

Ruimtelijke verspreiding van mosselen en Japanse oesters in de Waddenzee in de periode 1992 - 2013

Karin Troost, Marnix van Stralen, Carola van Zweeden,
Bert Brinkman
Rapport C062/15



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Publicatiedatum:

3 juni 2015

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
---	--	---	--

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V14.2

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1. Inleiding	5
2. Methoden	6
3. Resultaten	8
4. Discussie	8
Referenties	10
Verantwoording	12
Bijlagen	13

Samenvatting

Structuurvormende schelpdieren zoals de mossel (*Mytilus edulis*) en de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) spelen een belangrijke rol in een ecosysteem als dat van de Waddenzee. Sublitorale mosselen zijn daarnaast van commercieel belang. Ten behoeve van het visserij- en natuurbeleid in de Waddenzee wordt de verspreiding van mosselen inmiddels al twintig jaar gemonitord. De verspreiding van de Japanse oester, die als een exoot in de jaren '70 van de vorige eeuw in de Waddenzee terecht kwam, wordt gemonitord sinds de eerste waarnemingen in litorale banken in 1999.

Twintig jaar aan survey gegevens levert een schat aan informatie, welke van belang is voor beleid, beheer en onderzoek. Het werken met de verzamelde gegevens vereist echter voldoende kennis over hoe de gegevens verzameld zijn, en wel over hoe bij de monsternamen is gestratificeerd, hoe is omgegaan met ontbrekende stations, hoe niet bezochte banken worden gereconstrueerd uit voorgaande jaren, in hoeverre er trendbreuken zijn gevoerd in de methodiek, etc.

De in dit rapport gepresenteerde kaarten hebben tot doel survey gegevens toegankelijk te maken op een aggregatieniveau dat voor de meeste gebruikers in dit werkveld (onderzoekers, beleid) bruikbaar is. Het vormt daarmee ook input voor de natuurkansenkaarten zoals die binnen de Waddenfonds projecten Mosselwad en Waddensleutels worden gemaakt. Het rapport gaat niet in op de factoren die de geobserveerde ruimtelijke verdeling kunnen verklaren.

Gepresenteerd worden frequentiekaarten die voor de gehele Waddenzee (zowel litoraal als sublitoraal) weergeven op welke locaties in de afgelopen twintig jaar met welke regelmaat mossel- of oesterbanken zijn aangetroffen. De frequentiekaarten geven daarmee een integraal overzicht van de verzamelde veldgegevens. In de gepresenteerde habitatgeschiktheidskaarten zijn de verzamelde gegevens vertaald naar een gebiedsdekkende kaart met daarin de relatieve kans dat ergens mosselbanken zouden kunnen voorkomen, uitgaande van gevonden relaties tussen de abiotiek en plaatsen waar mosselbanken in werkelijkheid zijn aangetroffen.

De frequentiekaarten zijn bij IMARES op te vragen als GIS bestanden.

1. Inleiding

Structuurvormende schelpdierbanken zoals gevormd door de mossel (*Mytilus edulis*) en de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) spelen een belangrijke rol in het ecosysteem van de Waddenzee (Troost 2009, Dankers & Fey 2015). Deze schelpdierbanken vormen een leefgebied voor een verscheidenheid aan andere soorten. De mosselen en Japanse oesters hebben door hun grote filtratie capaciteit een grote invloed op voedselstromen in de Waddenzee en daarmee op het hele voedselweb (Smaal 1997; Prins et al. 1998; Kamermans et al. 2013). Ook vormen de mosselen zelf een zeer belangrijke voedselbron voor vogels zoals de Scholekster (in het litoraal) en de Eidereend (litoraal en sublitoraal) (Nehls et al. 1997; Cervencik et al. 2015).

