



Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee

Situatie 2018

S.T. Glorius, A. Meijboom, J. Schop & J.T. van der Wal

WOT-technical report 165
WMR-Rapport C135/19



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

**Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse
Waddenzee, situatie 2018**

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

Disclaimer WOt-publicaties

De reeks 'WOt-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-technical report 165 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2018

S.T. Glorius, A. Meijboom, J. Schop & J.T. van der Wal¹

¹ Wageningen Marine Research

Projectnummer WOT-04-009-035.01

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2019

WOT-technical report 165

WMR-rapport C135/19

ISSN 2352-2739

DOI: 10.18174/511407

Referaat

Glorius, S.T., A. Meijboom, J. Schop, J.T. Wal van der, (2019). *Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2018*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WUR, Wageningen: WOT-technical report 165/ Wageningen Marine Research, Den Helder: WMR-rapport C135/19. 62 blz.; 35 fig.; 2 tab.; 42 ref; 5 Bijlagen.

Wageningen Marine Research bestudeert de ontwikkeling op de lange termijn van een aantal individuele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee met speciale aandacht voor de eigenschappen die het al dan niet overleven van mosselbanken bepalen. Het onderzoek wordt uitgevoerd binnen het WOT-thema Informatievoorziening Natuur. Een groot deel van de hier bestudeerde banken blijkt zich te kunnen handhaven sinds de start van het onderzoek. In zijn algemeenheid blijkt dat de mosselbanken na het jaar van ontstaan langzaam in oppervlakte, bedekkingspercentage en populatiedichtheid achteruitgaan en dat het aandeel lege schelpen, macroalgen, en zeepokken toeneemt. De afname in oppervlakte en bedekking wordt af en toe tenietgedaan door een goede mosselbroedval, waarna het proces opnieuw begint. Zo ontstaat er een mosselbank met meerdere jaarklassen. Vestiging van Japanse oesters in bestaande mosselbanken blijkt een algemeen verschijnsel wat resulteert in een toename van de schelpdierbedekking en een afname in de mosselbiomassa.

Trefwoorden: droogvallende mosselbank, litorale mosselbank, mosselen, Japanse oesters, Waddenzee

Abstract

Glorius, S.T., A. Meijboom, J. Schop, J.T. van der Wal (2019). *Development of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea; Situation in 2018*. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), WUR: WOT technical report 165/ Wageningen Marine Research, Den Helder: WMR rapport C135/19. 62 p.; 35 figs; 2 tabs; 42 refs; 5 Appendices.

Wageningen Marine Research is studying the long-term development of a number of individual intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea to identify the characteristics that determine the survival of such beds. The study is being carried out as part of the WOT theme Nature Information Infrastructure. A large proportion of the mussel beds have been able to maintain themselves since the beginning of the study. About a year after new mussel beds are formed they gradually decline in area, coverage and population density, and the proportions of empty shells, macroalgae and barnacles increase. The decline in size and coverage is occasionally reversed by a good mussel spatfall, after which the process starts again. Japanese oysters have settled in most beds, leading to higher coverage of shellfish and a decline in mussel biomass.

Keywords: intertidal mussel bed, littoral mussel bed, mussels, Japanese oysters, Wadden Sea

Foto omslag: Shutterstock

© 2019 **Wageningen Marine Research**

Postbus 57 1780 AB Den Helder

Tel: (0317) 48 09 00; e-mail: imares@wur.nl

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, info.wnm@wur.nl, www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

WOT Natuur & Milieu is onderdeel van Wageningen University & Research.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/511407> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. De WOT Natuur & Milieu verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

In deze jaarlijkse werkrapportage wordt de ontwikkeling van enkele individuele mosselbanken beschreven. Dit rapport beschrijft de situatie tot en met 2018. Aan de hand van de ontwikkelingen van de mosselbanken samen wordt een algemeen beeld geschetst van de ontwikkeling van mosselbanken over de jaren. Het project 'Ontwikkeling mosselbanken' wordt uitgevoerd in het kader van de wettelijke onderzoekstaken binnen het thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). De inventarisaties worden ingebracht in het Trilaterale Monitoring Programma zoals dat internationaal is overeengekomen voor de Waddenzee (TMAP) en onder andere gebruikt in rapportages over de toestand van de natuur in het Natura 2000-gebied Waddenzee. Dit onderzoek zou niet mogelijk zijn zonder de hulp en inzet van de bemanning van de schepen van de Waddenunit van het ministerie van LNV.

Sander Glorius

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	9
	Summary	11
1	Inleiding	13
	1.1 Mosselbanken	13
	1.1.1 Ecologisch belang mosselbanken	13
	1.1.2 Bescherming en regelgeving voor mosselbanken	13
	1.1.3 Aanwezigheid en ontwikkeling mosselbanken in het verleden	14
	1.1.4 Huidige ontwikkeling mosselbanken	14
	1.2 Doel en aanpak van het onderzoek	14
	1.2.1 Doel	14
	1.2.2 Aanpak	14
2	Methode	17
	2.1 Locatie mosselbanken	17
	2.2 Bepalen oppervlakte mosselbank	17
	2.3 Bedekkingsmeting	18
	2.3.1 Raaien en subraaien	18
	2.3.2 Verdeling van de raaien	19
	2.3.3 Score van de mosselbedekking langs de raaien	19
	2.4 Lengte-frequentieverdeling en samenstelling	20
3	Resultaten	23
	3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte	23
	3.2 Ontwikkeling mosselen en oesters	30
	3.3 Ontwikkeling doodmateriaal en overige soorten	33
	3.4 Ontwikkeling per individuele mosselbank	34
	3.4.1 Bank 101 - Balgzand	34
	3.4.2 Bank 502 - Ameland Molengatplaat	34
	3.4.3 Bank 503 - Ameland Ballumerbocht	35
	3.4.4 Bank 603 - Schiermonnikoog Brakzand	35
	3.4.5 Bank 606 - Zuid Oost Lauwers Noord	35
	3.4.6 Bank 607 - Zuid Oost Lauwers Zuid	35
	3.4.7 Bank 640 - Schiermonnikoog Zuid Oost Lauwers	36
	3.4.8 Bank 703 - Rottum Wantij	36
	3.4.9 Bank 710 - Rottumerplaat	36
	3.4.10 Bank 726 - Rottumerplaat Schild	36
	3.4.11 Bank 734 - Rottumeroog Zuiderduintjes	37
	3.4.12 Bank 735 - Rottumeroog	37
	3.4.13 Bank 736 - Rottumeroog Oost	37
4	Discussie en conclusie	39
	Literatuur	41
	Verantwoording en kwaliteitsborging	43

Bijlage 1	Contour per jaar en bank	45
Bijlage 2	Kaart - mosselbedekking	49
Bijlage 3	Kaart – oesterbedekking	53
Bijlage 4	Ontwikkeling mosselpopulatie	57
Bijlage 5	Ontwikkeling oesterpopulatie	59

Samenvatting

Mosselbanken worden algemeen gezien als een belangrijke ecotoop binnen de Waddenzee. In het beheerplan van de Waddenzee voor de periode 2016-2022 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) is opgenomen dat herstel van droogvallende mosselbanken en zeegrasvelden noodzakelijk is voor verbetering van de kwaliteit van habitattypen H1140 'droogvallende zandplaten'. Na het verdwijnen van de droogvallende mosselbanken in de jaren negentig van de vorige eeuw werd betwijfeld of mosselbanken wel meerdere jaren konden blijven bestaan. Daarom wordt binnen dit project sinds 1995 elk jaar een aantal mosselbanken op de droogvallende platen gekarteerd om zodoende de jaarlijkse veranderingen in locatie en bankomvang te kunnen documenteren. Om veranderingen beter te kunnen verklaren, wordt naast het karteren van ieder van de onderzochte mosselbanken ook informatie verzameld over de samenstelling van de bank. Zo worden onder andere bepaald: het met mosselen- en oesters bedekte oppervlak, de biomassa- en lengteverdeling van zowel mosselen als oesters en de aanwezigheid van andere organismen op de mosselbank. Hierdoor levert het project ook inzicht op in de vestiging en verspreiding van de Japanse oester in de Waddenzee sinds het jaar 2000 en de consequentie hiervan voor de mosselpopulaties.

In het voorjaar van 2018 werden de mosselbanken 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog), 606 (Zuid Oost Lauwers Noord), 607 (Zuid Oost Lauwers Zuid) en een in 2018 nieuw gevormde bank 640 (Schiermonnikoog – Zuid Oost Lauwers) bezocht. In het najaar werden de banken 710 (Rottumerplaat) en 736 (Rottumeroog-Oost) bezocht. Aan de hand van de veranderingen van de individuele mosselbanken, wordt een algemeen beeld geschetst van de ontwikkeling van mosselbanken over de jaren tot en met 2018. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van wettelijke onderzoekstaken thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Een groot deel van de hier onderzochte banken (502, 503, 603, 710 en 736) blijken erg stabiel te zijn. Ze hebben zich, door o.a. periodiek terugkomende mosselbroedvallen, sinds de start van het onderzoek in 1995 kunnen handhaven en zijn reeds tussen de 13 en 24 jaar aanwezig op min of meer dezelfde plek. Ook de randen van de banken blijken, voor grote delen van de mosselbank, opvallend stabiel te zijn. Er blijken echter ook meer dynamische bankdelen te zijn die zich uitbreiden door verschuivingen van bankdelen na storm(en) en/of na een goede zaadval, en weer uiteenvallen na sterfte of wegspoeling. Langjarige bankoverleving is niet vanzelfsprekend. Zo zijn de afgelopen periode een aantal banken opgenomen in dit onderzoek (101, 606, 607, 703, 726, 734 en 735) geheel of nagenoeg verdwenen nadat deze ongeveer 5 tot 10 jaar aanwezig waren.

Japanse oesters worden inmiddels op de meeste van de hier onderzochte banken aangetroffen. De vestiging van de Japanse oester heeft grote invloed gehad op de mosselpopulatie. Qua aantallen zijn mosselen nog altijd in de meerderheid maar qua biomassa is dit voor bijvoorbeeld 502 en 503 al jaren niet meer zo. Er heeft een opvallend goede oesterbroedval plaatsgevonden in 2014 op de banken 603, 710 en 736. Door oestergroei in de jaren erop is het aandeel Japanse oester in de biomassa schelpdieren op die banken de laatste jaren sterk toegenomen en heeft het de schelpdierbiomassa gedomineerd in de afgelopen vijf jaar op de banken 710 en 736. Het is momenteel niet duidelijk of het effect van oesters op de mosselpopulatie uitgewerkt is.

Zoals ook in de eerdere tussenrapportages (in o.a. Glorius *et al.*, 2018) is geconcludeerd, gaan de mosselbanken in het algemeen na het jaar van ontstaan langzaam in oppervlak, bedekkingspercentage, mosseldichtheid en biomassa achteruit. Op de mosselbanken neemt dan het percentage lege schelpen, macroalgen, zeepokken en restgewicht toe in verhouding tot de levende mosselen. De afname in oppervlakte en bedekking wordt af en toe onderbroken door een goede broedval, waarna het proces opnieuw begint. Over de jaren ontstaat dus geleidelijk een mosselbank met meerdere jaarklassen en met een gevarieerde levensgemeenschap. Ondanks de overeenkomsten in algemene ontwikkeling, zijn er grote verschillen te zien in de ontwikkeling tussen individuele

mosselbanken binnen een jaar. Deze verschillen kunnen ontstaan door locatie (en dus blootstellingen aan storm of predatie) of door karakteristieken van de mosselbank (de mate waarin deze bestand is tegen stormen en predatie).

Summary

Mussel beds are generally regarded as an important ecotope in the Wadden Sea. In the management plan for the Wadden Sea for the period 2016 – 2022, the Ministry of Infrastructure and Environment (2016) stresses the need for a recovery in the areal coverage of littoral mussel beds in order to improve the quality targets set for habitat type H1140. After the disappearance of the beds in the 1990s, it was doubted by some whether mussel beds can continue to exist for several years. The present project involved mapping a number of individual mussel beds to document their current location and size and the changes in these parameters over the years. In addition to these basic assessments, we also collected data on the characteristics of the mussel beds that were being surveyed, including the coverage of mussels and oysters within the bed, the size and weight of the mussel and oysters and the presence of other organisms. This research is conducted within the framework of statutory research tasks theme Nature Information Infrastructure and is coordinated by the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV).

In spring of 2018 the following mussel beds were visited and mapped: 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog), 606 (Zuid Oost Lauwers Noord), 607 (Zuid Oost Lauwers Zuid) and 640 (Schiermonnikoog – Zuid Oost Lauwers), the last newly formed in the same year. In autumn 2018, mussel beds 710 (Rottumerplaat) and 736 (Rottumeroog-Oost) were recorded.

The results show that many of the mussel beds included in this project are very stable structures (beds 503, 503, 703, 710 and 736). These beds are periodically replenished by mussel spatfall and have been present for 13 to 24 years without interruption. Large parts of these mussel beds are relative stable and their boundaries do not change much from year to year. Other parts of the beds are more dynamic, expanding as a result of the rearrangement of mussel patches during storm events and/or from local spatfall, and subsequently disappearing due to the death of individual mussels or erosion. Long-term mussel bed survival is far from certain. Several mussel beds (101, 606, 607, 726, 734 and 735) have entirely or largely disappeared in recent years after being present for several years (5 – 10).

Japanese oysters are now present in most of the here investigated beds and have a big influence on the mussel population. Numerically, mussels are still the dominant shellfish species in all beds, but for several years oysters have dominated the shellfish biomass in beds 502 and 503. A markedly good oyster spatfall in beds 603, 710 and 736 and a high oyster survival and growth rate in subsequent years has resulted in a large increase in oyster biomass in those beds. It is not clear if the effect of Japanese oyster settlement on the characteristics of the mussel population has reached its full extent.

As described in previous reports (e.g. Glorius *et al.*, 2018), a year after the mussel beds arise, they start to gradually decrease in size, coverage and mussel density and biomass. This means that the coverage of empty shells, macroalgae, barnacles and other biomass increases relative to that of the living mussels. This decline in size and coverage is occasionally interrupted by new mussel spat deposition, after which the process starts again. Over the years, a mussel bed with multiple year classes and a diverse community gradually develops. Despite the similarities in the general pattern of development, individual mussel beds show major differences in development each year, which may result from the characteristics of the location (e.g. exposure to gales or predators) or of the mussel bed itself (e.g. how vulnerable it is to gales and predation).

1 Inleiding

1.1 Mosselbanken

1.1.1 Ecologisch belang mosselbanken

Mosselbanken vormen een belangrijk landschappelijk element in de Waddenzee. De mosselbulten van een mosselbank kunnen meer dan een meter hoog worden en zijn in het verder vlakke landschap al van verre te zien. Tussen de mosselbulten ontstaan plassen en prieltjes, die soms meer dan 1,5 meter diep kunnen worden. Wanneer bij eb het zeewater zakt, verschijnen de bulten als eerste boven water. Het water stroomt via de prieltjes van de bank, waardoor snelstromende beekjes ontstaan. Zelfs als de mosselen door bijvoorbeeld storm van een mosselbank zijn verdwenen, blijven de ontstane structuren als kleibulten en schelplagen nog jaren zichtbaar en vormen een geschikte vestigingsplaats voor nieuw mosselbroed.

De individuele mosselen in de bank vormen een belangrijke schakel tussen de ecosystemen van het open water en de bodemzone daaronder (Dame 2011, Prins en Escarvage, 2005). Ze filteren slib en organisch materiaal uit het water en leggen dat vast (Prins *et al.*, 1998). Hiermee verhogen zij de lokale productie (Asmus & Asmus, 1991; Dame *et al.*, 1991; Petersen *et al.*, 2012). Daarnaast vormen zij door de stabiele structuur een hard substraat in een verder 'zachte' omgeving. Door deze eigenschappen bieden mosselbanken structuur en leefruimte aan andere soorten (Nehls *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2003; Buschbaum *et al.*, 2009). Op de mosselen zelf groeien zeepokken, macroalgen en andere soorten die graag op hard substraat voorkomen. Tussen de mosselen vinden soorten als de alikruik een geschikte leefomgeving en in de poeltjes tussen de mosselbulten zwemmen vissen als grondels en botten en andere bodemdieren als garnalen.

Mosselbanken vormen 'hotspots' in de omgeving; de biodiversiteit binnen de mosselbank is hoger dan in het aangrenzende zandige wad (Günther, 1996; Markert *et al.*, 2010; Buschbaum *et al.*, 2009; Kochmann *et al.*, 2008). Zowel het aantal soorten als diversiteit zijn afhankelijk van de leeftijd en complexiteit van de mosselbank (Tsuchiya & Nishihira, 1985; Tsuchiya & Nishihira, 1986). De mosselen op de mosselbank en de andere aan mosselbanken geassocieerde soorten vormen een voedselbron voor vogels en grote vissen. In de jaren tachtig van de vorige eeuw telde Zwartz (1991) 25% van alle wadvogels op de mosselbanken die toen 3% van het droogvallende wad innamen. Ook Ens en Alting (1996) vonden een positieve correlatie tussen vogeldichtheden en mosselbanken.

1.1.2 Bescherming en regelgeving voor mosselbanken

Mosselbanken vormen een belangrijk onderdeel voor een goede structuur en functie van habitatype H1140 "bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten" binnen de Wet Natuurbescherming. Daarnaast zijn binnen deze wet instandhoudingsdoelstellingen opgesteld voor verschillende vogelsoorten voor wie schelpdieren een belangrijke voedselbron vormen zoals scholeksters. Mosselen en mosselbanken zijn hiermee wettelijk beschermd als belangrijke componenten in het ecosysteem.

In het beheerplan van de Waddenzee voor de periode 2016-2022 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) is opgenomen dat herstel van droogvallende mosselbanken en zeegrasvelden noodzakelijk is voor verbetering van de kwaliteit van habitatype H1140 'droogvallende zandplaten'. Om dit doel voor mosselbanken te bereiken, zijn gebieden gesloten voor mosselzaadvisserij en wordt mosselzaadvisserij op de overige wadplaten slechts toegestaan op jonge en instabiele mosselbanken onder zeer strikte voorwaarden waaronder de aanwezigheid van minimaal 2000 ha meerjarige litorale mosselbanken (LNV, 2004). Na 1994 is er alleen in 2001 nog op enkele mosselbanken op het droogvallende wad gevist (voor onderzoek).

1.1.3 Aanwezigheid en ontwikkeling mosselbanken in het verleden

Mosselbanken kwamen in het verleden naar alle waarschijnlijkheid veel voor. De banken kenmerken zich door een grote mate van plaatsvastheid, waardoor duidelijke 'mosselgebieden' aan te wijzen zijn (Dankers *et al.*, 2003, 2006; Dankers & Fey, 2015). De eerste kwantitatieve schatting – gebaseerd op luchtfoto-interpretatie – van de volledige Waddenzee werd gemaakt door Dijkema *et al.* (1989). Zijn kaart, gebaseerd op de situatie eind jaren zeventig, geeft een areaal van 4152 ha ± 4200 ha (Dankers en Koelemaij, 1989; Tydeman, 1996). Retrospectief onderzoek in het kader van EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserijbeleid) komt uit op uiterste grenzen tussen 1000 en 6000 hectare (Dankers *et al.*, 2003).

In de jaren tachtig nam het areaal mosselbanken af door intensieve visserij en strenge winters. In het voorjaar van 1987 was nog slechts 650 ha over, maar op oude banken ontwikkelden zich nieuwe banken die in de jaren 1988-1990 opnieuw werden weggevestigd. Tussen 1991 en 1994 was minder dan 200 ha over (Dankers *et al.*, 2003). Veel banken die daarna in de jaren negentig ontstonden waren niet stabiel genoeg om winterstormen en ijschade te overleven (Dankers *et al.*, 2004), maar geleidelijk nam het areaal weer toe.

1.1.4 Huidige ontwikkeling mosselbanken

Jaarlijks wordt in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), binnen de wettelijke onderzoekstaken op het gebied van visserij, door Wageningen Marine Research het totale areaal aan droogvallende mossel- en oesterbanken geschat, alsmede de totale biomassa in deze banken (Van den Ende *et al.*, 2018). Uit deze inventarisatie is gebleken dat in het voorjaar van 2018 er een areaal aan mossel- en mossel/oesterbanken van 2672 ha (voorlopig schatting) aanwezig was (Van den Ende *et al.*, 2018; Tabel 3). Het betreft voornamelijk (95%) meerjarige banken. Dit is een afname van 33% ten opzichte van het voorgaande jaar. Een groot deel van het in 2017 gekarteerde areaal (49%) bestond uit (in 2016) nieuwgevormde mosselbanken. Mosselbroedvallen van dergelijke omvang komen niet veel voor. De overlevingskans van nieuw ontstaande litorale mosselbank is over het algemeen klein in de eerste jaren na ontstaan (Meer *et al.*, 2018). Veel mosselzaadbanken die in 2016 ontstaan zijn en in 2017 nog aanwezig waren hebben het tweede winterseizoen niet overleefd of zijn in 2018 sterk in oppervlakte afgenomen.

1.2 Doel en aanpak van het onderzoek

1.2.1 Doel

Het doel van het project is het ter beschikking krijgen van gedetailleerde informatie over de toestand en langjarige ontwikkeling van een aantal geselecteerde mosselbanken in de Waddenzee.

De volgende onderzoeksvraag wordt gesteld:

Hoe ontwikkelen individuele mosselbanken zich met betrekking tot oppervlakte, bedekkingspercentage, lengtefrequentieverdeling en (soorten)samenstelling over de lange termijn?

Het project 'Ontwikkeling mosselbanken' werd de eerste jaren uitgevoerd in opdracht van de LNV Directie Wetenschap en Kennisoverdracht (DWK), maar vanaf 2006 wordt het uitgevoerd in het kader van wettelijke onderzoekstaken thema Informatievoorziening Natuur, gecoördineerd door LNV (voorheen Ministerie van Economische zaken). De inventarisaties worden ingebracht in het trilaterale monitoring programma (TMAP) en onder andere gebruikt in rapportages over de toestand van de natuur in het Natura 2000-gebied Waddenzee.

