have probably reached the area through the IJmuiden-sluijes. Also, some fresh water species were found: zebra mussel *Dreissena polymorpha*, painter's mussel *Unio pictorum* as well as both Asian clams *Corbicula fluminea* and *C. fluminalis*. Towards the end of the 19th century the Noordzeekanaal was constructed. The former IJ was largely reclaimed, reducing the habitat of the sand gaper and lagoon cockle to just a narrow channel of 25 km long and several km wide, in total less than 10% of the original distribution area of these species. When the Zuiderzee was closed in 1932, the water of the Noordzeekanaal turned fresher. On top of this, the Second World War had the IJmuiden sluijes closed, reducing the inlet of seawater into the Noordzeekanaal. However, we assume that both the lagoon cockle and sand gaper have not disappeared from the Noordzeekanaal. A sufficient amount of brackish water remained over the bottom of Noordzeekanaal, sufficient to sustain a small population of both sand gaper and lagoon cockle. The stratification of the Noordzeekanaal-water has surely played a role in this, as the salt water was forced down (halocline). A completely fresh water situation on the bottom was never reached. Thus, we suggest that the populations of sand gaper and lagoon cockle have survived as relics from the Zuiderzee-era.

T. van Haaren & D. Tempelman
Grontmij|AquaSense
Postbus 95125
1090 HC Amsterdam