Sinds de jaren '90 worden de mosselvoorkomens in de Waddenzee jaarlijks gemonitord ten behoeve van de mosselzaadvisserij en visserijbeleid. In 1992 is de monitoring van sublitorale mosselvoorkomens van start gegaan, in opdracht van de mosselsector (PO Mosselcultuur). In het najaar van 1994 zijn de eerste litorale mosselbanken gekarteerd, eveneens in opdracht van de PO-mosselcultuur. Die inventarisatie gebeurde in najaar en voorjaar. Vanaf 2005 worden de litorale mosselbanken alleen in het voorjaar geïnventariseerd in opdracht van het ministerie van LNV, tegenwoordig EZ. In de jaren '70 zijn de eerste Japanse oesters in de Waddenzee terecht gekomen (Troost 2009). Deze exoot, oorspronkelijk afkomstig uit noordoost Azië, heeft zich met succes gevestigd. In 1999 zijn de eerste oesterbanken waargenomen in de Nederlandse Waddenzee (Fey et al. 2009), waar de soort zich in de volgende jaren sterk heeft uitgebreid (Troost 2010, Troost et al. 2012). Sinds 2001 worden Japanse oesterbanken systematisch gekarteerd als onderdeel van de jaarlijkse kartering van mosselbanken (Stralen et al. 2012).

Het doel van voorliggend rapport is om de tot op heden verzamelde gegevens met betrekking tot het voorkomen van mosselbanken en oesterbanken in de Nederlandse Waddenzee samen te voegen en toegankelijk te maken voor een breed publiek. In dit rapport wordt ruimtelijke informatie gepresenteerd, zonder in te gaan op achterliggende factoren en oorzaken. Voor dat laatste wordt verwezen naar de literatuurverwijzingen zoals opgenomen.

De verzamelde gegevens zijn geaggregeerd tot kaarten waarin inzichtelijk wordt gemaakt waar en in welke frequentie mosselbanken aanwezig zijn geweest. Het is daarbij goed mogelijk dat er nu ter plaatste geen mosselen liggen. De kaarten laten evenwel zien waar ze hebben gelegen en de omstandigheden klaarblijkelijk dus geschikt zijn om ze te laten ontstaan. De gebieden waar frequent mosselbanken hebben gelegen worden daarom aangeduid als 'mosselgebieden'.

In dit rapport worden voor het litoraal kaarten gepresenteerd welke weergeven waar en in welke frequentie mosselen zijn aangetroffen in de periode 1995-2011. Voor het sublitoraal is dat de periode 1992-2014. Voor het litoraal zijn de jaarlijks verzamelde survey-kaarten op elkaar gelegd en is in een fijnmazig grid gekeken hoe vaak binnen een vakje mosselen zijn aangetroffen. Voor het sublitoraal, waarbij gewerkt wordt volgens een vast grid, waarvan jaarlijks een deelverzameling wordt bemonsterd volgens een gestratificeerde proefopzet, is gescoord hoe vaak op betreffende gridpunten mosselen zijn aangetroffen. Dit wordt verder toegelicht in het volgende hoofdstuk. Deze samenvattende kaarten worden verder aangeduid als frequentiekaarten. Voor het litoraal is met de zelfde werkwijze ook een frequentiekaart gemaakt van de aangetroffen oesterbanken.

De frequentiekaarten en onderliggende gegevens zijn samen met beschikbare abiotische en biotische gegevens gebruikt om habitatgeschiktheidskaarten (verder afgekort tot 'habitatkaarten') te maken (Brinkman in prep., Smaal et al. 2014). De meerwaarde van habitatkaarten is dat daarmee tussen meetstations kan worden geïnterpoleerd, en dat voorspellingen kunnen worden gedaan over de geschiktheid voor mosselbanken van gebieden waar in de meetperiode geen broedval van mosselen heeft plaatsgevonden. Voorts geeft het maken van habitatkaarten ons inzicht in hoe goed we het

ontstaan en de ontwikkeling van mosselbanken begrijpen en dus kunnen voorspellen. Blijken voorspellingen slecht, dan missen we klaarblijkelijk nog essentiële inzichten.

Langjarige dataseries en een voor gebruikers toegankelijk uitwerking daarvan, zoals hier gepresenteerd, zijn van groot belang voor het onderzoek en het beheer van de Waddenzee. Gezien de voortgaande veranderingen in de Waddenzee als gevolg van de voortschrijdende verondieping, afnemende eutrofiering, klimaatverandering, maar ook als gevolg van veranderingen in het regionale beheer van de Waddenzee is van belang dat overzichten zoals deze ook in de toekomst kunnen worden gemaakt.