1.2.2 Aanpak

Om de lange termijn ontwikkeling van mosselbanken te bestuderen worden een aantal mosselbanken gekarteerd om de locatie en omvang op dat moment vast te stellen, alsmede jaarlijkse veranderingen

hierin te kunnen documenteren. Om geobserveerde veranderingen beter te kunnen verklaren, wordt naast het karteren van ieder van de onderzochte mosselbanken ook informatie verzameld over de samenstelling van de bank. Zo wordt bepaald:

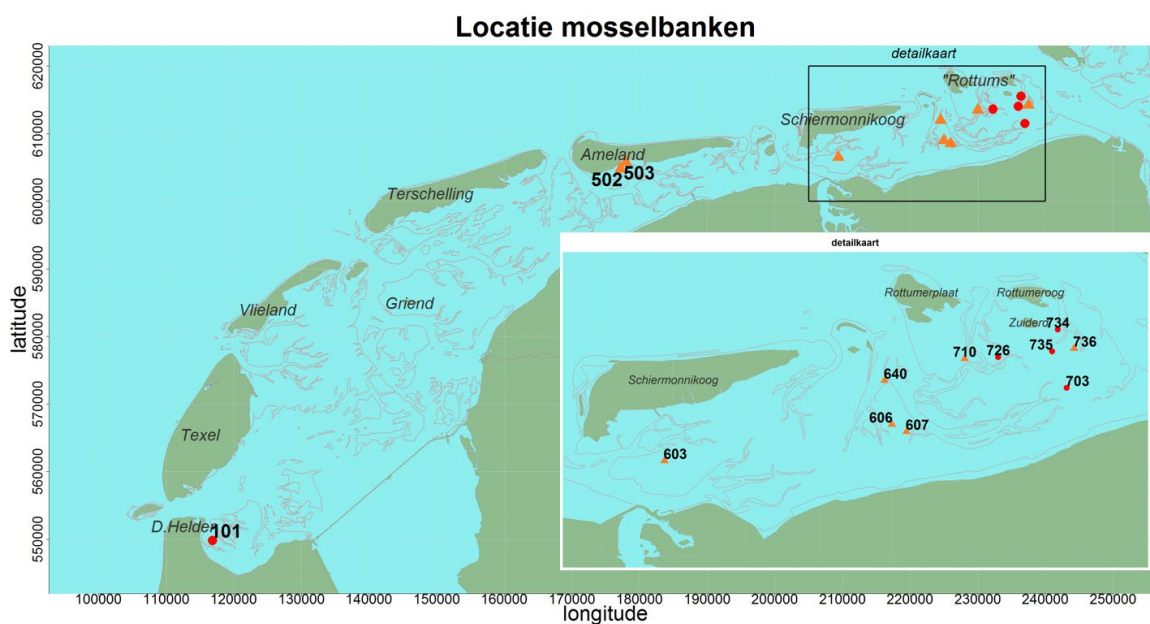
- het met mosselen- en oesters bedekte oppervlak
- biomassa- en lengteverdeling van mosselen & oesters
- aanwezigheid van overige bodemfauna zoals wieren, krabben en overige schelpdieren.

Binnen dit project worden een aantal mosselbanken, gelegen in oostelijke Waddenzee, gevolgd. In 2018 zijn acht banken bezocht. In het voorjaar zijn zes banken bezocht waarvan er drie sinds de jaren '90 gevolgd worden, twee sinds het jaar 2002 en een die voor het eerst bezocht werd in 2018. Daarnaast zijn in het najaar twee banken bezocht die zich op wadplaten bevinden gelegen onder de "Rottums" (de eilandengroep Rottumerplaat, Rottumeroog en Zuiderduintjes). Deze banken worden sinds 2006 gevolgd. Omdat deze in het najaar bemonsterd worden kunnen ze al te maken hebben gehad met broedval uit hetzelfde jaar.

2 Methode

2.1 Locatie mosselbanken

In Figuur 2.1 worden de mosselbanken weergegeven die in het kader van dit onderzoek (in 2018 en daarvoor) onderzocht werden. In april/mei 2018 werden de mosselbanken 502, 503, 603, 606, 607 en 640 (nieuwe bank) onderzocht. In oktober 2018 werden de mosselbanken 710 en 736 onderzocht in het kader van het project TMAP-Rottum. Mosselbanken 101, 703, 726, 734 en 735 werden niet meer bezocht; mosselbank 101 in verband met het gekrompen budget, en 703, 726, 734 en 735 omdat ze in de voorgaande jaren zijn verdwenen.

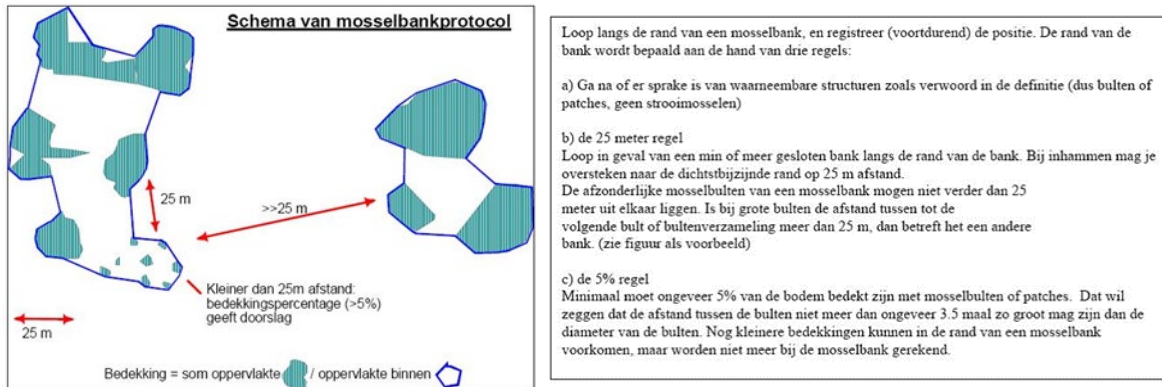


Figuur 2.1 Locatie en nummeraanduiding van de mosselbanken die in het kader van dit project in het jaar 2018 (oranje driehoekjes) of in de jaren ervoor (rode stippen) bezocht werden.

2.2 Bepalen oppervlakte mosselbank

De buitenste contour van de mosselbank worden volgens het TMAP protocol (Brinkman et al., 2003), zie Figuur 2.2., in kaart gebracht. Hiervoor wordt met een GPS in de hand langs de rand van de bank om de bank heen gelopen waarbij de gelopen track wordt opgeslagen in GPS-files. Er is gebruik gemaakt van Garmin GPS; 76, map76cx of 78. Alleen wanneer de bodem voor >5% met mosselbulten bedekt wordt, is deze bij de bank gerekend. Mosselbulten die verder dan 25 meter van de hoofdbank liggen worden niet bij de bank gerekend. Zie voor details Figuur 2.2 en Brinkman et al., (2003).

De GPS-files zijn in ARC-INFO GIS opgeslagen. In ArcGis is aan de hand van de mosselbankcontour het bankoppervlak bepaald. De ontwikkeling van de mosselbanken over de jaren wordt bekeken door de contouren van verschillende jaren van dezelfde bank in één figuur weer te geven.



Figuur 2.2 TMAP protocol voor het inlopen van mosselbanken (Brinkman et al., 2003).

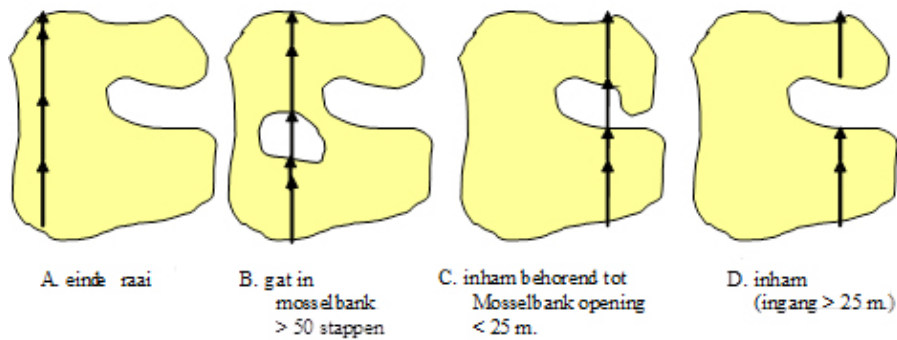
2.3 Bedekkingsmeting

Om de mosselbedekking te bepalen worden over de mosselbank raaien gelopen waarlangs de met mosselen bedekte oppervlak bepaald wordt. Hiervoor wordt voor iedere raai (en subraai, zie onder) zowel het totaal aantal, als het aantal stappen dat op mosselen gezet is geteld en genoteerd. Door de gemiddelde bedekking (%) uit te rekenen kan het bankoppervlak verdeeld worden in een deel dat met mosselen bedekt is en het deel dat uit open plekken bestaat. In onderstaande paragrafen wordt de gevolgde procedure voor het bepalen van de mosselbedekking in detail beschreven.

2.3.1 Raaien en subraaien

De raai loopt van de rand van de mosselbank in een rechte lijn tot de tegenoverliggende rand van de mosselbank. Bij voorkeur wordt gebruik gemaakt van de in dat jaar en volgens het TMAP protocol ingelopen contour van de bank. Wanneer deze nog niet aanwezig is wordt de rand van de bank ter plekke bepaald op basis van het TMAP protocol. Binnen deze raai worden subraaien genoteerd van elk 50 stappen om zodoende een meer gedetailleerd beeld van de bedekking te verkrijgen. Bij het startpunt en aan het eind van elke subraai wordt in de GPS een waypoint (lokatiemarkering) gemaakt. Bij het eindpunt van de raai (dus de rand van de mosselbank) wordt altijd een waypoint gemaakt, ook al zijn de 50 stappen nog niet voltooid. In dat geval wordt het werkelijk aantal gemaakte stappen genoteerd (Figuur 2.3a). Op het formulier moet duidelijk worden aangegeven wat de waypoints van de start en het einde van de totale raai zijn. Waypoints voor opmerkingen (oesters, etc.) moeten apart gemaakt worden en duidelijk aangegeven worden in het formulier zijnde niet behorend tot de (sub)raaien.

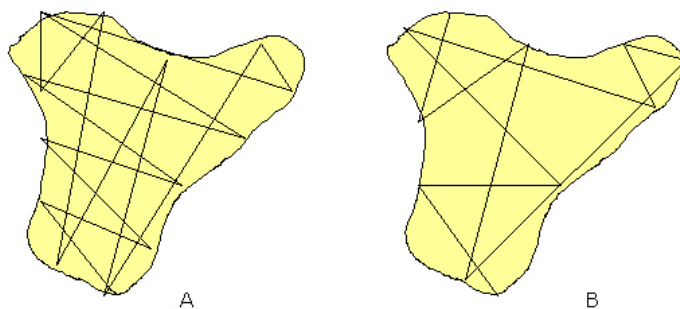
Wanneer zich een groot open stuk (gat groter dan 50 stappen) in de mosselbank bevindt waar de raai doorheen loopt dan dient de subraai te stoppen op de rand van het gat, zie Figuur 2.3b. Hier wordt weer een waypoint gemaakt. In het gat wordt een nieuwe subraai gestart. Deze subraai loopt helemaal door tot het eind van het gat (ook wanneer dit meer is dan 50 stappen), waarna weer een waypoint wordt gemaakt. Op het formulier wordt duidelijk aangegeven dat het hier om een gat in de mosselbank gaat. Na het gat wordt weer verder gelopen met subraaien totdat de raai is voltooid (Figuur 2.3b). Wanneer het gat kleiner is dan 50 stappen worden er waypoints gemaakt om de randen van het gat aan te geven en een aantekening gemaakt op het formulier betreffende dit gat. Er hoeft geen nieuwe subraai gestart te worden. Inhammen die volgens het TMAP protocol onderdeel uitmaken van de bank (dus afstand kleiner dan 25 m) worden net zo behandeld als een gat (Figuur 2.3c). Wanneer de inham niet binnen de definitie van een mosselbank valt (ingang >25m) dient de raai afgesloten te worden bij de rand van de inham. Er wordt in dezelfde lijn als de raai door de inham gelopen totdat de mosselbank weer begint (Figuur 2.3d).



Figuur 2.3 Protocol voor het lopen en markeren van raaien en subraaien. Met de pijltjes worden waypoints (locatiemarkering in de GPS) weergegeven, na 50 stappen of aan einde bank, begin of einde gat dan wel inham. Figuur A geeft de situatie weer voor een raai zonder inham of gat, Figuur B geeft de situatie weer voor een gat >50 stappen, Figuur C een raai met een inham die bij de bank hoort (<25), en Figuur D een inham die niet bij de bank hoort >25m.

2.3.2 Verdeling van de raaien

De raaien worden zigzag, zoveel mogelijk in een hoofdrichting, over de mosselbank gelopen zodat de gehele mosselbank zoveel mogelijk gedekt wordt (Figuur 2.4). De hoeveelheid beschikbare tijd bepaalt de schaal van deze dekking, wanneer er veel tijd is, liggen de raaien dicht bij elkaar (Figuur 2.4A), wanneer er weinig tijd beschikbaar is liggen de raaien ruimer verdeeld (Figuur 2.4B).



Figuur 2.4 Verdeling raaien over mosselbank. In Figuur A worden de raaien schematisch weergegeven in een situatie waarbij veel tijd is en de verschillende raaien dicht op elkaar liggen. In Figuur B wordt de ligging van de raaien schematisch weergegeven in een situatie met weinig tijd. In dat geval liggen de raaien wat verder uit elkaar maar wordt alsnog de gehele bank bestreken.

2.3.3 Score van de mosselbedekking langs de raaien

Per subraai wordt op het formulier aangegeven hoeveel keer er, van de 50 subraaistappen, op mosselen gestapt wordt. Dit wordt bijgehouden met een handteller. Voor alle stappen geldt dat als de voet op een mossel komt, deze stap als mosselstap telt (ongeacht of dit 1 mossel is of 10 mosselen zijn). Het bedekkingspercentage wordt vervolgens berekend uit het aantal mosselstappen ten opzichte van het totaal aan stappen.

Op de raaien wordt de aanwezigheid van oesters geschat door de oester- en mosselbedekking visueel in te schatten en de z.g. 'oesterscore' (0 t/m 4) te noteren op het formulier. Hierbij worden vijf categorieën onderscheiden, zie (Tabel 2.1). Aan het eind van elke raai wordt een beschrijving gegeven (o.a. flora en fauna (zoals zeesla of kokkels) van de gelopen raai.

Tabel 2.1 De verhouding tussen de mossel- en oesterbedekking behorend bij de oesterscores 0 t/m 4

Score	Omschrijving	Oester	Mossel
0	Geen	0%	100%
1	Weinig	0-20%	80-100%
2	Matig	20-50%	50 -80%
3	Veel	50-80%	20-50%
4	Alles	80-100%	0-20%

2.4 Lengte-frequentieverdeling en samenstelling

Op elke mosselbank worden tussen de 2 en 6 monsters genomen om informatie te verkrijgen over de lengtefrequentieverdeling van de levende mosselen en lege mosselschelpen en over de aanwezigheid van andere schelpdieren en algen. In Tabel 2.2 worden het aantal monsters dat per bank en per jaar genomen is weergegeven en in Bijlage 1 worden de locaties van de monsters weergegeven.

Tabel 2.2 Aantal monsters per mosselbank per jaar.

	101	502	503	603	606	607	640	703	710	726	734	735	736
1995	1	1											
1996	4	2											
1997	3	3		3									
1998	5	3	5	5									
1999	5	5	5	5									
2000	5	5	5	5									
2001	5	5	5	5									
2002		6		5									
2003		5	5	5	5	5		5					
2004		5	5	7	6	5		5					
2005		5	5	6	5	5		5					
2006		5	5	5	4	5		5	2		2	2	2
2007		5	5	5	2	5		5	2	2		2	2
2008		5	5	5				5	5	4		2	2
2009		5	5	5				5	3	3		3	3
2010		5	5	5				5	5	2		4	5
2011		5	5	5				5	5	2		2	5
2012		5	5	5				5	5				5
2013		5	5	5				5	5				5
2014		5	5	5				5	5				5
2015		5	5	5		4		5	5				5
2016		5	5	5				2	5				5
2017		5	5	5		5		2	5				3
2018		5	5	5			4		5				5

De monsters worden jaarlijks op nagenoeg dezelfde locatie genomen, dat wil zeggen zo mogelijk binnen dezelfde mosselpatch. Op de locatie wordt een representatief deel van de mosselbank uitgekozen waar het monster wordt genomen. Het monster wordt genomen met behulp van een frame met een dimensie (cm) van 16 (b) x 32 (l) x 10 (d) die in de mosselbank gedrukt wordt totdat de bovenkant gelijk ligt met het mosseloppervlak. De toplaag van 10 cm wordt uit het vierkant geschraapt en in een zeef met een maaswijdte van 1 mm voorzichtig uitgespoeld. De exacte monsterlocatie wordt gemarkeerd met een waypoint. Het monster wordt verzameld in een plastic zak, gelabeld en naar het laboratorium vervoerd voor analyse.

In het laboratorium worden de monsters nogmaals goed gespoeld en gezeefd (over een zeef met maaswijdte van 5 en 1 mm). Het monster wordt hierdoor onderverdeeld in twee delen: een grove- en

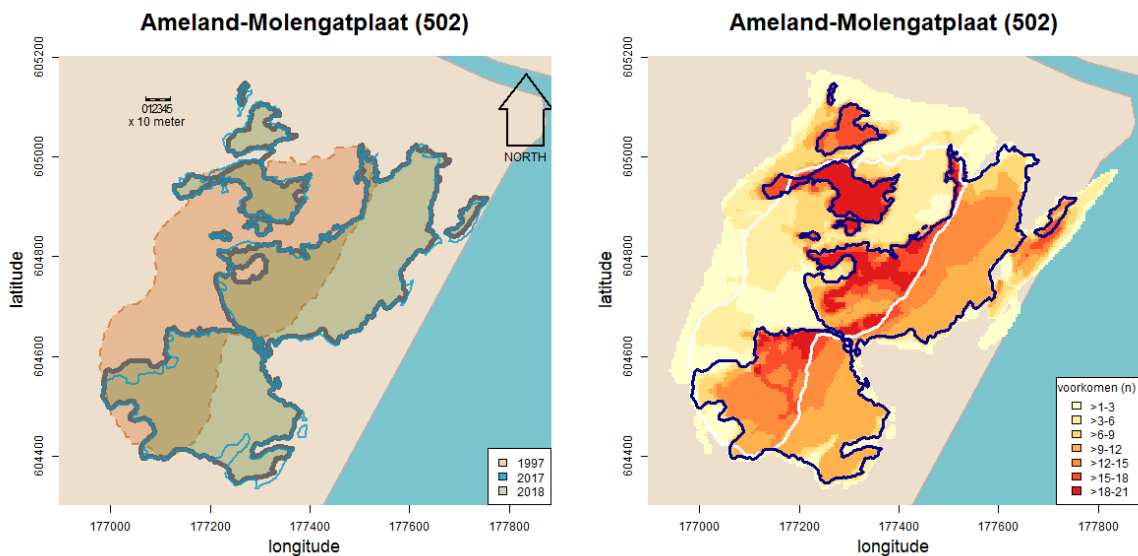
fijne fractie. Beide delen worden gewogen (afgerond tot hele grammen). Hierna worden uit beide deelmonsters alle levende schelpdieren (incl. alikruiken), levende algen, krabben en lege hele mosselschelpen (zowel de nog aan elkaar vastzittende kleppen, zgn 'doubletten', alsmede de losse kleppen) gehaald. Hierna wordt het restant van de grove en fijne fractie nogmaals gewogen. De pokken worden van de levende mosselen gescheiden en apart gewogen. De levende mosselen, de andere levende schelpdieren, de levende algen en de lege doubletten en lege losse mosselschelpen worden afzonderlijk gewogen. Ook van de andere levende schelpdieren worden de aantallen per soort op het formulier vermeld.

Hierna wordt de lengte (in mm) gemeten van alle levende mosselen, de andere levende schelpdieren (excl. de alikruiken) en van de losse kleppen- en doubletten van lege mosselschelpen.

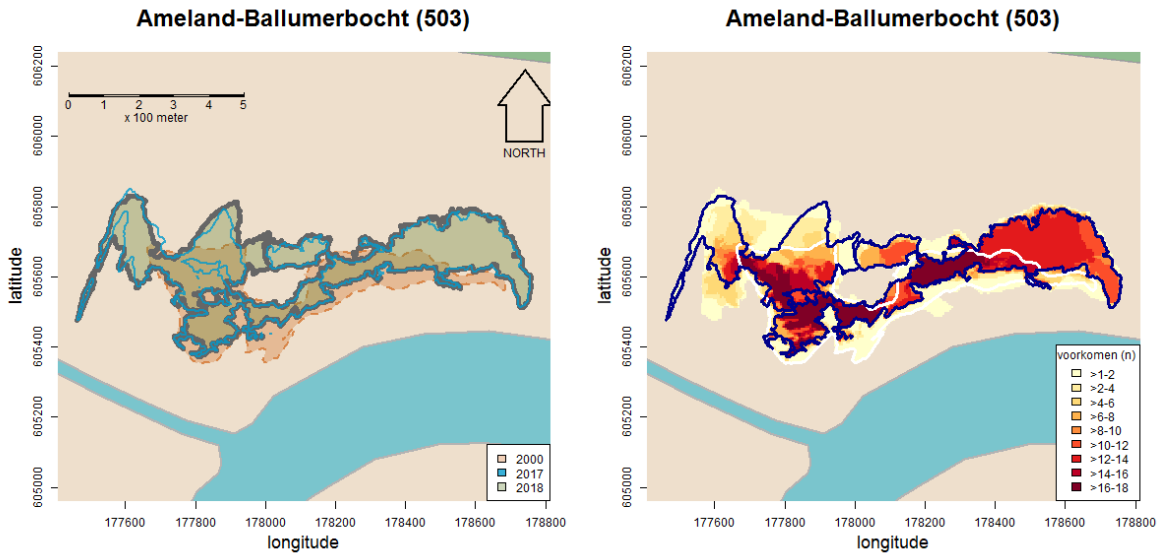
3 Resultaten

3.1 Ontwikkeling contouren en oppervlakte

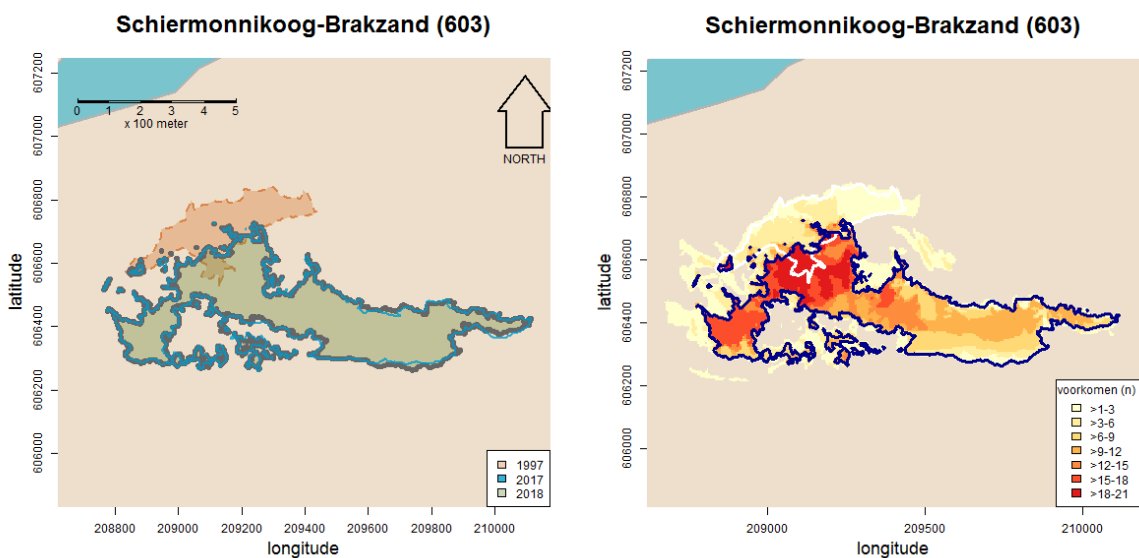
Elk jaar zijn de contouren (= buitengrenzen van de bank) van de individuele mosselbanken nauwkeurig ingemeten. In de Figuren 3.1 t/m 3.7 worden de contouren en het aantal jaar dat een gebied als mosselbank gekarteerd is weergegeven. Naast de contouren van het jaar 2018 zijn ook de contouren van het voorgaande jaar (2017) en van de eerste opname weergegeven (jaartal verschilt per bank) om zowel de veranderingen ten opzichte van het afgelopen jaar als de verandering vanaf het eerste meetmoment inzichtelijk te maken. In Bijlage 1 wordt per bank de contour van ieder afzonderlijk jaar weergegeven. Het bankoppervlak is berekend aan de hand van deze contouren en wordt weergegeven in Figuur 3.8. Door gebruik te maken van informatie uit de bedekkingsraaien is het mogelijk de gemiddelde schelpdierbedekking te berekenen en daarmee het mosselbankoppervlak op te splitsen in een met mosselen (en oesters) bedekt deel en een open deel die niet met mosselen of oesters bedekt is (= het totaal oppervlak aan open plekken tussen de mossel- en oesterpatches).