2. Methoden

Gebruikte data

Als onderdeel van de Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) worden jaarlijks de bestanden van commercieel interessante schelpdieren in de Nederlandse kustwateren gemonitord in opdracht van het Ministerie van EZ. Het betreft de schelpdierbestanden in de kustzone van de Noordzee en de litorale schelpdierbestanden in de Waddenzee en Deltawateren. De karteringen van litorale mosselbanken en oesterbanken in de Waddenzee vinden plaats bij laagwater, waarbij de banken worden ingemeten met GPS-apparatuur, gevolgd door kwantitatieve bestandsschattingen. Deze surveys worden jaarlijks gerapporteerd, met als meest recente rapportages de opnamen in 2014 (Ende et al. 2014a, 2014b).

Ten behoeve van de vergunningverlening voor de mosselzaadvisserij worden jaarlijks de mosselvoorkomens in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee geïnventariseerd. Dit in opdracht van de producentenorganisatie (PO) mosselcultuur. Tijdens dit onderzoek worden bestandsschattingen gemaakt door monsternamen met een zuigkor of een bodemschaaf, met als meest recente rapportage de bestandsopname in het voorjaar van 2014 (Stralen et al. 2014).

Werkwijze frequentiekaarten

Litoraal

Voor het opstellen van de frequentiekaarten zijn de karteringen over de periode 1995 – 2011 gebruikt. De reden daarvoor is dat voor de meest recente jaren de mosselbank contouren nog niet volledig in kaart zijn gebracht. De reden daarvoor is dat het niet mogelijk is om elk voorjaar alle mosselbanken te bezoeken. Er vinden wel verkenningen vanuit de lucht plaats waarbij gecheckt wordt in hoeverre mosselbanken er nog liggen of verdwenen zijn. Wanneer banken er nog liggen, kunnen evenwel delen verdwenen zijn. Voor banken die in een bepaald voorjaar niet zijn bezocht is er daarom voor gekozen voor dat jaar de contour te gebruiken zoals die bij een latere survey alsnog te voet in kaart zijn gebracht ("imputing"). Dit betekent dat de kaarten met enige vertraging definitief kunnen worden gemaakt. Momenteel geldt dat voor de jaren tot en met 2011 om reden waarvan van de kaarten tot en met 2011 gebruik is gemaakt bij het opstellen van de frequentiekaarten. Voor een verdere toelichting en werkwijze bij de surveys wordt verwezen naar de laatste surveys door Ende et al. (2014a, 2014b).

Bij het opstellen van de frequentiekaarten zijn de jaarlijkse polygonenkaarten gerasterd naar een grid van 10 x 10 meter. Per gridcel is een 1 toegekend als in betreffend jaar betreffende cel als mosselbank is geclassificeerd, met 0 als complement. Vervolgens zijn de kaarten over de jaren 1995-2011 "gestapeld" en is per gridcel een optelling is gemaakt van alle enen. Dit resulteert per gridcel in een getal dat het aantal jaren dat hier een mosselbank lag weergeeft. Dit is voor mosselen (Bijlage A) en oesters (Bijlage D) afzonderlijk gedaan. Vervolgens is een indeling gemaakt in de volgende categorieën voor het aantal

jaren dat mosselen (of oesters) aanwezig zijn geweest in periode 1995-2011 en met dus als maximum 17 jaar: 1-4 jaar, 5-9 jaar, 10-14 jaar, 15 - 17 jaar.

Voor deze vier categorieën zijn de rasterkaarten met gridgegevens vervolgens omgerekend naar kaarten met polygonen, met als reden dat polygonen zich beter lenen voor kaarten waarin de mosselgegevens met andere gegevens worden gecombineerd. De rasterkaarten zijn omgezet naar polygonen (Bijlagen B en C) met de tool 'Majority-filter' in ArcGis.

Sublitoraal

Bij de sublitorale bestandsopnamen worden geen contouren ingemeten maar gewerkt met een bemonstering volgens een vast basisgrid, waarbij de bemonstering intensiever is (punten dichter bij elkaar liggen) in gebieden waar mosselen worden verwacht. De stapeling is gemaakt door voor de betreffende stations in het basisgrid te scoren in hoeveel jaren daar mosselen boven een zekere dichtheid: 150 g/m², zijnde de minimale dichtheid waarbij mosselzaadvisserij nog lonend is. Deze grens van 150 g/m² komt qua dichtheid ongeveer overeen met de ondergrens van 5% bedekking voor banken in het litoraal (zie Ende et al. 2014a en Stralen et al. 2012).