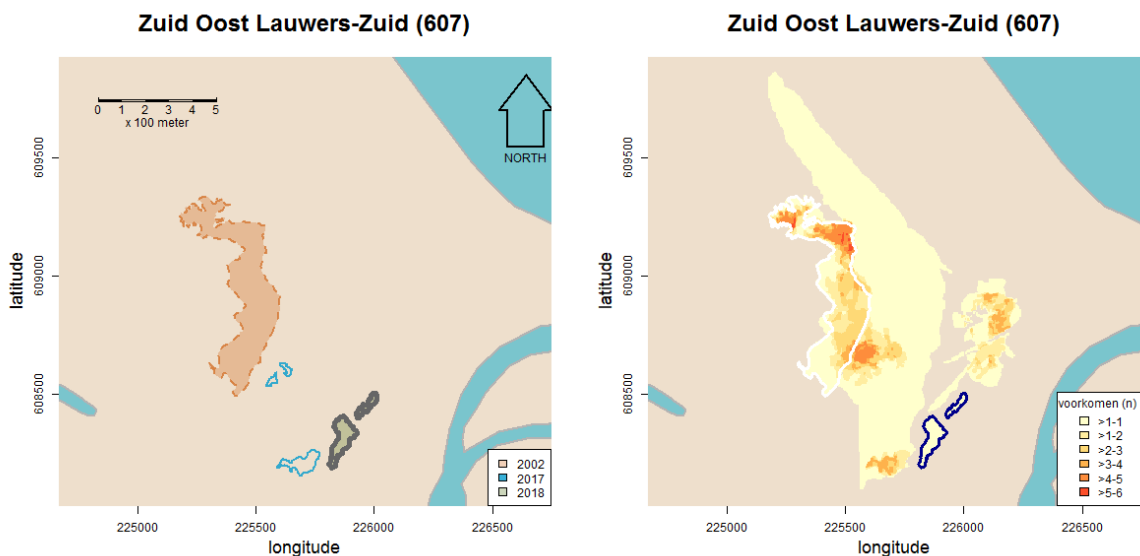
Figuur 3.1 Contouren van de mosselbank 502 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In het linker figuur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 1997 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in het jaar 2018 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2017 (lichtblauw omlijnd). In het rechter figuur wordt op een raster van 5 bij 5 meter weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doortrokken lijn de contour van de bank in 2018. De ligging van de geul (lichtblauw) komt uit een opname uit het jaar 2003 en is daarom indicatief voor de huidige situatie (de geul kan zich inmiddels verplaats hebben).



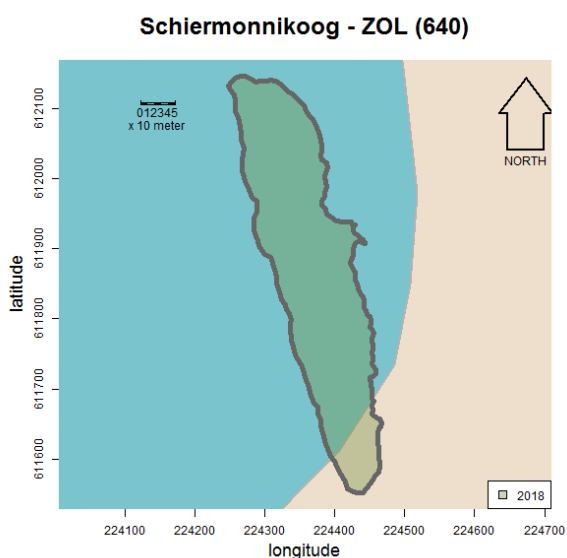
Figuur 3.2 Contouren van de mosselbank 503 (onder Ameland) voor verschillende jaren. In het linker figuur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 2000 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in het jaar 2018 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2017 (lichtblauw omljnd). In het rechter figuur wordt op een raster van 5 bij 5 meter weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doortrokken lijn de contour van de bank in 2018. De ligging van de geul (lichtblauw) komt uit een opname uit het jaar 2003 en is daarom indicatief voor de huidige situatie (de geul kan zich inmiddels verplaats hebben).



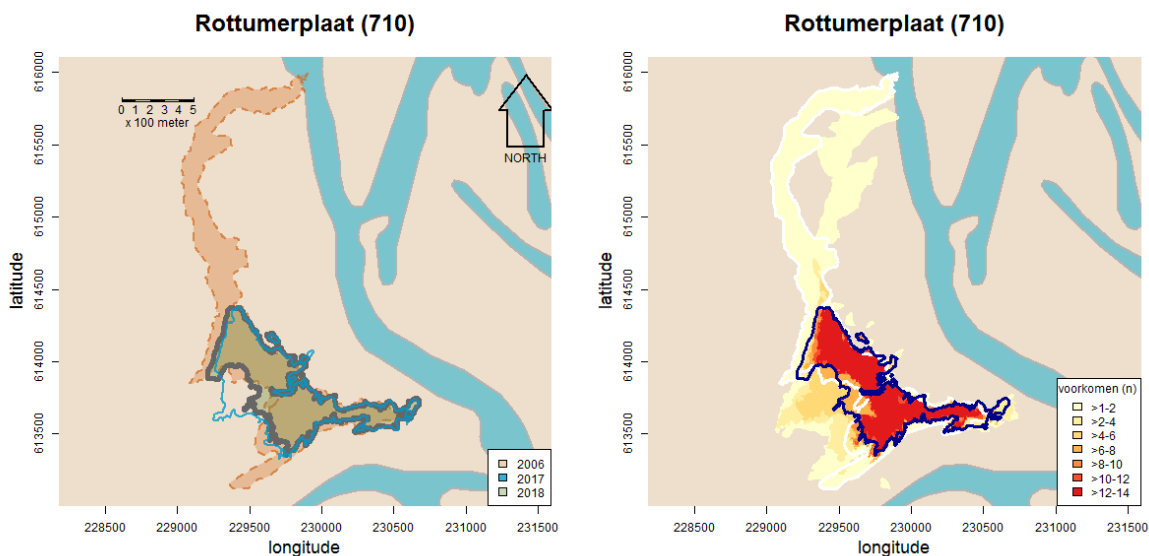
Figuur 3.3 Contouren van de mosselbank 603 (onder Schiermonnikoog) voor verschillende jaren. In het linker figuur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 1997 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in het jaar 2018 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2017 (lichtblauw omljnd). In het rechter figuur wordt op een raster van 5 bij 5 meter weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doortrokken lijn de contour van de bank in 2018. De ligging van de geul (lichtblauw) komt uit een opname uit het jaar 2003 en is daarom indicatief voor de huidige situatie (de geul kan zich inmiddels verplaats hebben).



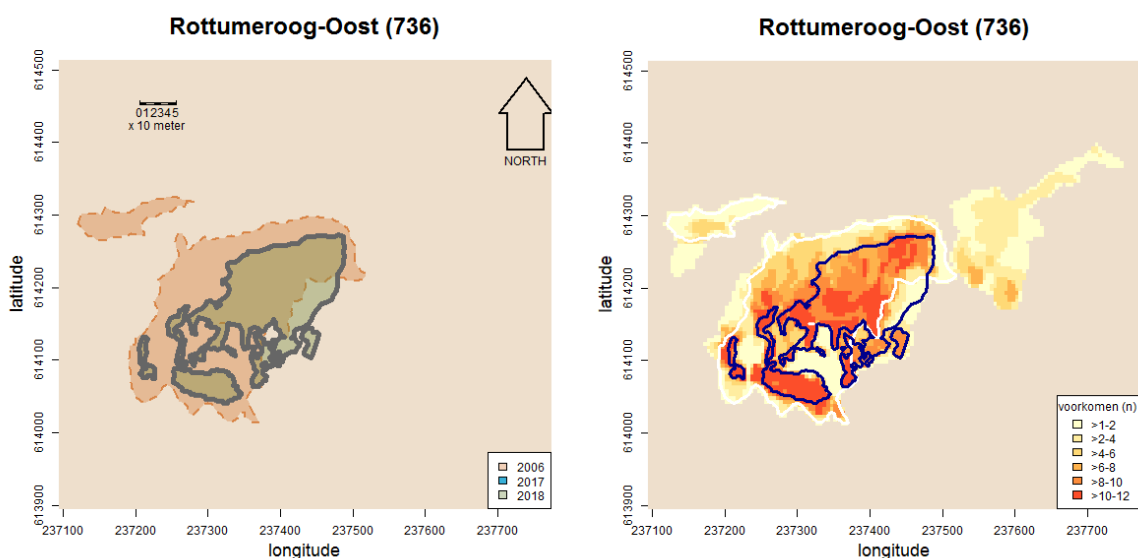
Figuur 3.4 Contouren van de mosselbank 607 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In het linker figuur worden de contour weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 2002 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in het jaar 2018 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2017 (lichtblauw omlind). In het rechter figuur wordt op een raster van 5 bij 5 meter weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doortrokken lijn de contour van de bank in 2018. De ligging van de geul (lichtblauw) komt uit een opname uit het jaar 2003 en is daarom indicatief voor de huidige situatie (de geul kan zich inmiddels verplaats hebben).



Figuur 3.5 Contour van de in 2018 nieuw gevormde mosselbank 640 (onder Rottumerplaat). De ligging van de geul (lichtblauw) komt uit een opname uit het jaar 2003 en is daarom indicatief voor de huidige situatie (de geul kan zich inmiddels verplaats hebben).

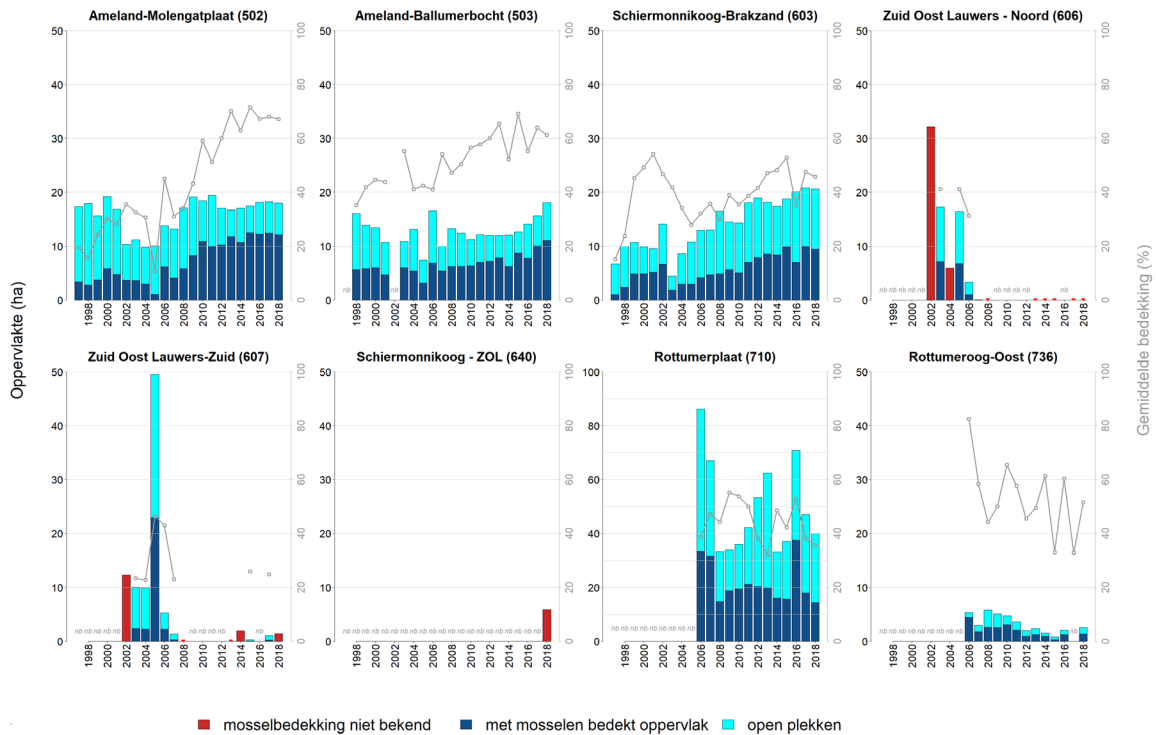


Figuur 3.6 Contouren van de mosselbank 710 (onder Rottumerplaat) voor verschillende jaren. In het linker figuur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 2005 en lichtbruin ingekleurd), zoals bepaald in het jaar 2018 (lichtgroen ingekleurd) en zoals bepaald in 2017 (lichtblauw omlind). In het rechter figuur wordt op een raster van 5 bij 5 meter weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doortrokken lijn de contour van de bank in 2018. De ligging van de geul (lichtblauw) komt uit een opname uit het jaar 2003 en is daarom indicatief voor de huidige situatie (de geul kan zich inmiddels verplaats hebben).



Figuur 3.7 Contouren van de mosselbank 736 (onder Rottumeroog) voor verschillende jaren. In het linker figuur worden de contouren weergegeven zoals bepaald in de eerste meting (in het jaar 2005 en lichtbruin ingekleurd) en zoals bepaald in het jaar 2018 (lichtgroen ingekleurd). In het jaar 2017 kon de contour niet betrouwbaar bepaald worden doordat de bank tijdens het inmeten niet droog kwam te liggen. In het rechter figuur wordt op een raster van 5 bij 5 meter weergegeven hoe vaak de rastercellen zich binnen de mosselbank bevonden (hoe roder, hoe frequenter) voor de jaren dat de bank bezocht werd en er een contour beschikbaar was. In dit figuur wordt met een witte lijn de contour van de eerste meting weergegeven en met een donkerblauw doortrokken lijn de contour van de bank in 2018. Aan de zuidoostkant van de bank bevindt zich een geul.

Ontwikkeling areaal mosselbanken



Figuur 3.8 Ontwikkeling van de bankoppervlakte (in hectaren en weergegeven met staven uitgezet ten opzichte van de linker y-as) en de gemiddelde mosselbedekking (in procenten en weergegeven met een grijze gekleurde lijn uitgezet ten opzichte rechter y-as) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710 en 736 in de periode 1997 t/m 2018. De hoogte van de balk (donker- en lichtblauwe deel) geeft het totale bankoppervlakte weer, het donkerblauwe deel de met mosselen bedekte oppervlakte en het lichtblauwe deel het areaal open plekken. Met rode balken wordt het bankoppervlakte weergegeven voor situaties waarin de bedekking niet bekend was. Wanneer een bank wel bezocht werd maar deze niet aanwezig was, is dit met een rode stip aangegeven, wanneer een bank niet bezocht werd is dit met 'nb' aangegeven.

De ligging, contour, bankoppervlakte en het met mosselen bedekte oppervlakte van de banken 502 (Ameland-Molengatplaat), 503 (Ameland-Ballumerbocht) en 603 (Schiermonnikoog-Brakzand) zijn in het jaar 2018 nagenoeg onveranderd gebleven ten opzichte van het jaar ervoor, zie de Figuren 3.1, 3.2, 3.3 en 3.8. De subtiele veranderingen die opgetreden zijn bestaan er voor wat betreft bank 502 uit dat het zuidoostelijke deel van de bank, gelegen op een schelpenbank, wederom ietsje kleiner is geworden en dat aan het zuidelijke deel enkele kleinere bulten verdwenen zijn. Op andere plekken in het zuidelijke deel zijn wat mosselpatches verwaaid waardoor het bankoppervlakte daar wat toegenomen is. De veranderingen voor bank 503 (Ameland-Ballumerbocht) bestaan eruit dat enkele inhammen, door verplaatsing van mosselpatches, opgevuld zijn met mosselen waardoor het bankoppervlakte iets toegenomen is. In 2017 is de bank in het noordelijke deel gegroeid waardoor een losse mosselpatch, die voorheen niet tot de bank behoorde, opgenomen werd in de bank. In 2018 is dit deel van de bank grotendeels ongewijzigd teruggevonden. In bank 603 hebben zich geen noemenswaardige veranderingen opgetreden. Een groot deel van het oppervlakte van deze banken (502, 503 en 603) bevindt zich momenteel in het gebied waar, gedurende dit onderzoek, frequent mosselbanken gevonden zijn, zie hiervoor de oranje- en rood gekleurde vlakken in de Figuren 3.1, 3.2 en 3.3.

De veranderingen in ligging en contour is voor mosselbank 710 (Rottumerplaat) ten opzichte van het jaar 2017 wat groter dan voor de banken 502, 503 en 603. Veranderingen hebben zich voornamelijk voltrokken aan de westelijke kant van deze bank. Dit deel van de bank, die in de jaren 2011 en 2012 gevormd is, verdwijnt gestaag. Zo ook in 2018 toen wederom een stuk mosselbank verdwenen was. Als gevolg hiervan nam ook het bankoppervlakte af van 70 hectaren in 2016 tot 40 hectaren in 2018 zoals te zien is in Figuur 3.8. Momenteel bevindt de zuidwestelijke rand van de mosselbank zich

nagenoeg op dezelfde plek als in de eerste meting uit 2006 zie Figuur 3.6. Aan de overige randen van de bank is weinig veranderd. De bank bevindt zich in 2018 grotendeels in een gebied die al sinds jaren (>10 jaar) uit mosselbank bestaat en bewijst daarmee stabiel te zijn. Het met mosselen (en oesters) bedekte oppervlak is onverminderd hoog (tot >80%) in deze delen van de bank, zie Bijlage 2.

De verandering in bank 736 (Rottumeroog – Oost) is groot en bestaat eruit dat aan de noordoostelijke kant van de bank mosselzaad gevallen is. Dit mosselzaad heeft zich gevestigd in een gebied waar in de periode 2011 – 2016 (en mogelijk 2017, maar niet gemeten) mosselen langzaam verdwenen zijn. Door de vestiging van het mosselzaad is het bankoppervlak, na het dieptepunt in 2015 met 0.8 hectare, toegenomen tot 2.5 hectaren in 2018, zie Figuur 3.8 en Bijlage 1. Aan de overige randen van de bank is weinig veranderd.

De mosselbulten van bank 607 (Zuidoost Lauwers – Zuid) die in 2017 nog aanwezig waren zijn in 2018 niet teruggevonden op deze plek maar zijn opgeschoven in oostelijke richting (Figuur 3.4). Nieuwe bulten bevinden zich op een plek, waar in het kader van dit onderzoeksprogramma, nog niet eerder mosselbulten gevonden zijn. Deze hebben zich gevormd in de oorspronkelijke geul die momenteel aan het verzanden is. Het mosselgebied is ten opzichte van 2017 iets toegenomen en beslaat nu een oppervlak van 1.4 hectare. Ondanks dat nog wat mosselbulten teruggevonden zijn en het bankoppervlak is toegenomen is het bankoppervlak nog steeds minimaal ten opzichte van voorgaande jaren.

Mosselbank 606 (Zuidoost Lauwers – Noord) is niet teruggevonden in 2018. Ook mosselbank 703, die in 2017 al erg klein in omvang was (0.37 hectare) heeft niet standgehouden in 2018.

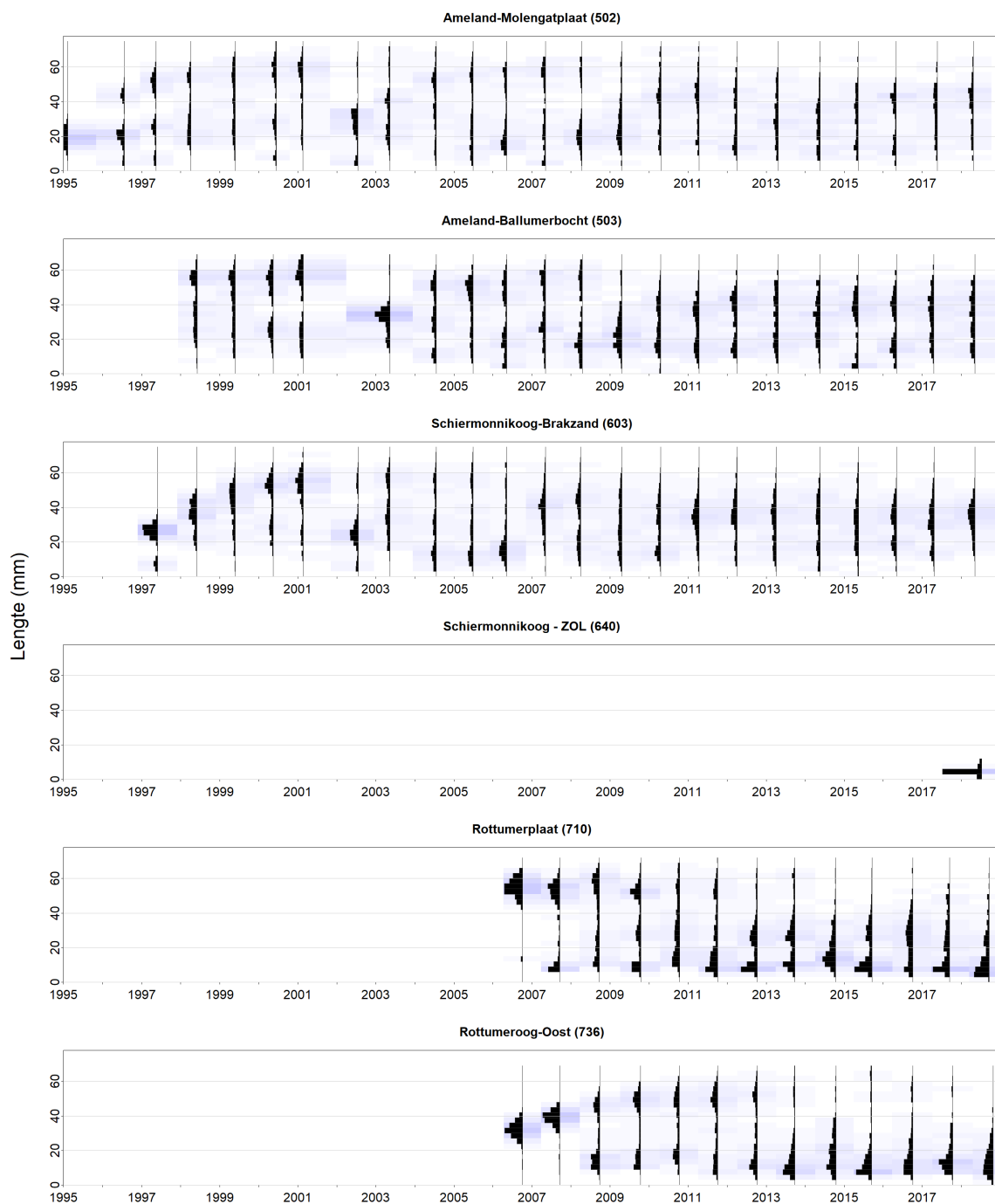
Op de zandplaat gelegen tussen de geulen Zuid Oost Lauwers en Spruit (noordelijk van mosselbank 606), een nieuwe mosselzaadbank aangetroffen bestaande uit vers mosselzaad dat in 2018 gevallen is. De bank bestaat uit mosselen van enkele millimeters groot en is 5.9 hectaren groot, zie de Figuren 3.5, 3.8 en 3.9. Duidelijke mosselpatches hebben zich reeds gevormd, zie Figuur 3.9. Aan de zuidelijke zijde van de bank werd ook veel kokkelbroed aangetroffen waaraan mosselen zich vastzetten. Deze bank heeft nummer 640 (Schiermonnikoog – Zuid oost Lauwers) gekregen. Er zijn geen bedekkingsraaien gelopen op deze vooralsnog kleine bank.



Figuur 3.9 Mosselbank 640 (Schiermonnikoog – Zuid Oost Lauwers). Reeds gevormde mosselbulten van bank 640 (boven), hechting van mosselen aan kokkels (linksonder) en kleinschalige patronen van mosselstrengen (rechtsonder). In de foto rechtsonder is ook de afdruk van de steekbuis (diameter 10 cm) te zien.

3.2 Ontwikkeling mosselen en oesters

Lengte frequentieverdeling mosselpopulatie

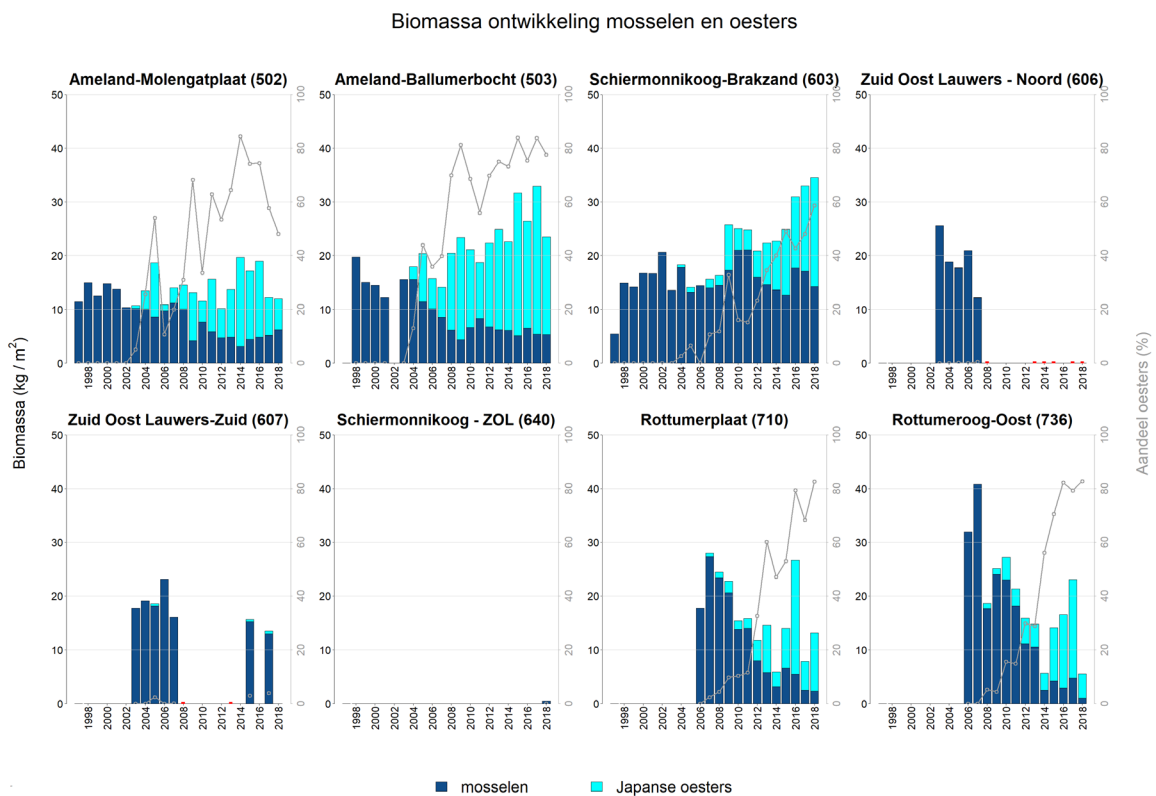


Figuur 3.10 Ontwikkeling van de lengtefrequentie (aantallen gestandaardiseerd naar 1000 mosselen en stapgrootte van 3 mm) van de mosselpopulatie op de mosselbanken 502, 503, 603, 640, 703, 710 en 736 vanaf 1995 t/m 2018.

In Figuur 3.10 is goed te zien hoe mosselen van het eerste cohort in bank 603 en 736 zich in de opvolgende jaren ontwikkelen (groeien). Na ongeveer 6 jaar lijkt het eerste cohort uitgegroeid te zijn waarbij een lengte van ongeveer 60 mm bereikt is. Ook is goed te zien dat de banken 502 en 503 (onder Ameland), bank 607 (Zuid Oost Lauwers) en bank 710 (onder Rottumerplaat) ontstaan zijn enkele jaren voordat de eerste metingen uitgevoerd werden. Het prille begin van deze banken is niet gevolgd binnen dit programma; de eerste histogrammen voor deze banken pieken bij een lengteklasse van >20mm voor de eerste jaren. De mosselen van bank 640 zijn nog erg klein (enkele mm) en laten goed zien dat de bank in 2018 ontstaan is.

Over het algemeen lijkt er op alle banken jaarlijks wel enige mosselbroed te vallen, waardoor al na enkele jaren na het ontstaan van de bank meerdere jaarklassen onderscheiden kunnen worden. In de loop van de jaren zijn meestal twee, drie en soms vier jaarklassen te onderscheiden in de lengte-frequentiegrafieken. In sommige jaren zijn de individuele jaarklassen in elkaar vergroeid en zijn ze niet meer goed te onderscheiden.

Mosselbroedval op de mosselbanken 502, 503 en 603 is, als gevolg van het bemonsteringsmoment in mei, pas zichtbaar in het jaar erop. Hierdoor zijn deze mosselen al wat groter en kan de broedval door optreden van wintersterfte wat minder duidelijk gezien worden in de lengte-frequentiegrafieken. De mosselen op bank 502, 503 en 603 lijken iets gegroeid te zijn het afgelopen jaar. De mosselbanken 710 en 736 worden later in het jaar bemonsterd en daar is goed de aanwas van het jaar 2018 te zien in de lengte-frequentiegrafieken. Ondanks dat afgelopen jaren mosselzaad aangetroffen werd op de banken is er geen duidelijke groei waarneembaar van het mosselzaad. De meeste mosselen zijn kleiner dan 2 cm en het aandeel grote(re) mosselen in de monsters is erg klein, zie Figuur 3.10 en Bijlage 4. In mosselbank 736 werden geen mosselen >4cm aangetroffen in de monsters.



Figuur 3.11 Ontwikkeling van de jaargemiddelde biomassa mosselen en Japanse oesters (uitgedrukt in kg natgewicht/m² en weergegeven in staven ten opzichte van de linker y-as) en het aandeel oesters (uitgedrukt in procenten en weergegeven in lijndiagram ten opzichte van de rechter y-as) in de mossel-/oesterbiomassa zoals aangetroffen in de vierkantmonsters (0,05 m²) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 703, 710 en 736 in de periode 1997 t/m 2018 (of tot wanneer ze bezocht zijn/ aanwezig waren). Wanneer een bank wel bezocht werd maar deze niet aanwezig was is dit met een rode stip aangegeven.

De biomassa van mosselen en oesters en het aandeel oesters die in de monsters werden gevonden op de onderzochten banken zijn weergegeven in Figuur 3.11. De oesterbedekking op de subraaien is weergegeven in Bijlage 3. Het gemiddelde aantal- en biomassa van mosselen en oesters in de vierkantmonsters is weergegeven in respectievelijk Bijlage 4 en 5.

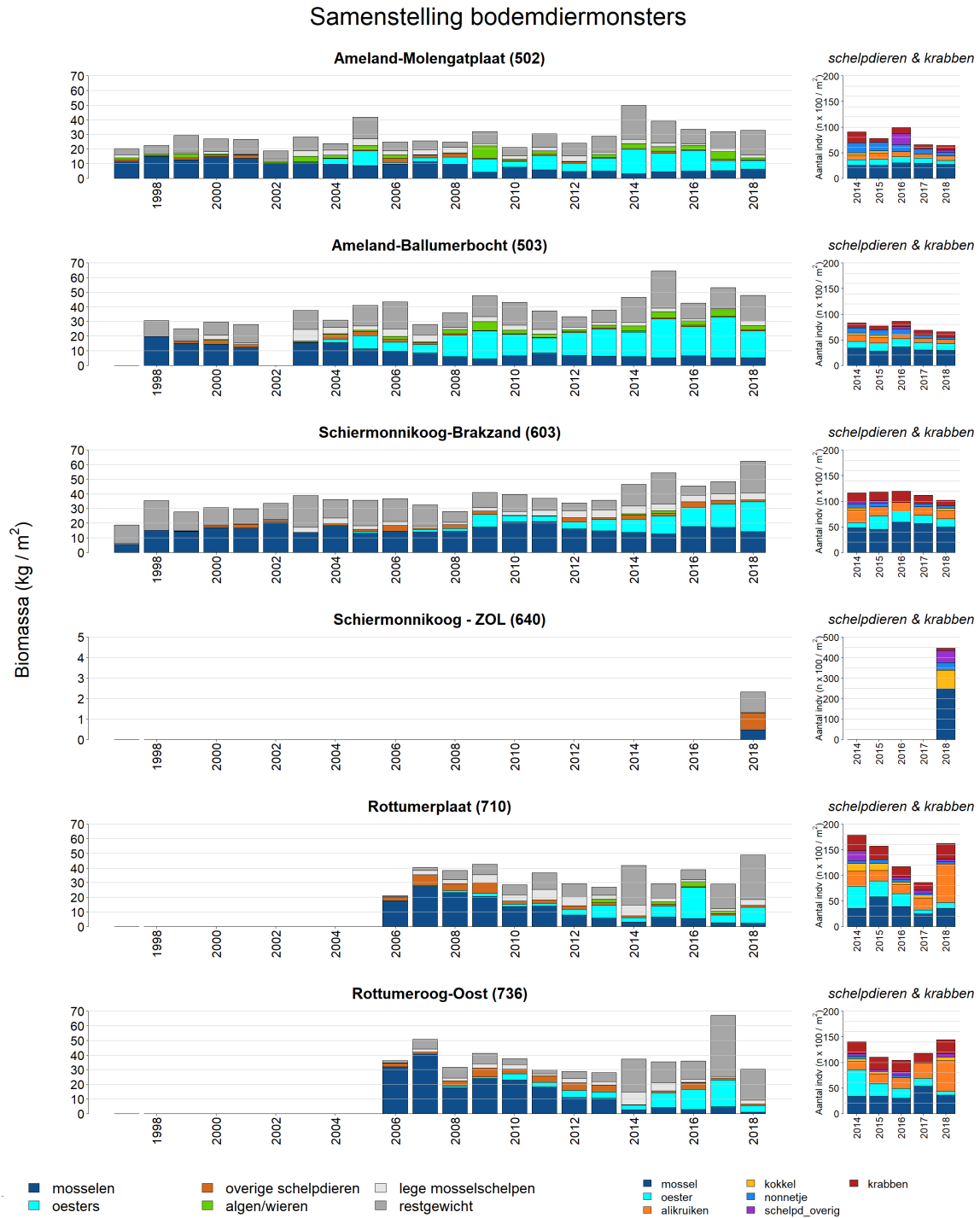
Van de onderzochte banken in 2018 is de biomassa van mosselen op bank 640 (Schiermonnikoog – Zuid Oost Lauwers) het kleinst terwijl deze bank wel de hoogste aantallen mosselen per vierkante meter heeft (zie Bijlage 4). Dit is een normaal verschijnsel voor een nieuw gevormde mossel(zaad)bank met zeer veel kleine (en lichte) individuen. Het is de verwachting dat bij een succesvolle groei de mosselbiomassa sterk kan toenemen in 2019. De mosselbiomassa van de oudere

banken opgenomen in dit programma is het kleinst in de banken gelegen nabij de Rottums (710 en 736) in 2018, namelijk $<2.5 \text{ kg/m}^2$. Voor bank 736 (Rottumeroog - Oost) is hiernaast opvallend dat zowel de mossel- als oesterbiomassa behoorlijk (en evenredig) afgenomen is in 2018. In 2017 waren er nog bijna 5 kg mosselen en 18 kg oesters per m^2 , in 2018 was hier nog maar 0.9 kg mosselen en 4.6 kg oesters van over. De mosselbiomassa in bank 710 is niet veel veranderd ten opzichte van 2017 en dit geldt ook voor de overige bezochte banken in 2018 (502, 503 en 603).

Zoals ook in ander jaren werd gezien en als dusdanig in de eerdere rapportages werd beschreven vindt er inmiddels een ontwikkeling van Japanse oesters plaats in nagenoeg alle in dit onderzoek betrokken mosselbanken. Uitzondering is de in 2018 nieuw gevormde mosselbank nabij Zuid Oost Lauwers (bank 640), waar geen oesters waargenomen zijn.

Op de overige hier onderzochte banken (502, 503, 603, 607, 710 en 736) hebben zich op enig moment oesters gevestigd. In de eerste 3 tot 6 opvolgende jaren na de vestiging van oesters blijft de oesterbiomassa in de monsters nog beperkt. In mosselbank 607 is de oesterbiomassa ook beperkt gebleven in de latere jaren, maar in de andere hier onderzochte banken nam de oesterbiomassa na enkele jaren (4 tot 6 jaar) wel sterk toe. Voor de meeste banken ging dit gepaard met een afname van de mosselbiomassa die voor de komst van de oesters tussen de 10 en 27 kg/m^2 lag en nu tussen de 1 en 6 kg/m^2 ligt, zie Figuur 3.11. Mosselbank 603 vormt hierop een uitzondering en lijkt in staat te zijn de oorspronkelijke mosselbiomassa te handhaven. In de periode 1998 tot en met 2018 is de mosselbiomassa nauwelijks veranderd en schommelt rond de 16 kg/m^2 ($\pm 2.5 \text{ kg/m}^2$ standaard deviatie). Door een toename van oesterbiomassa in deze bank is de gecombineerde mossel-oesterbiomassa wel gestegen, van ongeveer 16 naar $>30 \text{ kg/m}^2$ en is het aandeel oesters in de gecombineerde mossel- en oesterbiomassa jaarlijks toegenomen tot 59% in 2018. Net als voorgaande jaren kent deze bank ook in 2018 de hoogste biomassa mosselen en aantallen (mosselzaadbank 640 uitgezonderd) per vierkante meter van de hier onderzochte mosselbanken.

3.3 Ontwikkeling doodmateriaal en overige soorten



Figuur 3.12 Ontwikkeling van de gemeenschapssamenstelling zoals aangetroffen in de vierkantmonsters voor de banken 502, 503, 603, 640, 710 en 736 in de periode 1997 t/m 2018. Links gewicht mosselen, oesters, overige schelpdieren, algen/wieren, lege mosselschelpen en restgewicht, rechts dichtheden van schelpdieren en krabben voor de jaren 2014 t/m 2018. Let op de afwijkende schaal voor de y-as voor bank 640.

Een groot aandeel van het totaalgewicht van de vierkantmonsters (gemiddeld over alle banken en jaren, 40%) bestaat uit doodmateriaal. Dit bestaat voornamelijk uit lege mossel- en oesterschelpen. Jaarlijkse fluctuaties in het aandeel doodmateriaal zijn groot en zijn het meest uitgesproken op de banken onder de Rottums (710 en 736). Het percentage doodmateriaal is in 2018 het hoogst voor de banken onder de Rottums, 70% (710) en 78% (736). Dan volgt bank 502 bij Ameland met 57% doodmateriaal. De banken 503 (43%), 603 (42%) en 640 (43%) kennen gemiddeld lagere percentages doodmateriaal in 2018.

Het gewicht aan algen/wieren wordt gedomineerd door blaaswier (*Fucus vesiculosus* forma *mytili*) die vooral in de monsters genomen op de banken 502, 503 en 710 worden aangetroffen. In 2018 werd op bank 710 veel minder blaaswier aangetroffen dan in het jaar ervoor. Voor bank 502 en 503 was geen sprake van grote afname in blaaswier.

Naast mosselen en oesters zijn, in de periode 2014 tot en met 2018, de volgende schelpdieren aangetroffen in de vierkantmonsters; alikruiken, nonnetjes, kokkels, slijkgaper, strandgaper, tapijtschelp, boommosseel, mesheften en muiltje. De meeste van deze schelpdieren worden maar in enkele monsters en in lage dichtheden aangetroffen. Alikruiken, nonnetjes en kokkels komen vaker en in hogere dichtheden voor.

De soortsaamenstelling op de banken 502 en 503 kenmerkt zich door de aanwezigheid van nonnetjes en de lage aantallen alikruiken. De soortsaamenstelling op bank 502 en 503 wijkt af van die van 710 en 736 waar meer verschillende soorten gevonden worden en waar de krab- en alikruikdichtheden hoger zijn. Mosselbank 603 neemt een tussenpositie in voor wat betreft alikruik dichtheden en kent de laagst aantal verschillende soorten van de hier onderzochte banken. De saamenstelling in 2018 is niet sterk veranderd met voorgaande jaren voor de banken 502, 503 en 603. In de banken 710 en 736 zijn de alikruikdichtheden flink toegenomen in 2018 en laten de hoogst gemiddelde waarden zien voor de huidige meetreeks (2014 t/m 2018).

De nieuw gevormde mosselbank 640 heeft een duidelijk andere soortsaamenstelling dan de overige hier onderzochte banken. Hoge dichtheden van zowel kokkels als nonnetjes (naast de hoge mosseldichtheid) is opvallend, evenals de afwezigheid van krabben.

3.4 Ontwikkeling per individuele mosselbank

Deze paragraaf is vergelijkbaar met Glorius et al., 2017 maar wordt jaarlijks aangevuld met nieuwe informatie uit het betreffende jaar. Wanneer er in eerdere conclusies iets verandert, wordt dit specifiek aangegeven. De beschrijving van mosselbanken 101, 606, 703, 726, 734 en 735 verandert niet meer omdat deze banken zijn verdwenen of niet meer bezocht werden. Omdat de ontwikkeling van deze verdwenen of niet meer bezochte banken wel bijdraagt aan de onderzoeksvraag worden ze hier wel elk jaar weergegeven.

3.4.1 Bank 101 - Balgzand

Deze mosselbank is ontstaan met de broedval van 1992. Voor die tijd lag er een kokkelbank op die plek. De bank is voor het eerst bezocht in 1994, maar de contour is pas vanaf 1997 met gps gemeten. In 1997 is de mosselbank goed bedekt met mosselbroed en kleine mosselen uit 1996. Tot 1999 viel er regelmatig nieuw broed op de mosselbank waardoor de bedekking min of meer gelijk blijft. In 2000 is er veel broed gevallen op de mosselbank, waardoor de oppervlakte flink toenam. De jaren daarna nam de bank jaarlijks in oppervlakte en bedekking af. Vanaf 2004 is de bank niet meer bezocht in verband met een krimp budget. Uit de jaarlijkse inventarisatie van het totale mosselareaal in de gehele Waddenzee (Van den Ende et al., 2017) blijkt dat er op die locatie nog steeds een mosselbank ligt.

3.4.2 Bank 502 - Ameland Molengatplaat

Deze mosselbank is ontstaan in 1994 en in 1995 voor het eerst bezocht. In 1999, 2001, 2005, 2007, 2011 en 2015 is er een goede mosselbroedval op de bank geweest. In 2016 (zichtbaar in 2017) is de broedval beperkt van omvang geweest. In 2001 heeft er voor het eerst een oesterbroedval plaatsgevonden op de mosselbank. Vanaf 2008 werden in de gehele mosselbank oesters gevonden, maar vooral in het zuidelijke deel staan ze rechtop. Op de hele bank zijn, ook in het gedeelte met rechtopstaande oesters, nog (veel) mosselen te vinden. In de jaren na de vestiging van oesters in de bank nam het met mosselen(en oesters) bedekte oppervlak toe en het mosselgewicht af. De laatste jaren lijkt de toename in het met mosselen(en oesters) bedekte oppervlak gestagneerd te zijn tot ongeveer 70% en de afname in mosselbiomassa tot ongeveer 5 kg/m². Het mosselbroed dat in 2015 in de bank gevallen is, is in 2017 wat verder gegroeid maar in 2018 lijkt de groei gestagneerd. De

laatste jaren (sinds 2008 – 2009) verandert de contour en ligging van de bank nauwelijks. De bank beslaat in 2018 een oppervlak van zo'n 17 hectare en al 25 jaar vormt deze bank nu een stabiele structuur.

3.4.3 Bank 503 - Ameland Ballumerbocht

De mosselbank is waarschijnlijk ontstaan in 1994, maar daarna door stormen sterk achteruitgegaan. Door mosselbroedval uit met name 2015 is deze bank aan de noordelijke zijde wat gegroeid en is het bankoppervlak toegenomen tot zo'n 14 hectaren in 2016. Door het opvullen van inhammen is de bank vanaf 2017 nog wat verder gegroeid tot zo'n 18.0 hectaren in 2018. Momenteel zijn duidelijk twee jaarklassen te onderscheiden. De schelpdierbedekking stabiliseert de laatste jaren rond de 60%. Dit wordt ook voor een deel door de oesters bepaald, vooral in het oostelijk deel. Het is bekend dat er in het oostelijk deel al vanaf 2000 veel oesters voorkwamen en dat deze zich over de zuidelijke rand van de mosselbank verder uitbreidden.

Vanaf 2004 worden oesters gevonden in de vierkantmonsters. Vanaf 2008 zijn in de gehele mosselbank oesters te vinden, maar vooral in het zuidelijke deel vormen ze rechtopstaande structuren en zijn dichtheden groot. Omdat overal nog (veel) mosselen te vinden zijn classificeert de bank zich tot gemengde mossel-oesterbank. Het mosselgewicht per oppervlakte-eenheid nam tot het jaar 2010 jaarlijks af en lijkt nu te stabiliseren. Afgelopen periode (vanaf 2012 tot en met 2018) ligt het mosselgewicht rond de 6 kg/m². De bank vormt al minimaal 24 jaar een stabiele structuur en heeft nog niet eerder zo'n grote omvang gehad als in 2018.

3.4.4 Bank 603 - Schiermonnikoog Brakzand

De mosselbank is ontstaan in 1994 en in 1995 voor het eerst bezocht. Al meer dan 20 jaar vormt de bank een stabiele structuur. De bank bestaat uit mosselen met oesters en er zijn veel diepe, snelstromende geulen. Het oppervlakte van de bank nam in de periode 2004 tot en met 2015 gestaag toe van zo'n 9 tot 19 hectaren. Afgelopen drie jaar is het bankoppervlak weinig veranderd en ligt tussen de 20.1 en 20.8 hectaren.

In 1997 bestond de mosselbank uit broedval van 1995 en 1996. In 2005, 2007, 2009 en in 2015 is er een behoorlijke broedval geweest op deze mosselbank. De mosselen op de bank bestaan nu uit twee duidelijk te onderscheiden jaarklassen. De bedekking met mosselen en oesters schommelt al jaren stabiel rond de 40%. De laatste jaren lijkt het mosselgewicht per oppervlakte-eenheid stabiel te blijven rond de 15,5 kg/m². Door broedval in 2016 (zichtbaar in lengte frequentiegrafieken in 2017) heeft er verjonging plaatsgevonden. In 2017 lijkt er geen broedval plaatsgevonden te hebben. In 2004 werden voor de eerste keer enkele (jonge) oesters aangetroffen in de vierkantmonsters. De oesters nemen jaarlijks toe en hebben zich in 2007 verder uitgebreid over het centrale deel van de mosselbank. Door een toename van de oesterbiomassa en afname van de mosselbiomassa in 2018 is het aandeel oesters van de gecombineerde mossel- en oesterdichtheid toegenomen tot 59%. Desondanks kent deze bank ook in 2018 de hoogste mosselbiomassa van de hier onderzochte banken.