In de kaart is dus aangegeven hoe vaak op enig station mosselen zijn aangetroffen. Omdat samenhangend met de gestratificeerde opzet van de surveys niet alle stations jaarlijks zijn bemonsterd en er met een hogere intensiteit is gemonsterd in deelgebieden waar mosselen waar op dat moment mosselen werden verwacht, is het niet zinvol het aantal keer dat mosselen zijn aangetroffen te delen op het aantal keer dat het station is bemonsterd als maat voor de kans mosselbanken. Ter illustratie, in de Zoutkamperlaag hebben in 1 jaar mosselen gelegen. In dat jaar zijn er ook op een aantal stations mosselen aangetroffen, maar wat dus niet betekent dat de kans op het aantreffen van mosselen op deze stations dus 100% is. Voor verdere achtergronden bij deze kaart (Bijlage E) wordt verwezen naar Smaal et al. (2014), waarin de frequentiekaarten als ook de achtergronden daarbij reeds zijn toegelicht.

In het voorliggende rapport is een iets andere indeling in categorieën gemaakt dan in Smaal et al. (2014). Dezelfde indeling in categorieën is gebruikt als voor het litoraal (1-4, 5-9, 10-14, 15 en meer jaar). Daardoor is een directe vergelijking mogelijk. De sublitorale gegevens zijn niet omgezet naar contouren. Het monstergrid leent zich niet goed voor een interpolatie tussen stations, en ook niet voor het trekken van contouren rond stations met een bepaalde minimum frequentie van mosselvoorkomen, omdat een relatief groot aantal stations en raaien geïsoleerd ligt en de onderlinge afstand tussen stations minstens 500 m is. Met het intekenen van contouren zou daarom een te grote onzekerheid geïntroduceerd worden.

Werkwijze habitatgeschiktheidskaart

Litoraal

De methodiek achter de habitatgeschiktheidskaart voor het litoraal van de Waddenzee wordt beschreven in Brinkman & Bult 2003, Brinkman et al. 2002 en Brinkman (in prep). Ten behoeve van het opstellen van deze kaarten zijn op basis van een statistische analyse de relaties gelegd tussen abiotische karakteristieken en mosseldichtheden zoals die uit de bestandsopnamen bekend zijn. Op basis van deze relaties en gebied dekkende informatie over de abiotiek zijn de potentiële mosseldichtheden voor het gehele litoraal van de Waddenzee berekend. Dit is weergegeven in kaarten, geclassificeerd naar dichtheden in 12 klassen. Klasse 1 daarin omvat de 'beste' 1% gebieden, en klasse 12 het minst goede deel van de Waddenzee. Er is uitgegaan van mosselgegevens uit voorjaars- en najaarssurveys in de periode 1994-2009. De gebruikte omgevingsvariabelen zijn: diepte, droogvalduur, mediane

korrelgrootte, slibgehalte, golfgegevens (orbitale snelheden, richting), stroomsnelheden, schuifspanning en saliniteit.

Sublitoraal

De methodiek die gevolgd is voor het sublitoraal is dezelfde als gebruikt is voor het litoraal (beschreven in Brinkman in prep., en in beknoptere vorm in Smaal et al. 2014). De gebruikte gegevens over voorkomen van mosselen zijn afkomstig uit de jaarlijkse mosselzaad surveys in het sublitoraal (jaren 2000 t/m 2012). De gebruikte omgevingsvariabelen zijn dezelfde als gebruikt voor de litorale habitatgeschiktheidskaart (Brinkman in prep.).