3.4.5 Bank 606 - Zuid Oost Lauwers Noord

De bank is ontstaan in 2001 en voor het eerst bezocht in 2002. Over de jaren is het bankoppervlak vrij snel afgenomen, hoewel in 2005 nog een toename door nieuwe broedval te zien was. Ook de bedekking nam snel af. Deze bank is sinds 2008 geheel verdwenen. In 2011 en 2012 is de locatie niet bezocht. In het voorjaar van 2013 bleek de bank nog steeds geheel verdwenen, op sommige plekken leefden wel veel zandkokerwormen. In het najaar van 2013 bleek er nieuw broed te zijn gevallen. Dit was echter in de daaropvolgende winter geheel verdwenen. Sindsdien heeft er zich geen broedval meer plaatsgevonden. In 2017 is de locatie wel bezocht, maar is de bank niet aangetroffen.

3.4.6 Bank 607 - Zuid Oost Lauwers Zuid

De kern van deze bank is ontstaan in 2000 en in 2002, na de zaadval van 2001, voor het eerst goed ingemeten. In 2005 viel veel nieuw mosselbroed op deze locatie, waardoor de oppervlakte en de bedekking toenam. Het nieuwe mosselbroed was in 2006 al weer grotendeels verdwenen, waardoor de oppervlakte van de bank weer terugviel tot die van 2004. Daarna ging de bank jaarlijks in oppervlakte

en bedekking achteruit, tot deze in 2008 geheel was verdwenen. In 2011 en 2012 is de locatie niet bezocht. In het voorjaar van 2013 leek de bank nog steeds geheel verdwenen, op sommige plekken leefde veel zandkokerwormen. In het najaar van 2013 bleek er nieuw mosselbroed te zijn gevallen. Dit was echter in de daaropvolgende winter grotendeels verdwenen. In 2015 werden nog enige mosselbulten gevonden die in 2017 wat meer verspreid zijn aangetroffen in het zuidelijk deel van de bank. In 2018 zijn de bulten nog wat verder naar het oosten opgeschoven en beslaat de bank een oppervlakte van zo'n 1.4 ha.

3.4.7 Bank 640 – Schiermonnikoog Zuid Oost Lauwers

Deze bank is in 2018 ontstaan en bedraagt 5.9 hectare. De bank bestaat uit mosseltjes van enkele millimeters groot die zich aan elkaar en aan de aanwezige kokkels en kokkelschelpen vasthechten. Prille bultvorming is geobserveerd.

3.4.8 Bank 703 - Rottum Wantij

Deze mosselbank is ontstaan in 2001 en in 2003 voor het eerst bezocht. De oppervlakte van deze bank nam de daaropvolgende jaren snel af. De mosselbank bestond in 2009 alleen nog maar uit enkele (weliswaar grote) bulten die nog waren overgebleven van de oorspronkelijke mosselbank. Tussen deze bulten lag een groot slibvlak met kokkels, kokkelschelpen, mosselschelpen, pokken en strooimosselen. In de zomer van 2009 is nieuw mosselbroed gevallen op deze schelpenresten welke in de opeenvolgende jaren goed is gegroeid. De mosselbank is hierdoor weer in oppervlakte en bedekking toegenomen. In 2012 is er aan de oostkant een klein deel weggeslagen, maar in 2013 is het zuidelijke deel verder uitgebreid door wederom een mosselbroedval. Overleving was echter slecht en in 2014 is de oppervlakte weer afgenomen met name doordat het zuidelijke deel is verdwenen (zo'n 3,3 ha). In de volgende jaren verdween steeds ongeveer 30% van het bankoppervlak waarbij ook dik bedekte delen verdwenen en in 2016 was het bankoppervlak afgenomen tot slechts 0,5 ha. In 2016 heeft er beperkte broedval plaatsgevonden en is in 2017 de bedekking en het oppervlak marginaal toegenomen. In 2018 is de bank echter verdwenen.

3.4.9 Bank 710 - Rottumerplaat

Het betreft een mosselbank die in het najaar van 2006 voor het eerst is bezocht. Waarschijnlijk is de mosselbank ontstaan uit de broedval van 2001 (Steenbergen *et al.*, 2003). Het slikkige noordelijke deel, dat in 2006 en 2007 nog aanwezig was, is in 2008 geheel verdwenen. Hierdoor halveerde toen de mosselbankoppervlakte. Daarna nam het bankoppervlak weer langzaam toe, met name omdat in 2011 in het zuidwestelijke deel nieuw mosselbroed was gevallen. Dit deel had zich goed gevestigd en breidde elk jaar iets uit. De bedekking nam wel af en in 2014 is dit deel zo weinig bedekt (<5%) dat het als strooimosselen wordt geclassificeerd en niet meer meetelt in de oppervlakte. Door zaadval in het zuidwestelijke deel is de bank op die plek weer gegroeid in 2015 en in 2016. De bedekking in dit deel was laag, namelijk 20-60% (in vergelijking, de bedekking in het noordoostelijke deel bedroeg rond de 80%). De mosselbulten in dit zuidwestelijke deel bleken geen stand te houden en in zowel 2017 als in 2018 zijn forse bankdelen verdwenen in dit gedeelte van de bank. In 2018 nam het bankoppervlak af met 7 hectaren en besloeg de bank een gebied van 40.1 hectaren. Er wordt nagenoeg elk jaar mosselzaad aangetroffen in de monsters op deze in het najaar bemonsterde bank, maar deze hebben nog niet te maken gehad met de wintersterfte. De mosselbank bevat op sommige plekken, net als in voorgaande jaren, ook veel oesters. De mosselbiomassa loopt vanaf 2007 (toen er 27 kg/m² lag) terug tot onder de 10 kg/m² sinds 2012. In 2018 werden er voornamelijk kleine mosselen (<2 cm) aangetroffen en was het mosselgewicht historisch laag met 2.2 kg/m².

3.4.10 Bank 726 - Rottumerplaat Schild

*Deze mosselbank is in het najaar van 2006 voor het eerst bezocht. Waarschijnlijk is de bank ontstaan uit de broedval van 2001 (Steenbergen *et al.*, 2003). In 2007 is een goede broedval geweest die resulteerde in een hoog percentage kleine mosselen in 2008. De mosselbank nam jaarlijks (lineair) in oppervlakte en bedekking af, waarschijnlijk door stormen. De laatste jaren bestond de mosselbank*

voornamelijk uit oesters met oude mosselen ertussen. Het nieuwe zuidelijke deel (2008) bestond voornamelijk uit jonge oesters op dode schelpen van strandgaper, kokkel en mossel. In 2010 was dit deel verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van stormschade. De delen met grote oesters leken langer dichterblijvend te blijven. Het overgebleven deel was in 2012 zo klein en de bedekking was toen zo laag, dat niet langer over een mosselbank gesproken kan worden. Het hele oorspronkelijke mosselbankoppervlak lag in de jaren daarna vol met dode schelpen van mossel, strandgaper, kokkel en oesters. Sindsdien is op deze bank de oppervlakte en bedekking niet meer bepaald en zijn geen monsters meer genomen.

3.4.11 Bank 734 - Rottumeroog Zuiderduintjes

In het najaar van 2006 werd deze plek binnen dit project voor het eerst bezocht. Waarschijnlijk is de mosselbank ontstaan uit de broedval van 2001 (Steenbergen et al., 2003). Vanaf 2006 ging de bank jaarlijks in oppervlak en bedekking achteruit tot er in 2008 niets meer van over was. In 2008 was de mosselbank geheel verdwenen en vanaf 2009 wordt de bank niet meer bezocht.

3.4.12 Bank 735 - Rottumeroog

Het betreft een mosselbank die in het najaar van 2006 voor het eerst is bezocht. Waarschijnlijk is de mosselbank ontstaan uit de broedval van 2001 (Steenbergen et al., 2003). De oorspronkelijke mosselbank nam sinds 2006 jaarlijks (lineair) in oppervlakte af. In 2008 en 2009 was er een goede broedval op deze bank, daarna vond geen noemenswaardige broedval meer plaats en is de bank ook in bedekking langzaam achteruitgegaan. Vanaf 2006 werd een enkele losliggende oester waargenomen, vanaf 2007 kwamen ze ook voor in de vierkantmonsters. Jaarlijks nam dit aantal toe, maar er kwamen nog steeds voornamelijk mosselen voor op de mosselbank. Een losliggend deel aan de westkant bevatte wel meer oesters. Het gewicht aan levende mosselen leek te stabiliseren rond de 10 kg/m². In 2011 nam dit plots af tot <2 kg/m². Het aandeel oesters en lege schelpen (anders dan mosselschelpen) leek de afgelopen jaren langzaam toe te nemen. Het lijkt of er in 2010 zand over de bank is gespoeld, er lag toen veel zand op en tussen de mosselen. In 2012 was deze mosselbank geheel verdwenen.

Vanaf die tijd zijn geen monsters meer genomen op deze mosselbank. In 2010 zijn er ten westen twee nieuwe mosselbanken ontstaan uit mosselbroed van 2008, vlak naast de oorspronkelijke mosselbank die toen nog steeds aanwezig was. Deze zijn niet meegenomen in de oppervlakteberekeningen. De nieuwe mosselbanken ten westen van de oude zijn nog steeds aanwezig en in 2013 is er weer nieuw mosselbroed gevallen op die locatie.

3.4.13 Bank 736 - Rottumeroog Oost

Deze bank is waarschijnlijk ontstaan uit een mosselbroedval van 2005. In 2006 is deze bank binnen dit project voor het eerst bezocht. De mosselbank ligt in de luwte van een ouder oesterrif dat het zuidwestelijke deel beslaat. Mogelijk dat hier eerder al wel mosselen hebben gelegen (Steenbergen et al., 2003). Het oesterrif zorgde waarschijnlijk voor een sterke rand die afkalving aan de zuidzijde voorkomt. In 2007 bleek dat in een groot deel van het oesterrif zich zoveel mosselen hadden genesteld dat van een gemengd deel gesproken kon worden. De laatste jaren zijn er wel delen van dit rif verdwenen.

De vierkantmonsters zijn alleen in het mosseldeel genomen. Hierin kwamen tot 2008 nauwelijks oesters voor, in 2010 is het aantal oesters in dit middendeel flink toegenomen. In 2014 heeft er een oesterbroedval op de bank plaatsgevonden welke in de opvolgende jaren goed gegroeid bleek te zijn. In 2014 zijn er, net als voorgaande jaren, aan de noordzijde delen verdwenen. In 2014 lag er erg veel schelpengruis op de bank, zowel van mosselen als van andere schelpdieren. Waarschijnlijk is er veel doodgegaan op deze mosselbank, mogelijk door stormschade. De resterende mosselbank heeft grote hoogteverschillen met mosselbulten van ongeveer 1 meter hoog. De oppervlakte nam vanaf 2009 steeds af en in 2015 verdween aan de noordelijke kant een groot stuk mosselbank waarna 0,8 ha overbleef. Na broedval in 2016 en 2017 kon dit stuk wel weer tot de bank gerekend worden. In 2018 is dit gebied weer wat verder uitgebreid en beslaat de bank een oppervlak van 2.6 hectaren. Het gewicht aan levende mosselen in de vierkantmonsters leek te stabiliseren rond de 20 kg/m², maar nam vanaf 2012 sterk af en bedraagt, net als in 2017, ongeveer 5 kg/m².

4 Discussie en conclusie

Wageningen Marine Research bestudeert in detail de ontwikkelingen van een aantal mosselbanken op de lange termijn. In het voorjaar van 2018 werden de mosselbanken 502 (Ameland Molengatplaat), 503 (Ameland Ballumerbocht), 603 (Schiermonnikoog), 606 (Zuid Oost Lauwers Noord), 607 Zuid Oost Lauwers Zuid). In het najaar werden de banken 710 (Rottumerplaat) en 736 (Rottumeroog-Oost) bezocht. In voorjaar van 2018 werd ook een nieuwe mosselzaadbank, 640 (Schiermonnikoog – Zuid Oost Lauwers) genaamd, aangetroffen en bemonsterd.

De resultaten van de jaarlijkse kartering van deze banken en de populatiemetingen geven een beeld van de ontwikkeling van mosselbanken over een groot aantal jaren. De algemene conclusie, die ook al in voorgaande tussenrapportages wordt beschreven (o.a. Glorius *et al.*, 2018), verandert daarmee niet. De mosselbanken gaan in het algemeen na het jaar van ontstaan langzaam in oppervlakte, bedekkingspercentage en populatiedichtheid achteruit. Op de mosselbanken neemt dan het percentage lege schelpen, marcoalgen en zeepokken toe in verhouding tot de levende mosselen. De afname in oppervlakte en bedekking wordt af en toe tenietgedaan door een goede broedval, waarna het proces opnieuw begint. Over de jaren ontstaat dus geleidelijk een mosselbank met meerdere jaarklassen en met een gevarieerde gemeenschap. Vestiging van Japanse oesters in bestaande mosselbanken blijkt een algemeen verschijnsel in de Waddenzee wat resulteert in een hoger bedekkingspercentage aan schelpdieren en een steeds verder afnemende biomassa mosselen.

De gemengde mossel- en oesterbanken kunnen een stabiel en langdurig (decennia) verschijnsel zijn op een bepaalde locatie, al kunnen individuele mosselen, bankdelen en complete banken ook verdwijnen en veel korter aanwezig zijn. Ondanks de overeenkomsten in algemene ontwikkeling zoals hierboven beschreven, zijn er jaarlijks grote verschillen te zien in de ontwikkeling van individuele mosselbanken die in deze studie gevolgd zijn. Sommige banken nemen in oppervlak en bedekking af, andere juist toe of veranderen nagenoeg niet. Op sommige mosselbanken vindt er bijvoorbeeld een mossel- of oesterbroedval plaats, op andere niet. Folmer en medewerkers hebben de dynamiek in bankgrootte van litorale mosselbanken aanwezig in de Nederlandse en Duitse Waddenzee bestudeerd voor de periode (1999-2010) en kwamen tot de conclusie dat groei van banken uit verschillende stroomgebieden niet synchroon verloopt (Folmer *et al.*, 2014). De auteurs stellen dat lokale verschillen in de verspreiding van mossellarven en de barrière die de uitstroom van rivieren hierin speelt, mogelijk belangrijk zijn. Beukema en andere vonden wel gelijktijdige groei van mosselbanken over grote gebieden (>100 km) na koude winters (Beukema *et al.*, 2015). Ze stellen dat de bestudeerde periode in de studie van Folmer en andere te kort was en geen strenge winters bevatten om deze relatie op te merken.

Onderzoek wijst uit dat veel verschillende factoren bepalend zijn voor de overleving en ontwikkeling van litorale mosselbanken en dat deze ook samenhangen met eigenschappen van de mosselbank zelf en met de levensfase van de mosselbank (Dankers & Fey, 2015). Zo wordt mosselbroedval op een bank bepaald door aanvoer van mossellarven met waterstromen die bovendien voldoende groot (en zwaar) moeten zijn om te kunnen bezinken op momenten met weinig stroming (Dankers & Fey, 2015). Het moment waarop de larven groot genoeg gegroeid zijn om zich op de bodem te vestigen wordt medebepaald door het moment waarop de mosselen hun zaad- en eicellen uitscheiden (afhankelijk van de watertemperatuur) en door de groeisnelheid van de larven wat afhankelijk is van onder andere voedselcondities (Gosling, 1992). Succesvolle vestiging van mossellarven wordt medebepaald door het substraat waarbij in ieder geval mosselen zelf (Kangeri *et al.*, 2014), kokkels, oesters, dode schelpen en de kokers van kokerwormen (Callaway 2003, Dankers & Fey, 2015, Pulfrich, 1996), geschikt blijken te zijn. Direct na vestiging is predatie door krabben en garnalen belangrijk (Waser, 2018, Veer van der *et al.*, 1998, Dankers & Fey, 2015). In alle levensfasen van mosselbanken kan erosie van bankdelen door golven, stromingen en ijsvorming belangrijk zijn (Donker, 2015) en kunnen er grote verliezen optreden door predatiedruk uitgeoefend door vogels (Waser, 2018). Ook bankeigenschappen zelf zijn van belang. De ruimtelijke structuur van de mosselen

(Liua et al., 2013), ligging ten opzichte van overheersende stroomrichting, het reliëf en de aan- dan wel afwezigheid van mosselbulten (Donker, 2015) bepaald onder ander de gevoeligheid van mosselbanken voor erosie door golven en stromingen en de beschikbaarheid van voedsel. De voedselbeschikbaarheid wordt verder bepaald door de ligging van de bank ten opzichte van geulen die voor aanvoer van algen (voedsel) zorgt en de hoogteligging die bepaalt hoe lang de bank onder water staat en dus hoe lang mosselen de tijd hebben het water te filtreren (Dankers & Fey, 2015). Japanse oesters kunnen mosselen bescherming bieden en verliezen door predatie verminderen (Waser et al., 2015).

Jaap van der Meer en coauteurs (Meer et al., 2018) laten zien dat de bankoverleving in de eerste vijf jaar na het ontstaan van een mosselbank gering is (veel nieuw gevormde banken verdwijnen binnen de eerste vijf jaar). Overlevingskansen na de eerste vijf jaar nemen sterk toe. De overlevingskansen nemen daarnaast toe voor banken die groter dan gemiddeld zijn en bij aanwezigheid van Japanse oesters (z.g. 'gemixte' banken). Omdat de ontwikkeling in de eerste vijf jaar vooral bepalend is voor de langjarige overleving is het interessant om de nieuw gevormde bank onder Schiermonnikoog (640) te blijven volgen en ook om nieuw gevormde banken aan het programma toe te voegen. Hierdoor wordt het mogelijk om het effect meer bankeigenschappen (zoals bv bedekking, aanwezigheid van predatoren etc.) op de bankoverleving te onderzoeken. Daarnaast is het interessant om de ontwikkeling van de banken te koppelen aan morfologische ontwikkelingen in de directe omgeving van de bank. Hiertoe zouden mosselbank contouren geprojecteerd kunnen worden op historische bathymetrische kaarten waarmee mogelijk onderzocht kan worden wat de invloed is van mosselbanken op sedimentatie en erosie processen en de verschuivingen in het geulenpatroon.

De hier gepresenteerde meerjarige gegevens met betrekking tot de ontwikkeling van mosselbanken kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling van kennis over de invloed van bankeigenschappen en omgevingsfactoren die van belang zijn voor het overleven van mosselbanken evenals de invloed van oesters op de mosselbank- en mosselpopulatie dynamiek.

Literatuur

- Asmus R.M. & H. Asmus (1991) Mussel beds: limiting or promoting phytoplankton? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 148:215-32.
- Beukema, J.J., R. Dekker, M.R. Stralen van, J. Vlas de, (2015) Large-scale synchronization of annual recruitment success and stock size in Wadden Sea populations of the mussel *Mytilus edulis* L. *Helgol Mar Res* (69), pp 327 – 333.
- Brinkman AG, T Bult, N Dankers, A Meijboom, D den Os, MR van Stralen, J de Vlas (2003) Mosselbanken kenmerken, oppervlaktebepaling en beoordeling van stabiliteit. Alterra rapport 707. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Buschbaum, C. S. Dittmann, J-S Hong, I-S Hwang, M. Strasser, M. Thiel, N. Valdivia, S-P Yoon, K. Reise (2009) Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Marine Resources* 63:47-58.
- Callaway, R. (2003) Long-term effects of imitation polychaete tubes on benthic fauna: they anchor *Mytilus edulis* (L.) banks. *Journal Experimental Marine Biology Ecology* (283), pp 115-132.
- Dame, R.F., N. Dankers, T. Prins, H. Jongsma & A. Smaal (1991) The influence of mussel beds on nutrients in the western Wadden Sea and Eastern Scheldt estuaries. *Estuaries* 130-138-14.
- Dame, R.F. (2011) *Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach*, 2nd edition. Boca Raton, FL, CRC Marine Sciences. 283 pp.
- Dankers N & K Koelemij (1989) Variations in the mussel population of the Dutch Waddensea in relation to monitoring. *Helgwiss. Meeresunters.* 43: 529–535.
- Dankers N; Meijboom A; Cremer JSM; Dijkman EM; Hermes Y; te Marvelde L (2003) Historische ontwikkeling van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 876. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Dankers N; Meijboom A; de Jong M; Dijkman E; Cremer J; van der Sluis S (2004) Het ontstaan en verdwijnen van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 921. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Dankers N, Cremer J, Dijkman E, Brasseur S, Dijkema K, Fey F, de Jong M, Smit C (2006) *Ecologische Atlas Waddenzee*. IMARES Wageningen UR, Texel.
- Dankers, N. & Fey-Hofstede, F. (2015). *Een zee van Mosselen. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee*. Lisse, pp. 108
- Donker, J. J. A., (2015). "Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea", Thesis University Utrecht, pp 134.
- Dijkema KS, G Van Tienen & J.J Van Beek (1989) *Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea 1:100 000*. Research Institute for Nature Management, Texel/Veth Foundation, Leiden: 24 maps.
- Ende van den D, van Asch M, Troost K, (2014) Het mosselbestand en het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen van de Waddenzee in het voorjaar van 2014. IMARES Rapport C131/14. IMARES Wageningen UR.
- Ende van den D, K. Troost, M. Asch van, J. Perdon & C. Zweeden van, (2018) Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren 2018; bestand en arealen. CVO rapport 18.023.
- Ens BJ & Altling D (1996) The effect of an experimentally created mussel bed on bird densities and food intake of the Oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ardea*, 84A, 493-507.
- Folmer, E.O., Drent, J., Troost, K., Buttger, H., Dankers, N., Jansen, J., Stralen van M., Millat, G., Herlyn, M., Philippart, C.J.M. (2014) Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus edulis* L.) bed coverage in the Gemena and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* (17), pp 550-566.
- Glorius, ST., Meijboom, A., Wal van der, J.T., Cremer, J.S.M. (2018). *Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2016*. WOT-technical report 138 / WMR-rapport C018/19.
- Gosling, E.G., (1992) Reproduction, settlement and recruitment. In: *The Mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture*. Developments in aquaculture and fisheries science. Amsterdam: Elsevier. Pp 131-168.