3. Resultaten

De hiervoor besproken analyses hebben geresulteerd in de volgende kaarten:

- Bijlage A: frequentiekaart litoraal mosselen
- Bijlage B: frequentiekaart litoraal mosselen + polygonen per frequentieklasse (voorbeeld)
- Bijlage C: polygonen per frequentieklasse (voorbeeld)
- Bijlage D: frequentiekaart litoraal oesters
- Bijlage E: frequentiekaart sublitoraal mosselen (Westelijk Wad)
- Bijlage F: Habitatgeschiktheidskaart litoraal mosselen
- Bijlage G: Habitatgeschiktheidskaart sublitoraal mosselen

Uit de litorale frequentiekaart zijn per frequentie en per frequentieklasse de bijbehorende arealen berekend. Dit is ook gedaan per frequentieklasse uit de polygonen om zicht te krijgen in hoeverre de omrekening naar polygonen van invloed is op het ingetekende oppervlak. In onderstaande tabel worden hiervan de resultaten weergegeven. De vergelijking laat zien dat door het 'smoothen' van de polygonen een klein verlies (ca 1%) aan areaal is opgetreden.

Tabel 1. Per frequentieklasse is het bijbehorende areaal berekend in GIS. Dit is gedaan voor mosselbanken en oesterbanken, berekend uit zowel de frequentiekaart (raster) als uit de polygonen.

Frequentie (jaren)	Areaal mosselbank frequentiekaart (ha)	Areaal mosselbank polygonen (ha)	Areaal oesterbank frequentiekaart (ha)	Areaal oesterbank polygonen (ha)
1 – 4	6906.4	6888.8	1094.3	1086.9
5 – 9	1350.2	1327.7	588.9	579.3
10 – 14	405.4	393.9	2.4	2.1
15 – 17	32.3	30.1	0.0	0.0
<i>Totaal</i>	<i>8694.4</i>	<i>8640.4</i>	<i>1685.6</i>	<i>1668.26</i>

4. Discussie

De jaarlijkse schelpdietersurveys in opdracht van het ministerie van EZ en de PO mosselcultuur worden uitgevoerd sinds 1992 resp. 1995. De daarbij opgebouwde datasets vormen enkele van de weinige gebiedsdekkende langjarige tijdseries van voor de Waddenzee belangrijke soorten. De gegevens zijn daarmee een belangrijke bron van informatie voor andere studies en daarmee voor overheden, onderzoekers en andere betrokkenen in de Waddenzee. De surveyresultaten worden jaarlijks gerapporteerd en zijn beschikbaar via <http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Wettelijke-Onderzoekstaken/Centrum-voor-Visserijonderzoek-1.htm>.

De gegevens zijn een belangrijke bron van informatie voor effectstudies, van waar uit regelmatig gevraagd wordt om gebruik te mogen maken van de onderliggende data. Het werken met de onderliggende data vereist echter voldoende kennis over hoe de gegevens verzameld zijn, en wel over hoe bij de monsternamen is gestratificeerd, hoe is omgegaan met ontbrekende stations, hoe niet bezochte banken worden gereconstrueerd uit voorgaande jaren, in hoeverre er trendbreuken zijn gevoerd in de methodiek, etc. Om reden daarvan is als lijn gekozen vragen naar gegevens te beantwoorden met het aanleveren van opgewerkte data zoals die voor de betreffende studie nodig zijn. Deze werkwijze geeft zekerheid dat de gegevens in de verdere studies op de juiste wijze worden gebruikt. Voorkomen wordt dat foutieve interpretaties ontstaan en verschillende versies van de dataset gaan rondzwerven, met alle misverstanden die daaruit voort kunnen vloeien.

De in dit rapport gepresenteerde kaarten hebben tot doel survey gegevens toegankelijk te maken op een aggregatieniveau dat voor de meeste gebruikers in dit werkveld (onderzoekers, beleid) bruikbaar is. Het vormt daarmee ook input voor de natuurkansenkaarten zoals die binnen de Waddenfonds projecten Mosselwad (Dankers & Fey 2015) en Waddensleutels (Christianen et al. 2015) worden gemaakt. Het rapport gaat niet in op de factoren die de geobserveerde ruimtelijke verdeling kunnen verklaren (maar zie bijvoorbeeld Dankers & Fey 2015, Folmer et al. 2014, Smaal et al. 2014).