-
- Gutiérrez J.L., C.G. Jones, D.L. Strayer, O.O. Iribarne (2003) Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos* 101: 79-90.
- Günther CP (1996) Development of small *Mytilus* beds and its effects on resident intertidal macrofauna. *Mar. Ecol.* 17(1-3):117-130.
- Kangeri, A.K., Jansen, J.M., Joppe, D.J., Dankers, N.M.J.A. (2014). In situ investigation of the effects of current velocity on sedimentary mussel bed stability. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (485), pp 65-72.
- Liua, Q.X., Doelmanc, A., Rottschaferc, V., Jagera de M., Hermana, P.M.J., Rietkerkd, M., Koppel, van de J. (2013) Phase separation explains a new class of selforganized spatial patterns in ecological systems. *PNAS*.
- Markert, A. A. Wehrmann, I. Kröncke (2010) Recently established *Crassostrea*-reefs versus native *Mytilus*-beds: differences in ecosystem engineering affects the macrofaunal communities (Wadden Sea of Lower Saxony, southern German Bight). *Biological Invasions*, 12:15-32.
- Meer van der, J., N. Dankers, B. Ens, M. Stralen van, K. Troost & A. Waser (2018), 'The Birth, Growth and Death of Intertidal Soft-Sediment Bivalve Beds: No Need for Large-Scale Restoration Programs in the Dutch Wadden Sea', *Ecosystems* (22), 1024-1034.
- Ministerie van LNV (2004) Ruimte voor zilte oogst. Naar een omslag in de Nederlandse schelpdiercultuur. Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 2005-2020.in N. e. V. Ministerie van Landbouw, editor., Den Haag.
- Ministerie van LNV (2008) Profieldocument H1140 december NB-wet Natura 2000.
http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitattyp_pe_1140.pdf
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016) Natura 2000-beheerplan Waddenzee, periode 2016 – 2022. pp 331.
- Nehls G., I. Hertzler, G. Scheiffarth (1997) Stable mussel *Mytilus edulis* beds in the Wadden Sea: they're just for the birds. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 51:361-72.
- Petersen, J.K., M. Maar, F. Mohlenberg and J.E.N. Larsen (2012) Benthic grazing impact: Coupling and uncoupling in relation to physical forcing. *Marine Ecology Progress Series* 463: 127-139.
- Prins, T.C., A.C. Smaal and R.F. Dame (1998) A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. *Aquatic Ecology* 31: 349-359.
- Prins, T.C. & V. Escaravage (2005) Can bivalve suspension feeders affect pelagic food web structure? In: *The Comparative Roles of Suspension Feeders in Ecosystems*. R.F. Dame and S. Olenin. Dordrecht Springer: 31-51.
- Pulfrich, A., 1996. Attachment and settlement of post-larval mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Schleswig-Holstein Wadden Sea. *J. Sea Res.* 36, pp 239-250.
- Steenbergen J, JMDD Baars, MR van Stralen, J Kesteloo-Hendrikse & TP Bult (2003) Het mosselareaal en –bestand op de droogvallende platen in de Waddenzee in het voorjaar van 2003. RIVO-rapport C070/03. RIVO, IJmuiden.
- Tsuchiya M, Nishihira M (1985) Islands of *Mytilus* as a habitat for small intertidal animals: effect of island size on community structure. *Mar Ecol Prog Ser* 25:71-81
- Tsuchiya M, Nishihira M (1986) Islands of *Mytilus edulis* as a habitat for small intertidal animals: effect of *Mytilus* age structure on the species composition of the associated fauna and community organization. *Mar Ecol Prog Ser* 31:171-187
- Tydeman, P (1996) Ecologisch profiel van de wilde litorale mosselbank (*Mytilus edulis* L.). Rapport RIKZ 96.026. RIKZ, Den Haag.
- Veer, van der, H.W., Feller, R.J., Weber, A., Witte, J. (1998) Importance of predation by crustaceans upon bivalve spat in the intertidal zone of the Dutch Wadden Sea as revealed by immunological assays of gut contents. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* (231), pp 139 – 157.
- Waser, A. M. (2018) Predation on intertidal mussels: Influence of biotic factors on the survival of epibenthic bivalve beds. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.
- Waser, A. M., W. Splinter, and J. van der Meer (2015). Indirect effects of invasive species affecting the population structure of an ecosystem engineer. *Ecosphere* 6(7):109.
<http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00437.1>
- Zwarts L, (1991) Mosselbanken: wadvogels op een kluitje. *Vogels* 66: 8-12.

Verantwoording en kwaliteitsborging

WOt-technical report 165 / WMR-Rapport C135/19
WMR-Projectnummer: 431.81001.91

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Robbert Jak
 Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 20 december 2019

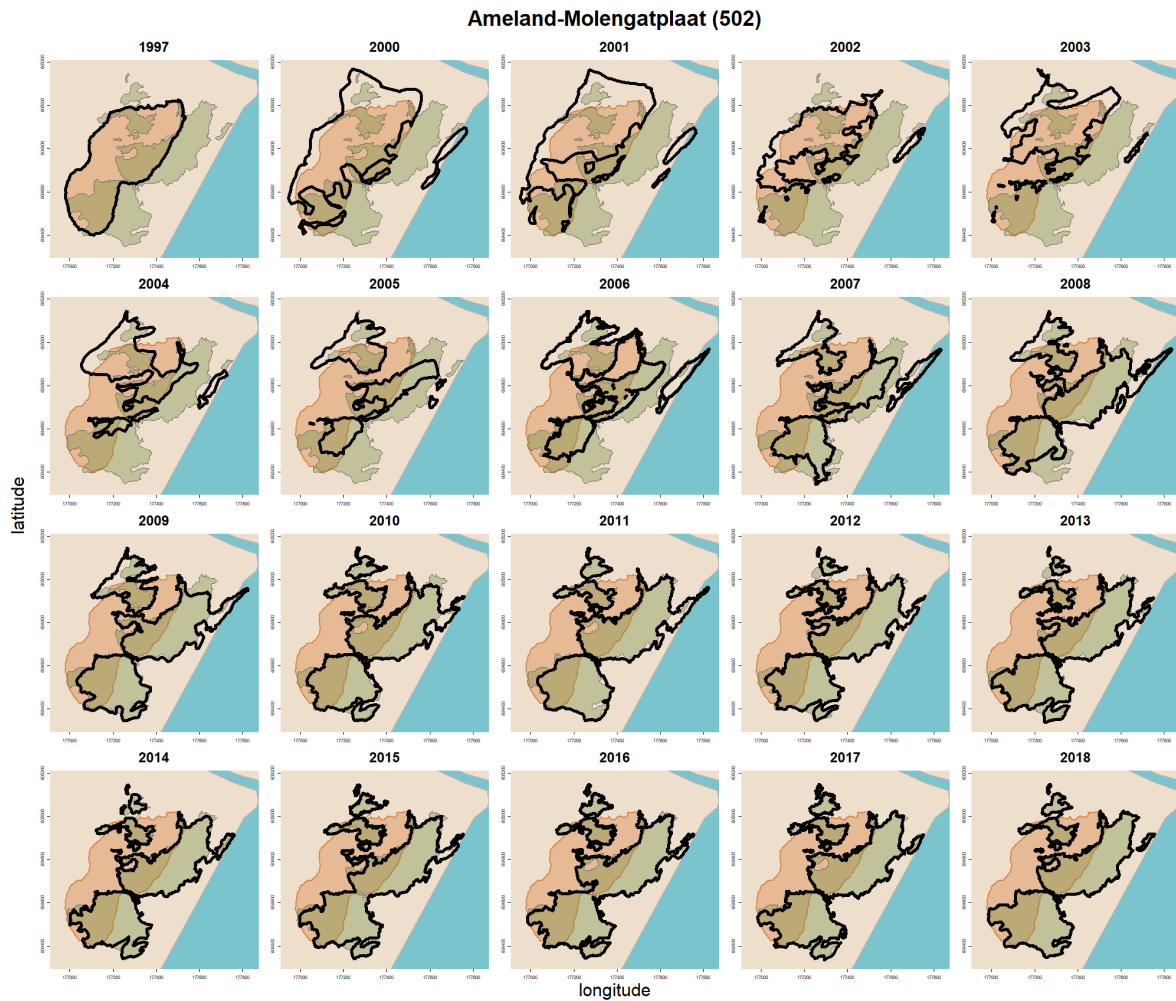
Akkoord: Drs. J. Asjes
 Mt lid Integratie

Handtekening:

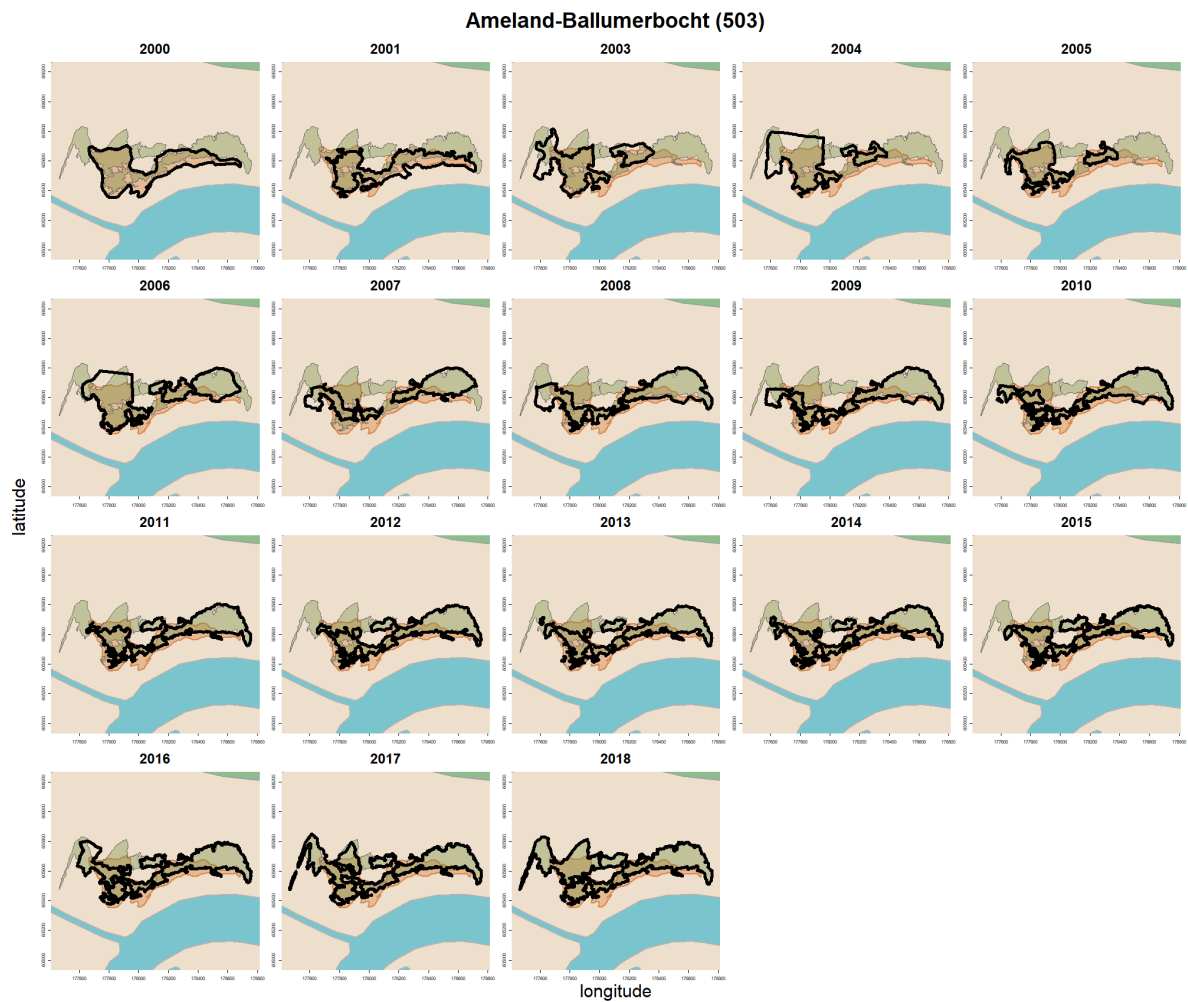


Datum: 20 december 2019

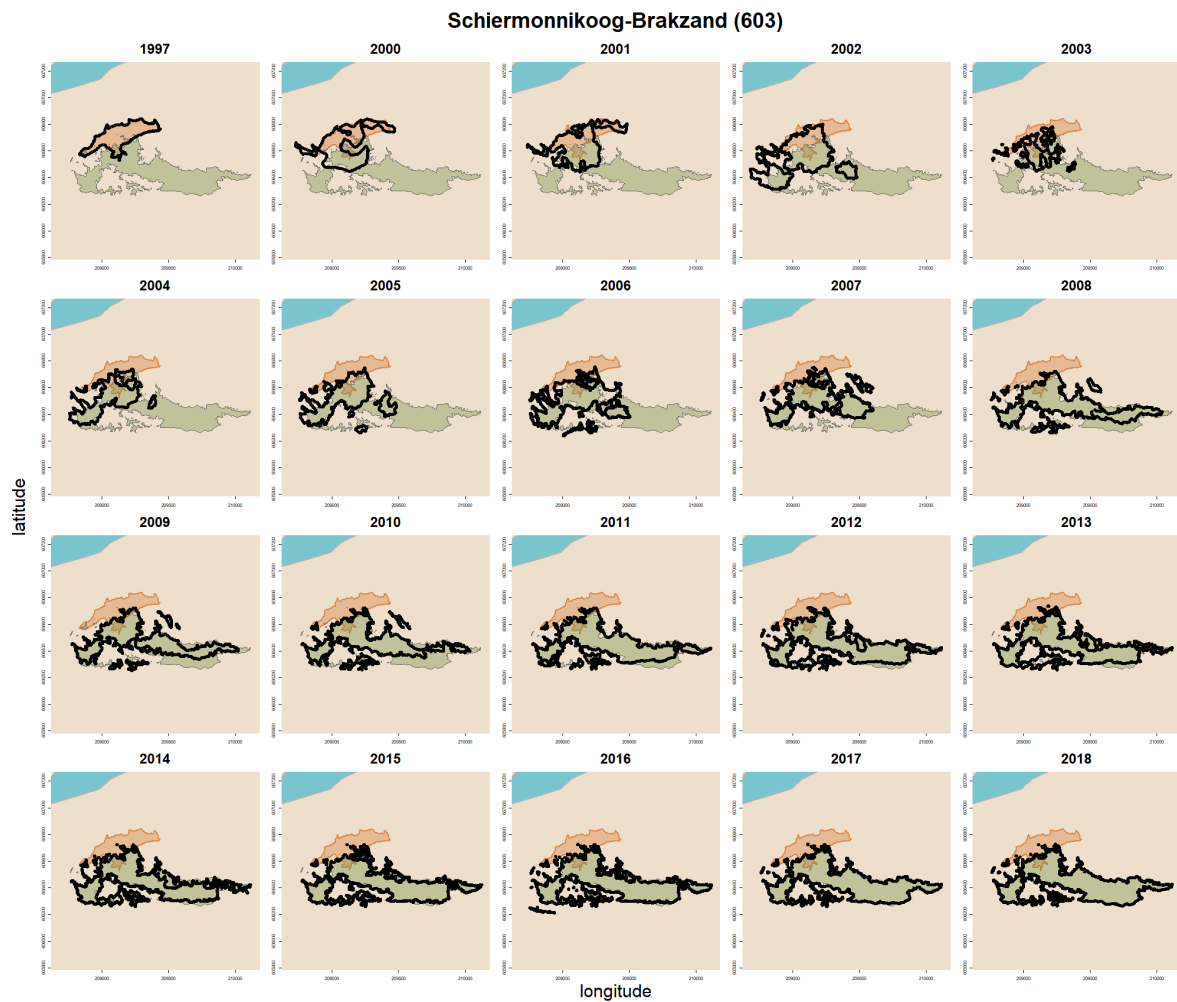
Bijlage 1 Contour per jaar en bank



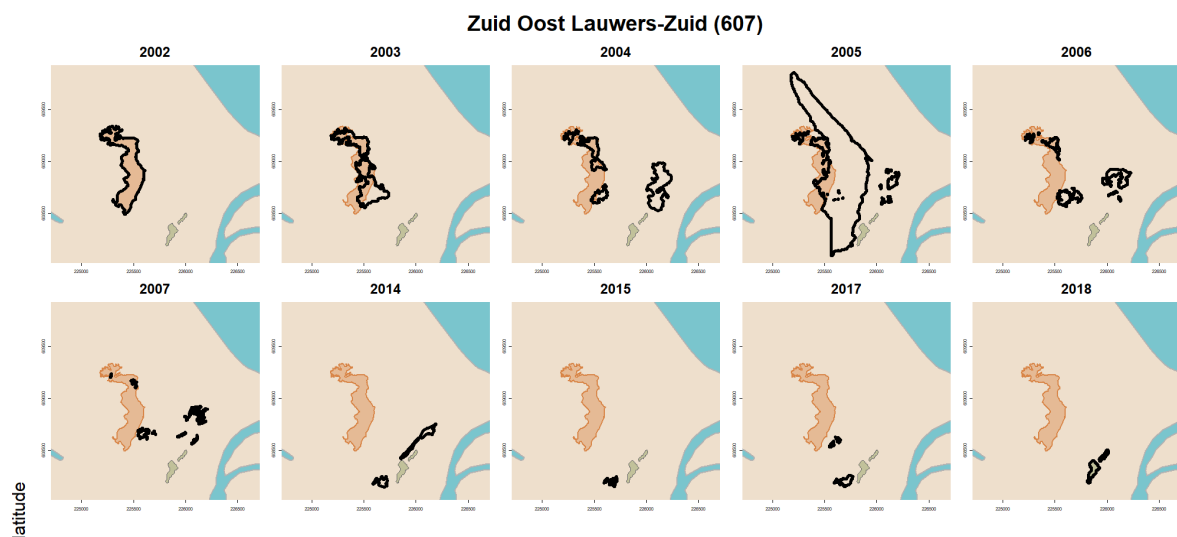
Figuur B1.1 De contouren voor mosselbank 502 (Ameland - Molengatplaat) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald is in de eerste meting van dit programma is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald is in het jaar 2018 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald is in elk van de afzonderlijk jaren is zwart omlijnt.



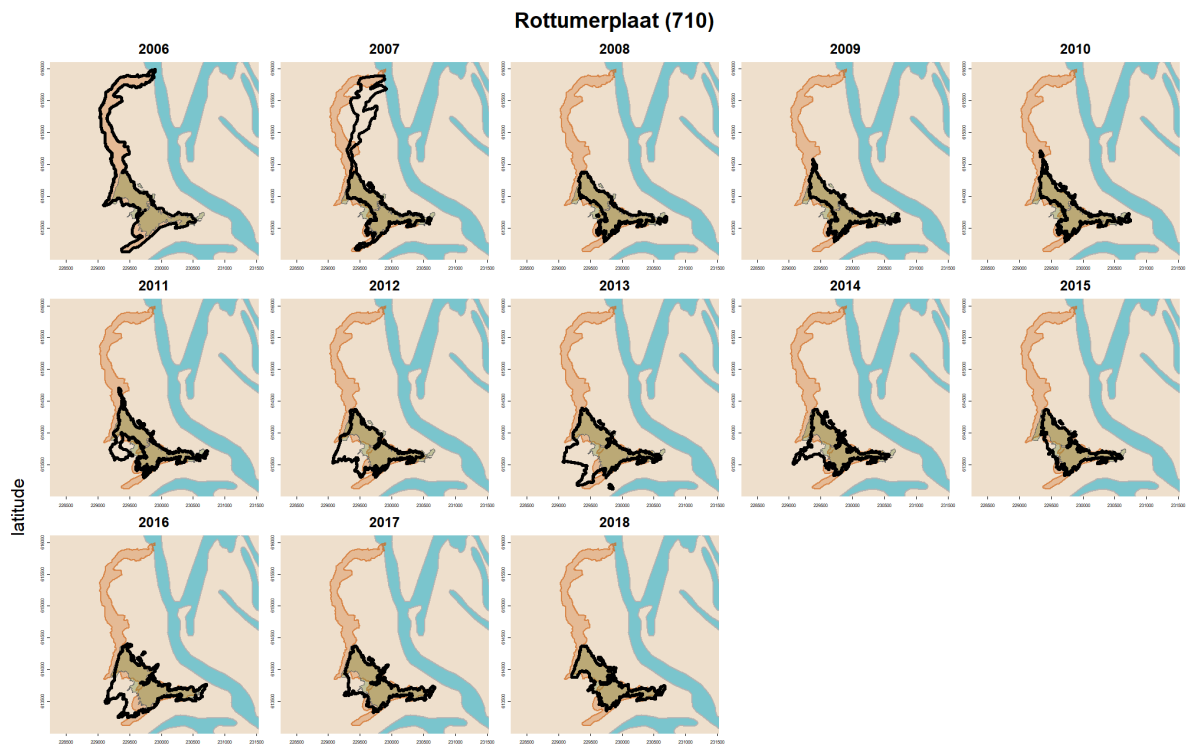
Figuur B1.2 De contouren voor mosselbank 503 (Ameland - Ballumerbocht) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in het jaar 2018 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijk jaren is zwart omlijnt.



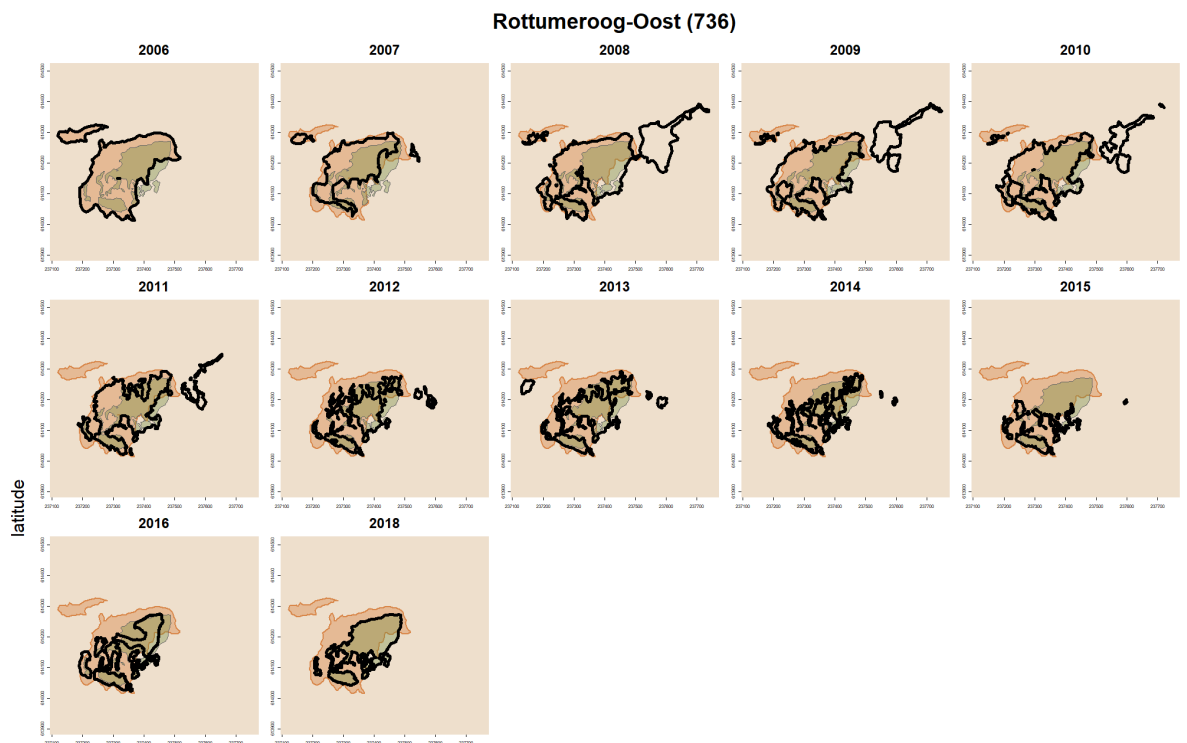
Figuur B1.3 De contouren voor mosselbank 603 (Schiermonnikoog - Brakzand) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in het jaar 2018 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijk jaren is zwart omlijnt.



Figuur B1.4 De contouren voor mosselbank 607 (Zuid Oost Lauwers - Zuid) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in het jaar 2018 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijk jaren is zwart omlijnt.