De frequentiekaarten voor mosselbanken geven een integraal overzicht van de verzamelde veldgegevens. In de habitatgeschiktheidskaarten zijn de verzamelde gegevens vertaald naar een gebiedsdekkende kaart met daarin de relatieve kans dat ergens mosselbanken zouden kunnen voorkomen, uitgaande van gevonden relaties tussen de abiotiek en plaatsen waar mosselbanken in werkelijkheid zijn aangetroffen. Over het algemeen komen de habitatgeschiktheidskaarten goed overeen met de gebieden waar daadwerkelijk regelmatig mosselen zijn aangetroffen. Dit is niet verwonderlijk, aangezien de survey gegevens zijn gebruikt om de modellen te voeden. Maar soms toont de habitatgeschiktheidskaart voor mosselen in het sublitoraal een groter gebied dat geschikt zou zijn voor mosselbanken dan waar in de praktijk volwassen mosselen worden aangetroffen. Dit duidt er op dat nog niet alle bepalende factoren zijn meegenomen in de modellering, zoals de interactie met zeesterren. Zie verder Smaal et al. (2014) en Brinkman (in prep.) voor een meer uitgebreide discussie.

De hier gepresenteerde frequentiekaarten geven een overzicht waar in de Waddenzee in de afgelopen twintig jaar mosselbanken hebben gelegen en de frequentie waarin. Aanvullend geven de habitatgeschiktheidskaarten een indicatie welke gebieden nog meer geschikt zouden kunnen zijn. Deze kaarten zijn daarmee een belangrijke bron van informatie voor beleid en effect- en planstudies in de Waddenzee en de vraagstukken daarin rond de ontwikkeling van mosselbanken en de effecten van menselijk handelen daar op. De frequentiekaarten in dit rapport zijn openbaar beschikbaar en op te vragen bij IMARES als GIS bestanden.

Referenties

- Brinkman, A.G. & T. Bult 2003. Geschiede eulitorale gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor het voorkomen van meerjarige natuurlijke mosselbanken. Alterra rapport 456. Wageningen
- Brinkman AG, Dankers N, Van Stralen M (2002) An analysis of mussel bed habitats in the Dutch Wadden Sea. *Helgol Mar Res* 56:59 – 75
- Brinkman, A.G. (in prep.) A new habitat suitability map for intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. In voorbereiding voor publicatie in *Journal of Sea Research*.
- Cervenci, A., Troost, K., Dijkman, E., Jong, M. de, Smit, C.J., Leopold, M.F. & Ens, B.J. (2015) Distribution of wintering Common Eider *Somateria mollissima* in the Dutch Wadden Sea in relation to available food stocks. *Marine Biology* 162:153–168. DOI 10.1007/s00227-014-2594-4
- Christianen, M.J.A., Holthuijsen, S.J., van der Zee, E.M., van der Eijk A., Govers, L.L., van der Heide, T., de Paoli, H., Olff, H. (2015) Ecotopenkaart en Natuurkansenkaart van de Nederlandse Waddenzee. Waddensleutels rapport 2015.04.01
- Dankers, N. & Fey-Hofstede, F. (2015). Een zee van Mosselen. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee. Lisse, pp. 108
- Ende, D. van den, Asch, M. van & Troost, K. (2014a) Het mosselbestand en het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen van de Waddenzee in het voorjaar van 2014. IMARES rapport C131/14.
- Ende, D. van den, Asch, M. van, Brummelhuis, E.B. & Troost, K. (2014b) Japanse oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2014: bestand en arealen. IMARES rapport C172/14.
- Folmer, E.O., Drent, J., Troost, K., Büttger, H., Dankers, N., Jansen, J., Stralen, M. van, Millat, G., Herlyn, M. & Philippart, C.J.M. (2014) Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus edulis* L.) Bed Coverage in the German and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* 17: 550-566.
- Kamermans, P., Smit, C., Wijsman, J. & Smaal, A.C. (2013) Meerjarige effect- en productiemetingen aan MZI's in de Westelijke Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta: samenvattend eindrapport. IMARES rapport C191/13.
- Nehls, G., Hertzler, I. & Scheiffarth, G. (1997) Stable mussel *Mytilus edulis* beds in the Wadden Sea – They're just for the birds. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 51: 361-372.
- Prins, T.C., Smaal, A.C. & Dame, R.F. (1998) A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. *Aquatic Ecology* 31: 349-359.
- Smaal, A.C. (1997) Food supply and demand of bivalve suspension feeders in a tidal system. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen, 237 pp.
- Smaal, A.C., Brinkman, A.G., Schellekens, T., Jansen, J., Agüera, A. & Stralen, M.R. van (2014) Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken, samenvattend eindrapport. IMARES rapport C066/14.