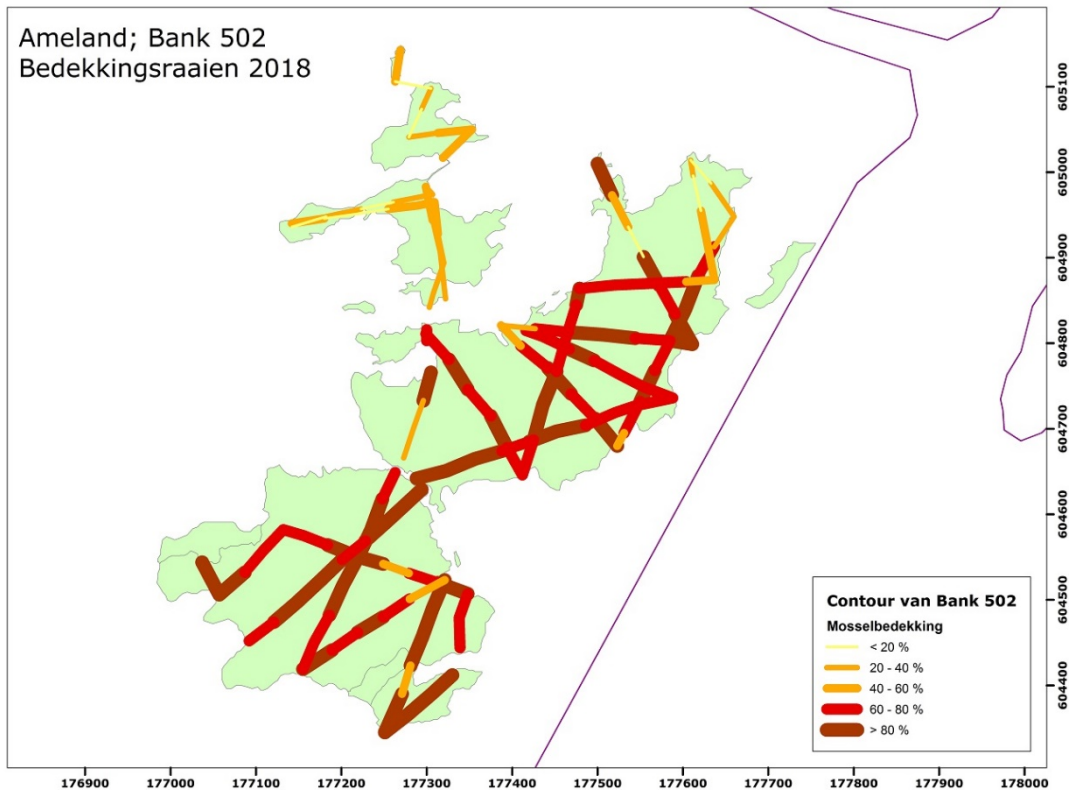


Figuur B1.5 De contouren voor mosselbank 710 (Rottumerplaat) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in het jaar 2018 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijk jaren is zwart omlijnt.

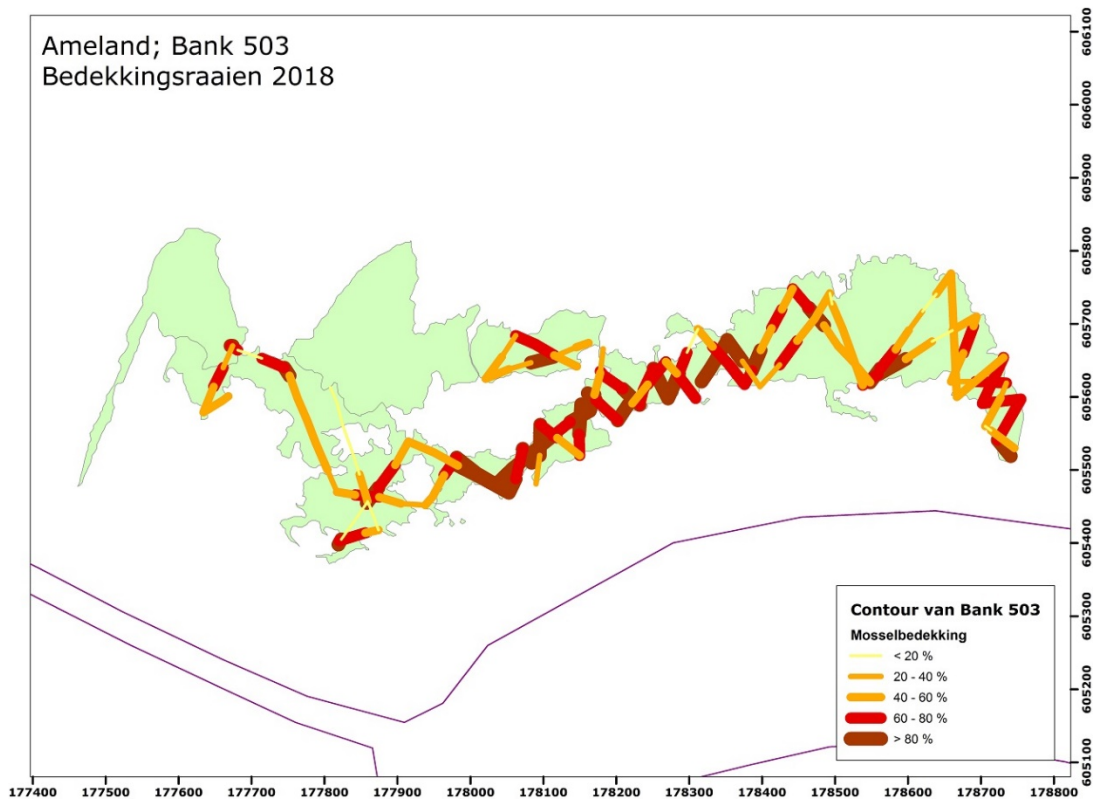


Figuur B1.6 De contouren voor mosselbank 736 (Rottumeroog - oost) voor de verschillende jaren. De contour zoals die bepaald werd in de eerste meting van dit programma is lichtbruin ingekleurd, de contour zoals die bepaald werd in het jaar 2018 is lichtgroen ingekleurd en zoals die bepaald werd in elk van de afzonderlijk jaren is zwart omlijnt.

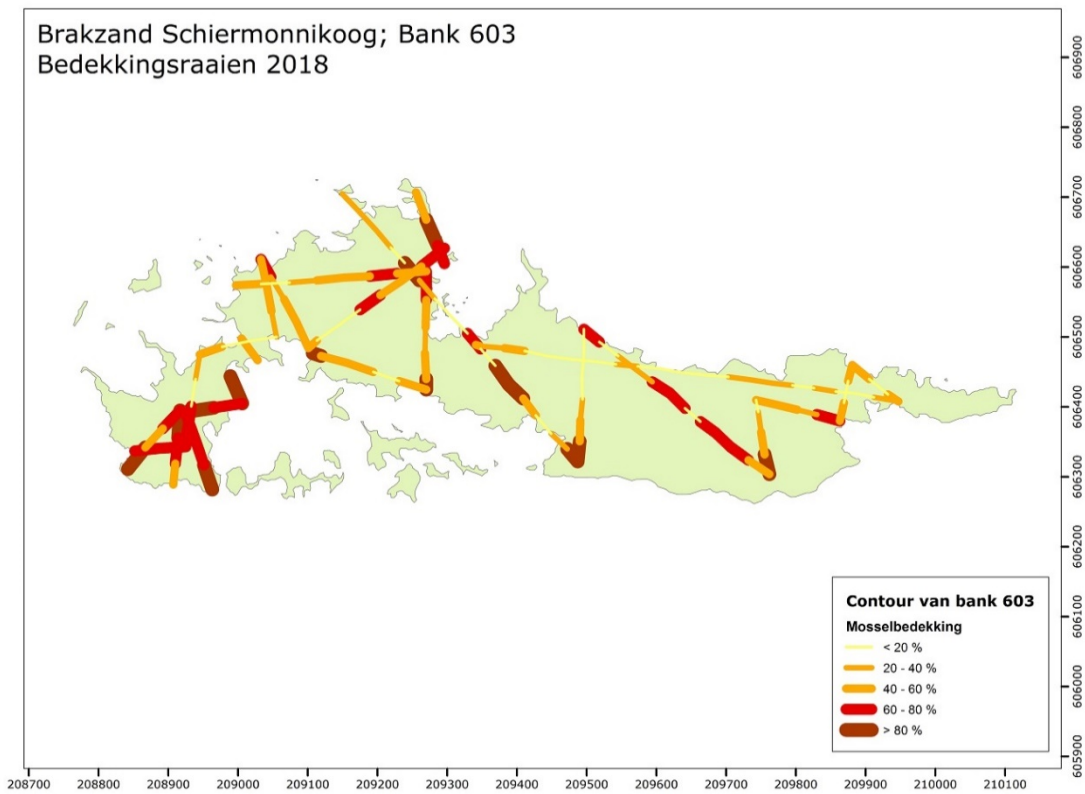
Bijlage 2 Kaart - mosselbedekking



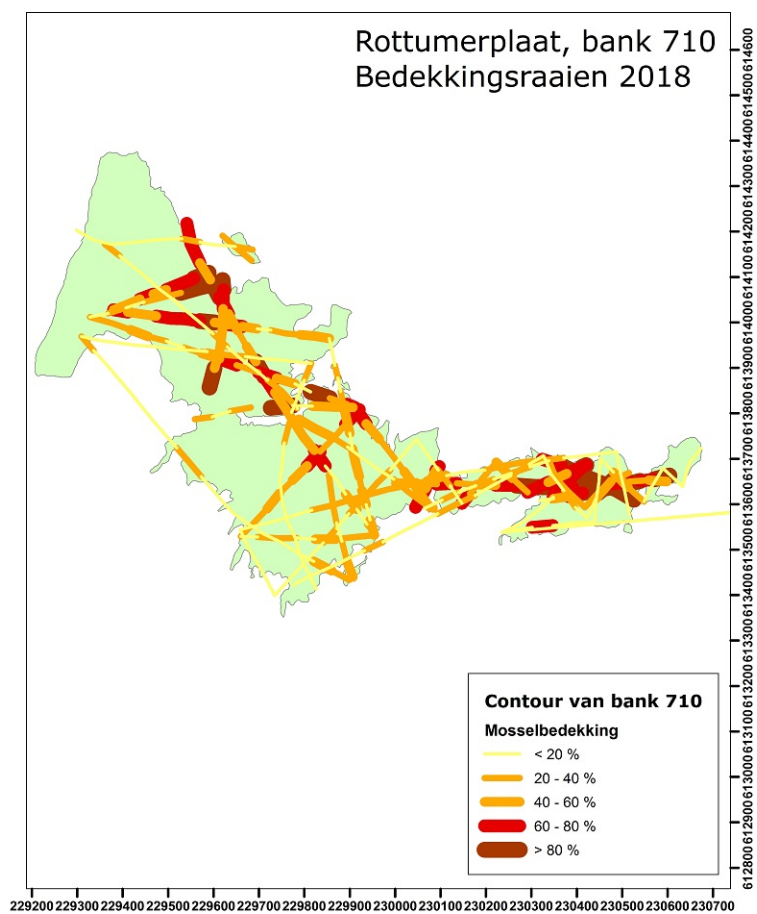
Figuur B2.1 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 502 in 2018.



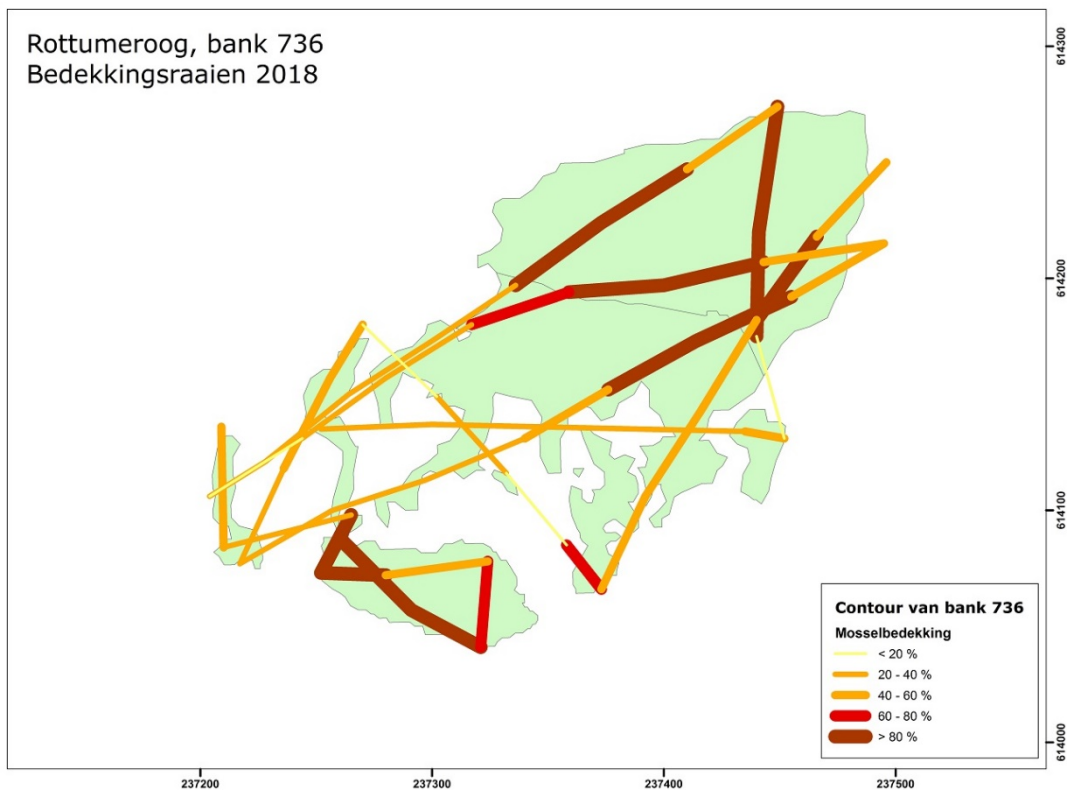
Figuur B2.2 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 503 in 2018.



Figuur B2.3 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 603 in 2018.

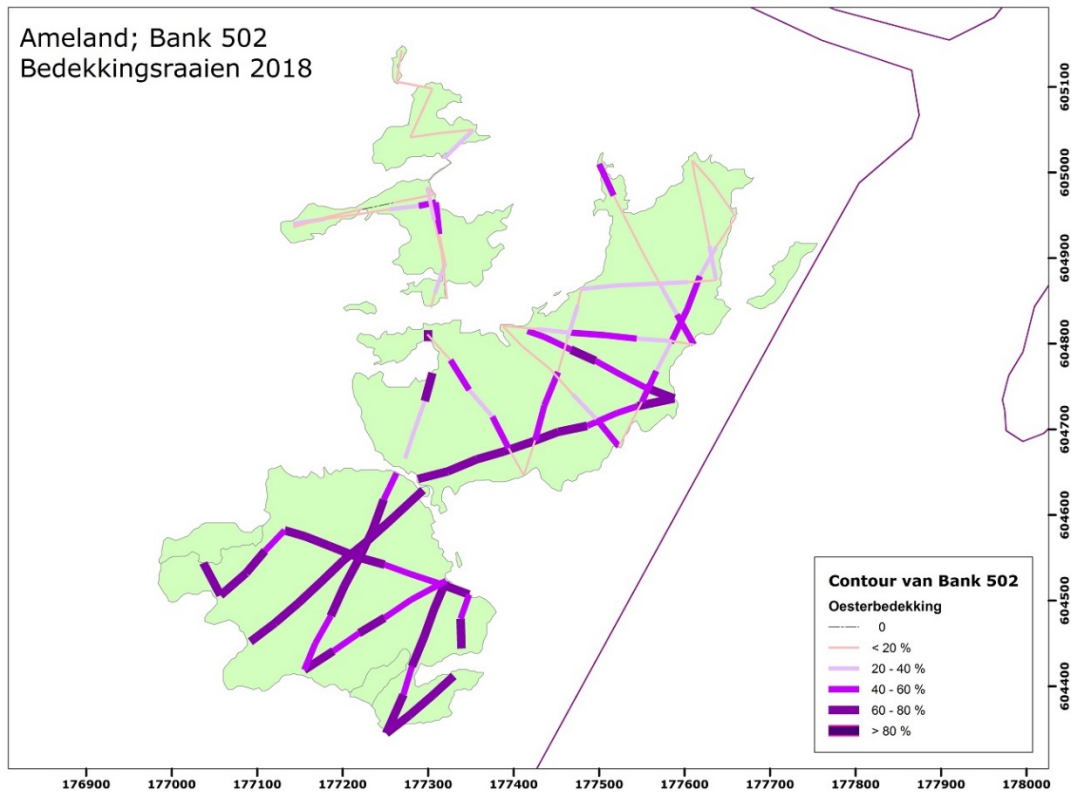


Figuur B2.4 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 710 in 2018.

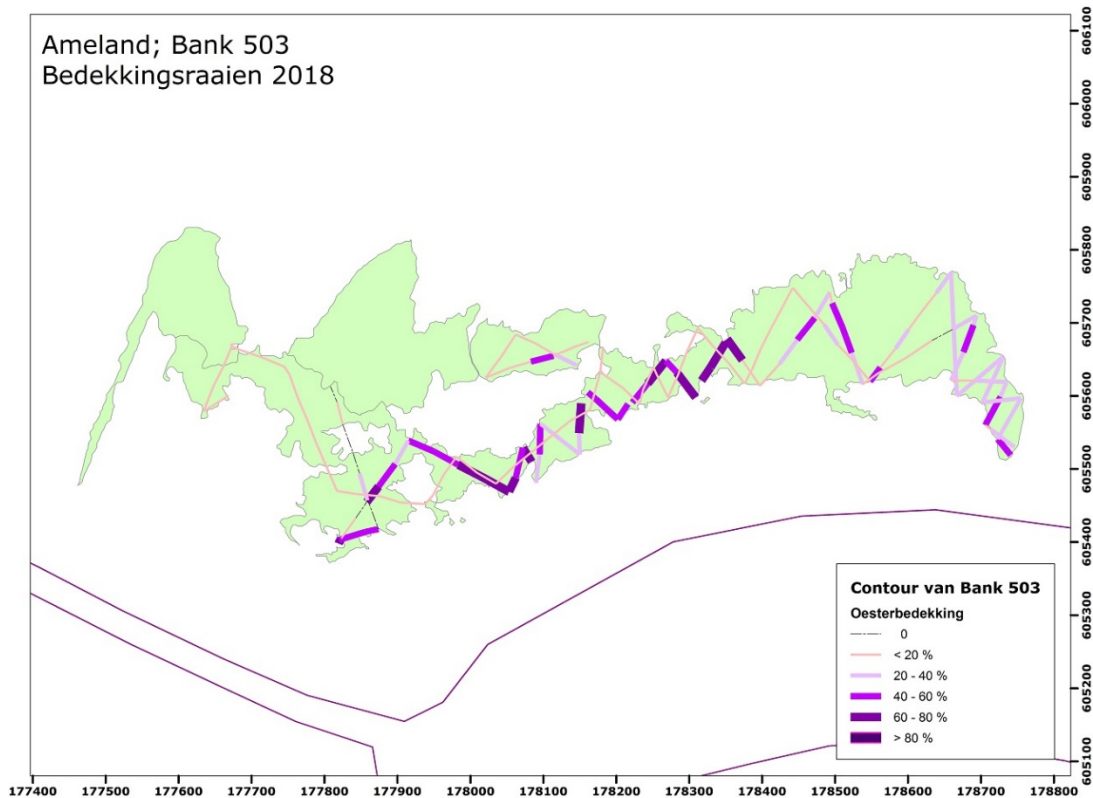


Figuur B2.5 Mosselbedekking op de subraaien op mosselbank 736 in 2018.

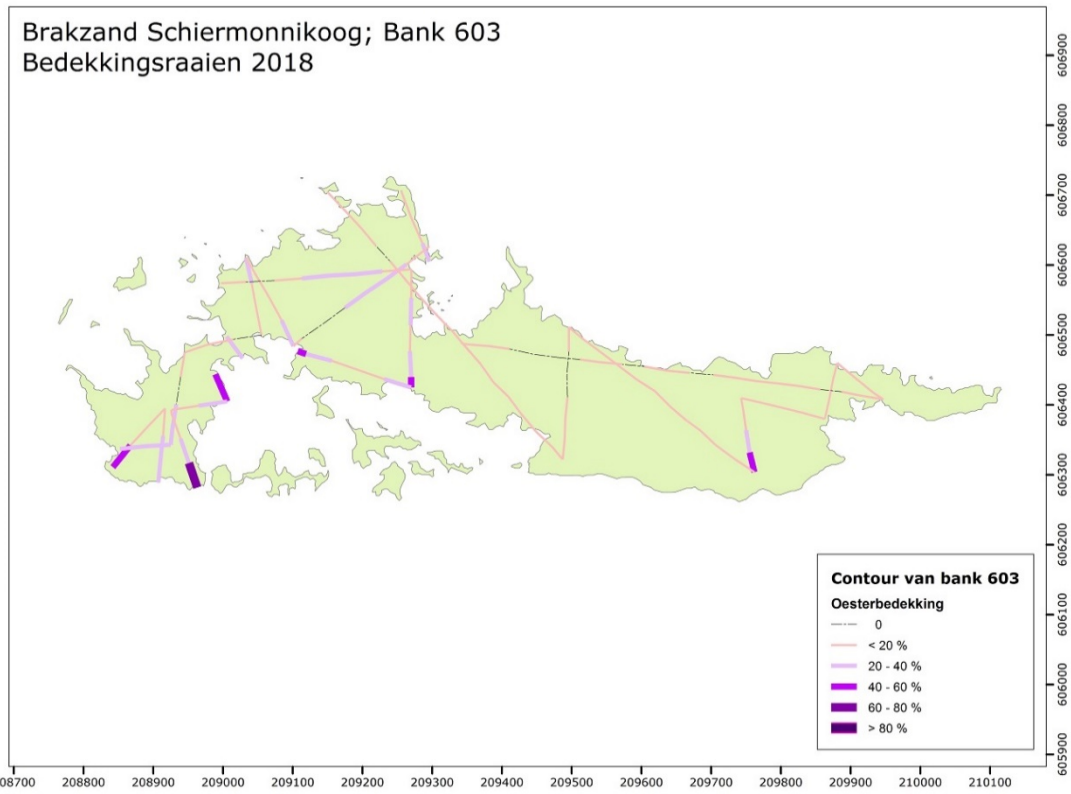
Bijlage 3 Kaart – oesterbedekking



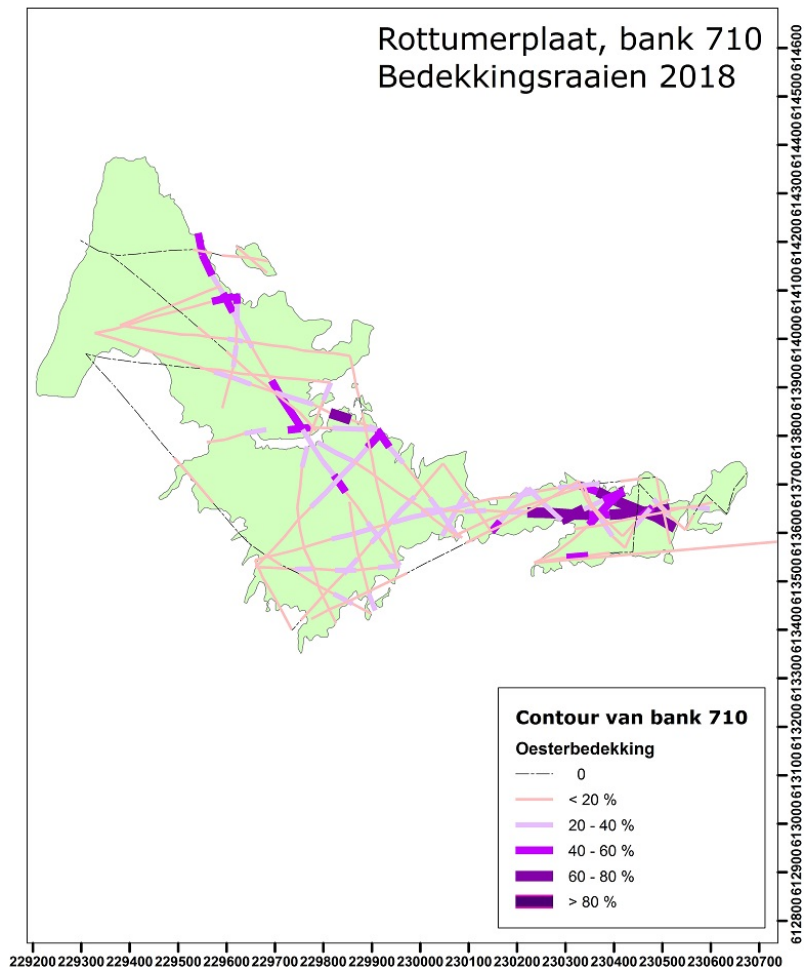
Figuur B3.1 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 502 in 2018.



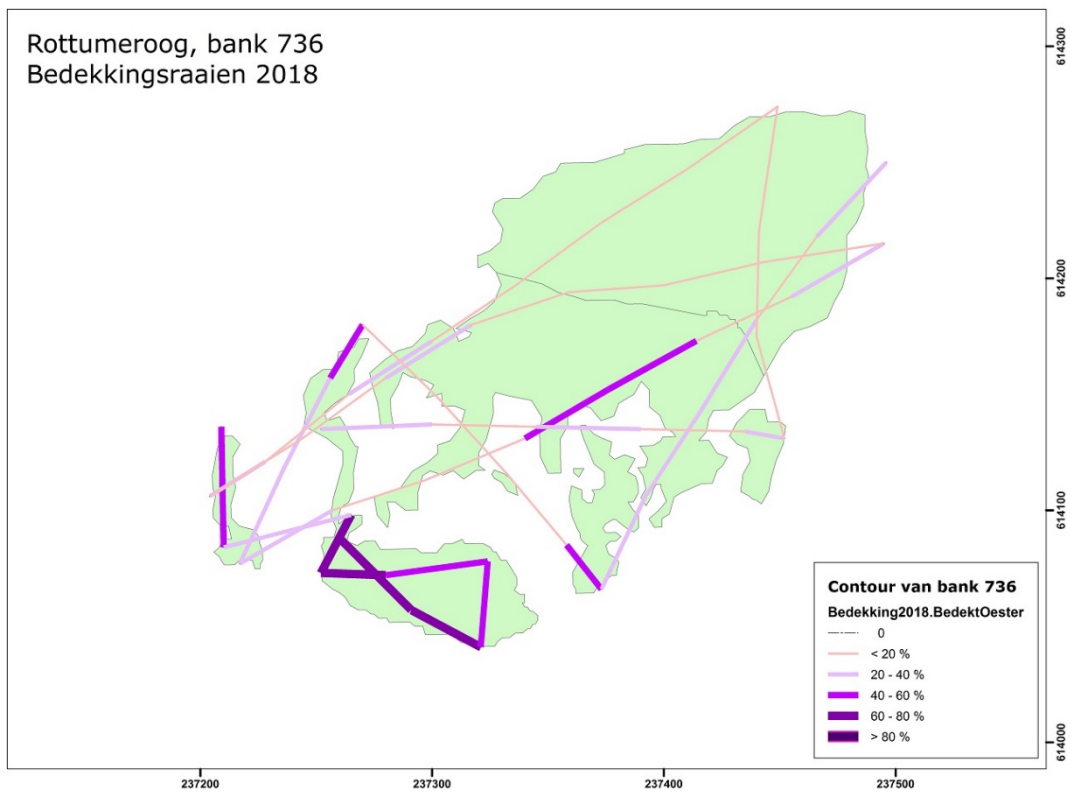
Figuur B3.2 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 503 in 2018.



Figuur B3.3 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 603 in 2018.

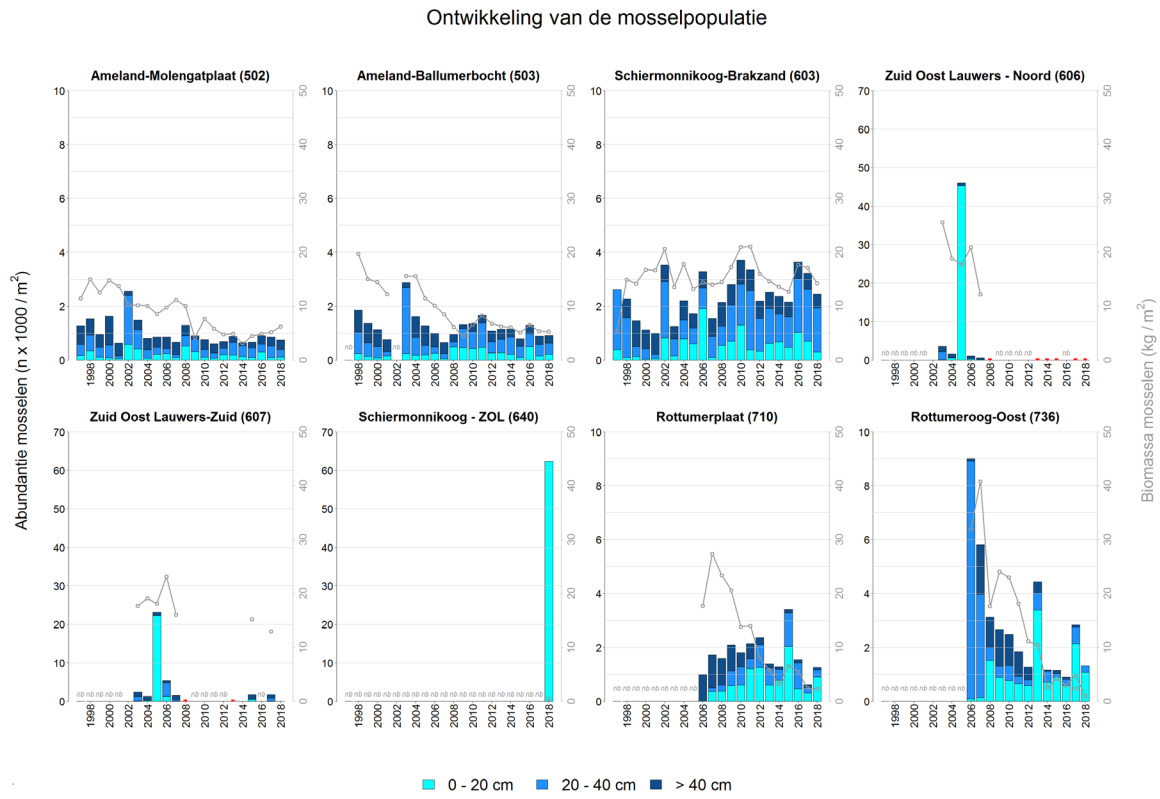


Figuur B3.4 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 710 in 2018.



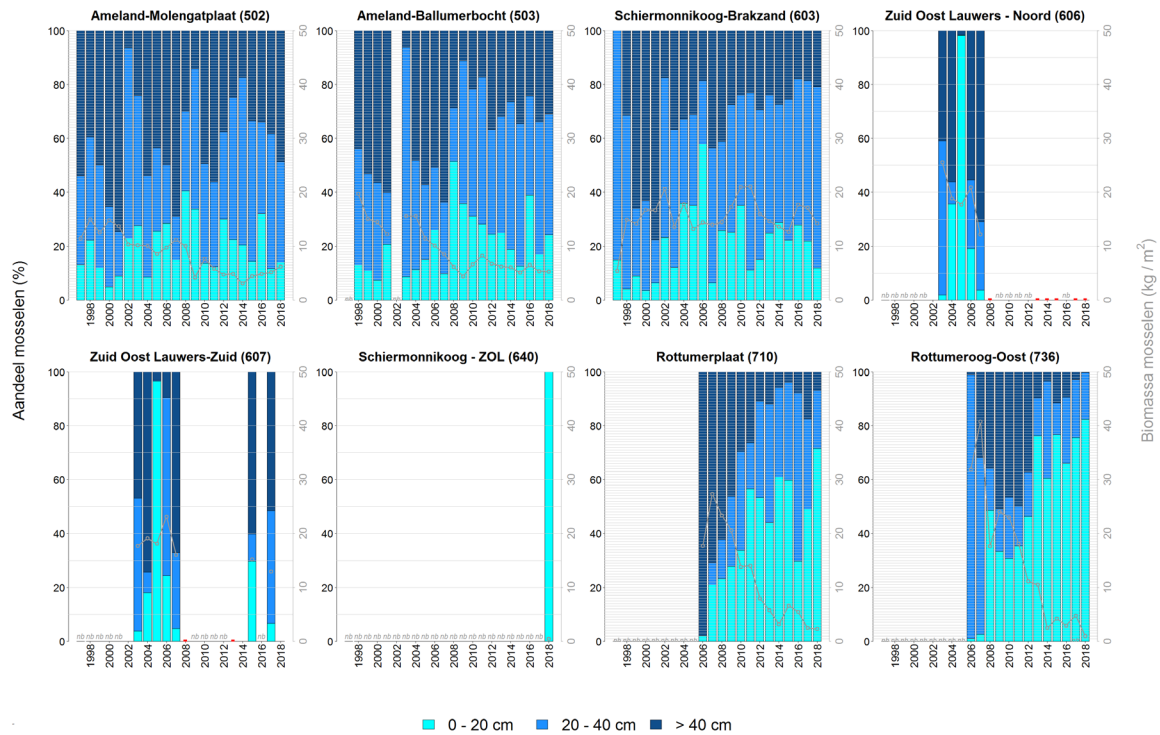
Figuur B3.5 Oesterbedekking op de subraaien op mosselbank 736 in 2018.

Bijlage 4 Ontwikkeling mosselpopulatie



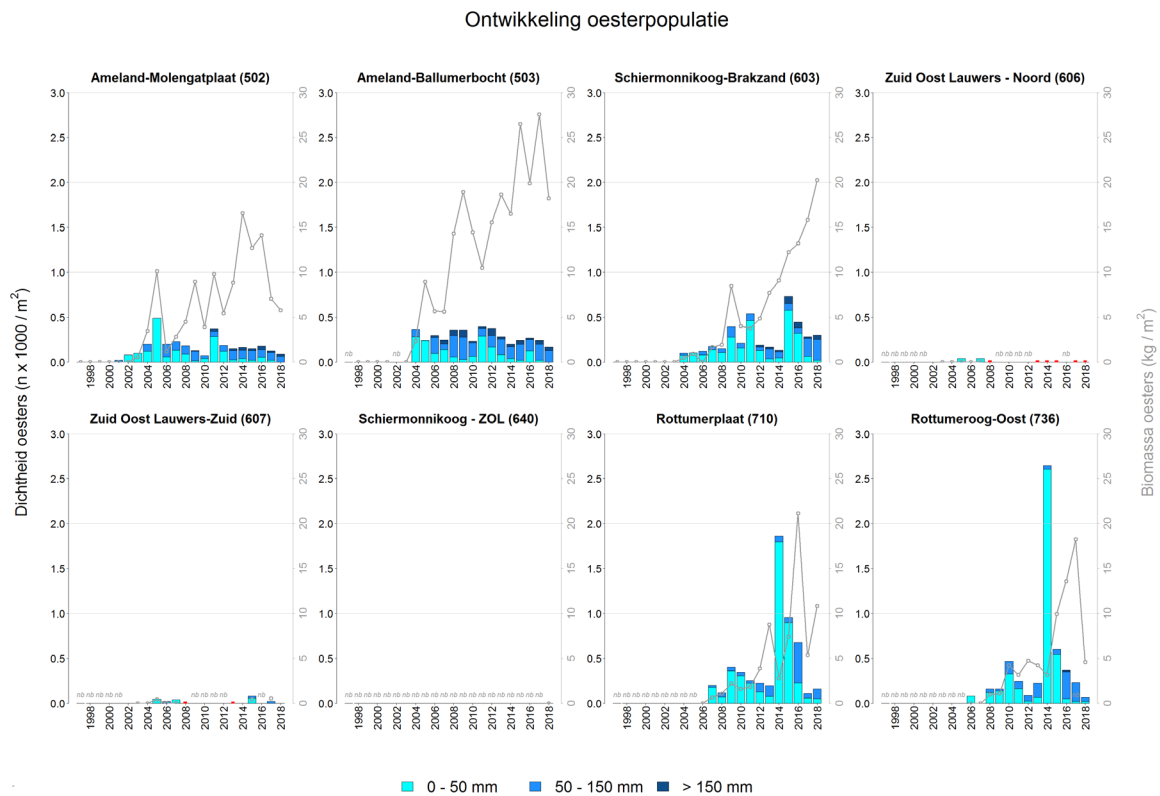
Figuur B4.1 Ontwikkeling van jaargemiddelde dichtheid ($n \times 1000/m^2$) en biomassa (kg natgewicht/ m^2) mosselen zoals aangetroffen in de vierkantmonsters ($0,05 m^2$) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710 en 736 in de periode 1997 t/m 2018 (of tot wanneer ze bezocht zijn/aanwezig waren). Wanneer een bank wel bezocht werd maar deze niet aanwezig was is dit met een rode stip aangegeven.

Ontwikkeling mosselpopulatie



Figuur B4.2 Ontwikkeling van de jaargemiddelde mosselsamenstelling (procentueel aandeel van het aantal individuen per lengteklassen) en biomassa (kg natgewicht/m²) mosselen zoals aangetroffen in de vierkantmonsters (1/20 m²) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710 en 736 in de periode 1997 t/m 2018 (of tot wanneer ze bezocht zijn/ aanwezig waren). Wanneer een bank wel bezocht werd maar deze niet aanwezig was is dit met een rode stip aangegeven.

Bijlage 5 Ontwikkeling oesterpopulatie



Figuur BS.1 Ontwikkeling van jaargemiddelde dichtheid ($n \times 1000/m^2$) en biomassa (kg natgewicht/ m^2) Japanse oesters zoals aangetroffen in de vierkantmonsters ($1/20 m^2$) voor de banken 502, 503, 603, 606, 607, 640, 710 en 736 in de periode 1997 t/m 2018 (of tot wanneer ze bezocht zijn/ aanwezig waren). Wanneer een bank wel bezocht werd maar deze niet aanwezig was is dit met een rode stip aangegeven

Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

113	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2018). <i>Greenhouse gas reporting for the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2018</i>	124	Boonstra, F.G., Th.C.P. Melman, W. Nieuwenhuizen & A. Gerritsen (2018). <i>Aanpak evaluatie stelselvernieuwing agrarisch natuurbeheer; Uitgangspunten en opties voor een beleidsevaluatie</i>
114	Bos-Groenendijk, G.I. en C.A.M. van Swaay (2018). <i>Standaard Data Formulieren Natura 2000-gebieden; Aanvullingen vanwege wijzigingen in Natura 2000-aanwijzingsbesluiten</i>	125	Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders & D.A. Kamphorst (2018). <i>Monitoring van groene burgerinitiatieven; Methodiek, indicatoren en ervaring met pilot en nulmeting.</i>
115	Vonk, J. , S.M. van der Sluis, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar & G.L. Velthof (2018.) <i>Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands – update 2018. Calculations of CH4, NH3, N2O, NOx, PM10, PM2.5 and CO2 with the National Emission Model for Agriculture (NEMA)</i>	126	Beltman, W.H.J., M.M.S. ter Horst, P.I. Adriaanse & A. de Jong (2018). <i>Manual for FOCUS_TOXSWA v5.5.3 and for expert use of TOXSWA kernel v3.3; User's Guide version 5</i>
116	IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2018). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2017. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>	127	Van der Heide, C.M. & M.M.M. Overbeek (2018). <i>Natuurinclusief handelen en ondernemen. Scopingstudie 'Bedrijven, economie en natuur'</i>
117	Mattijssen, T.J.M. & I.J. Terluin (2018). <i>Ecologische citizen science; een weg naar grotere maatschappelijke betrokkenheid bij de natuur?</i>	128	Langers, F. (2018). <i>Recreatie in groenblauwe gebieden; Actualisatie van CLO-indicator 1258 (Bezoek aan groenblauwe gebieden) op basis van data van het Continu Vrijetijdsonderzoek uit 2015</i>
118	Aalbers, C.B.E.M., D. A. Kamphorst & F. Langers (2018). <i>Bedrijfs- en burgerinitiatieven in stedelijke natuur. Hun succesfactoren en knelpunten en hoe de lokale overheid ze kan helpen slagen.</i>	129	Glorius, S.T., I.Y.M. Tulp, A. Meijboom, L.J. Bolle and C. Chen (2018). <i>Developments in benthos and fish in gullies in an area closed for human use in the Wadden Sea; 2002-2016</i>
119	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2018). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016. Berekeningen met het model NEMA</i>	130	Kamphorst, D.A & T.J.M. Mattijssen (2018). <i>Scopingstudie Vermaatschappelijking van natuur. Een overzicht van onderzoek bij Wageningen Universiteit & Research voor het Planbureau voor de Leefomgeving en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit</i>
120	Sanders, M.E., F. Langers, R.J.H.G. Henkens, J.L.M. Donders, R.I. van Dam, T.J.M. Mattijssen & A.E. Buijs (2018). <i>Maatschappelijke initiatieven voor natuur en biodiversiteit; Een schets van de reikwijdte en ecologische effecten en potenties van maatschappelijke initiatieven voor natuur in feiten en cijfers</i>	131	Breman, B.C., T.J.M. Mattijssen & T.M. Stevens (2018). <i>Natuur 2.0. Het natuurdebat op social media.</i>
121	Farjon, J.M.J., A.L. Gerritsen, J.L.M. Donders, F. Langers & W. Nieuwenhuizen (2018). <i>Conditie voor natuurinclusief handelen. Analyse van vier praktijken van natuurinclusief ondernemen</i>	132	Vries, S. de & W. Nieuwenhuizen (2018) <i>HappyHier: hoe gelukkig is men waar?; Gegevensverzameling en bepaling van de invloed van het type grondgebruik, deel II</i>
122	Gerritsen, A.L., D.A. Kamphorst & W. Nieuwenhuizen (2018). <i>Instrumenten voor maatschappelijke betrokkenheid. Overzicht en analyse van vier cases</i>	133	Kistenkas, F.H., W. Nieuwenhuizen, D.A. Kamphorst & M.E.A. Broekmeyer (2018). <i>Natuur- en landschap in de Omgevingswet.</i>
123	Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders, D.A. Kamphorst, H. Kramer & S. de Vries (2018). <i>Monitoring van groene burgerinitiatieven; Analyse van de resultaten van een pilot en nulmeting in vier gemeenten</i>	134	Michels, R, V. Diogo, W.H.G.J. Hennen, L.F. Puister (2018). <i>Instrumentarium Kosten Natuurbeleid 2018 - Status A; IKN versie 3.0</i>
		135	Sanders, M.E. (2018). <i>Voortgang realisatie natuurnetwerk. Technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2018</i>
		136	Koffijberg K., J.S.M. Cremer, P. de Boer, J. Nienhuis, K. Oosterbeek & J. Postma (2018). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2017</i>
		137	Egmond, F.M. van, S. van der Veeke, M. Knotters, R.L. Koomans, D. Walvoort, J. Limburg (2018). <i>Mapping soil texture with a gamma-ray spectrometer: comparison between UAV and proximal measurements and traditional sampling; Validation study</i>

138	Glorius, S.T., A. Meijboom, J.T. Wal van der, J.S.M. Cremer (2018). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2017.</i>	149	Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck & E.W.J. Hummelink (2019). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2018.</i>
139	Berg, F. van den, A. Tiktak, D.W.G. van Kraalingen, J.G. Groenwold & J.J.T.I. Boesten (2018). <i>User manual for GeoPEARL version 4.4.4.</i>	150	IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2019). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2018. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
140	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2018). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2017/2018</i>	151	Daamen, W.P., A.P.P.M. Clerckx & M.J. Schelhaas (2019). <i>Veldinstructie Zevende Nederlandse Bosinventarisatie (2017-2021); Versie 2.0.</i>
141	Müsken G.J.D.M., M.J.J. La Haye, R.J.M. van Kats & A.T. Kuiters (2018). <i>Ontwikkeling van de hamsterpopulatie in Limburg. Stand van zaken voorjaar 2018</i>	152	Bikker, P., L.B. Šebek, C. van Bruggen & O. Oenema (2019). <i>Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019.</i>
142	Glorius, S.T. (2018). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage twaalf jaar na sluiting (najaar 2017).</i>	153	Berg, F. van den, H. Baveco & E.L. Wipfler (2019). <i>User manual for SAFE (Select Application date For Evaluation) to support the use of the GEM scenarios for cultivations in glasshouses; Version 1.1</i>
143	Brouwer, F., F. de Vries en D.J.J. Walvoort (2018). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart: herkartering van de bodem in Flevoland</i>	154	Os, J. van, L.J.J. Jeurissen en H.H. Ellen (2019). <i>Rekenregels pluimvee voor de Landbouwtelling; Verantwoording van het gebruik van het Identificatie- & Registratiesysteem.</i>
144	Knotters, M. en F.M. van Egmond (2018). <i>Selectie van inwinningstechnieken voor bodemdata; Selecteren vanuit de (onderzoeks)vraag</i>	155	Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2019). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart; Herkartering van de veengebieden in Eemland</i>
145	Stuyt, L.C.P.M., M. Knotters, D.J.J. Walvoort, F. Brouwer & H.T.L. Massop (2018). <i>Basisregistratie Ondergrond - Gd-kartering Laag-Nederland 2018; Provincie Flevoland</i>	156	Sanders, M.E., R.J.H.G. Henkens & D.M.E. Slijckerman (2019). <i>Convention on Biological Diversity; Sixth National Report of the Kingdom of the Netherlands.</i>
146	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2019). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2019</i>	157	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen, M.C. Boerwinkel & M. Laar (2019). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2018/2019.</i>
147	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017. Berekeningen met het model NEMA.</i>	158	Sanders, M.E. & H.A.M. Meeuwssen (2019). <i>Basisbestand Natuur en Landschap</i>
148	Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). <i>Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH4, NH3, N2O, NOx, NMVOC, PM10, PM2.5 and CO2 with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019.</i>	159	Visser, T., H.A.M Meeuwssen & Th.C.P. Melman (2019). <i>MNP-(Model for Nature Policy) Agrarisch; Uitwerking voor scenario's uit de Natuurverkenning 2020.</i>
		160	Jong, A. de, A. Poot & P.I. Adriaanse (2019). <i>Impact analysis for the purpose of the introduction of DROPLET version 1.3.2.</i>
		165	Glorius, S.T., A. Meijboom, J. Schop & J.T. van der Wal (2019). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2018.</i>



Thema Informatievoorziening Natuur
Wettelijke Onderzoekstaken
Natuur & Milieu
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T (0317) 48 54 71
E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