Stralen, M.R. van, Troost, K. & Zweeden, C. van (2012) Ontwikkeling van banken Japanse oesters op droogvallende platen in de Waddenzee. MarinX rapport 2012.101.

Stralen, M.R., Ende, D. van den & Troost, K. (2014) Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2014. MarinX rapport 2014.137.

Troost, K. (2009) Pacific oysters in Dutch estuaries. Causes of success and consequences for native bivalves. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen, ISBN 978-90-367-3950-4

Troost, K. (2010) Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case-study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. Journal of Sea Research 64: 145-165.

Troost, K., Drent, J., Folmer, E.O. & Stralen, M.R. van (2012) Ontwikkeling van schelpdierbestanden op de droogvallende platen van de Waddenzee. De Levende Natuur 113 (3) 83-88.

Verantwoording

Rapport C062/15

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Prof. Dr. A.C. Smaal
Hoogleraar, senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 3 juni 2015

Akkoord: Dr. R. Trouwborst
Hoofd afdeling Delta

Handtekening:

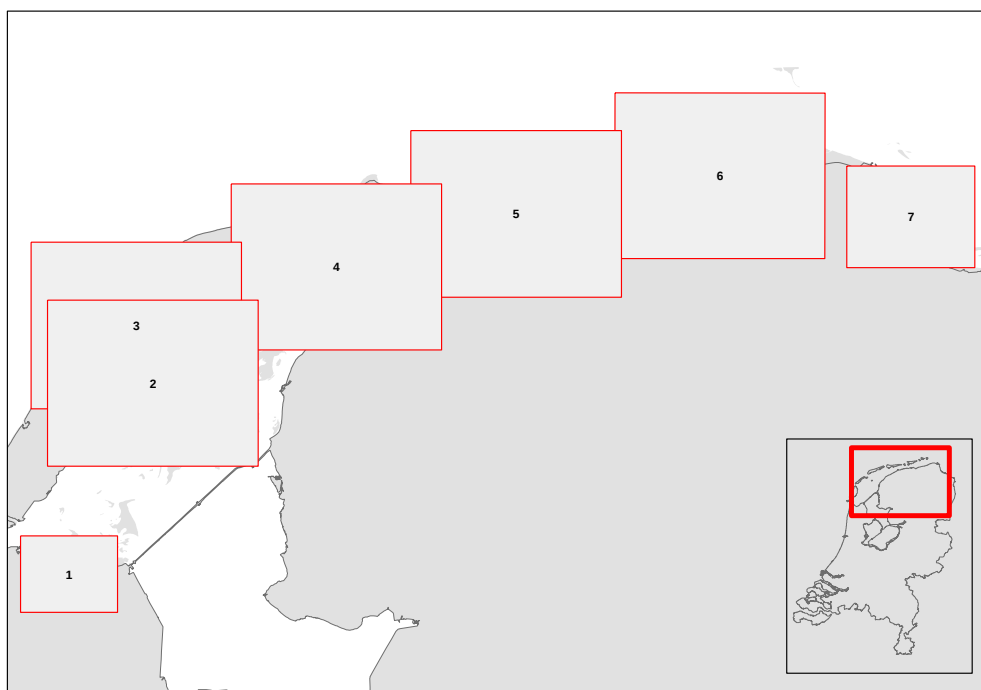


Datum: 3 juni 2015

Bijlagen

Bijlage A: frequentiekaart litoraal mosselen

In zeven detailkaarten is de frequentie van voorkomen van litorale mosselbanken in de periode 1995-2011 weergegeven. Zie onderstaande figuur voor de ligging van de zeven deelgebieden. De resolutie is 10 x 10 meter. De kleuren geven het aantal jaren weer waarin op een bepaalde locatie een mosselbank aanwezig was in de periode 1995 – 2011. Dit hoeft niet een aaneengesloten periode te zijn geweest. Deze kaart is op te vragen als GIS bestand.



Bijlage B: frequentiekaart litoraal mosselen + polygonen per frequentieklasse (voorbeeld)

Deze kaart is een detailopname van de mosselbank onder Ameland. De kaart dient als voorbeeld, om te laten zien hoe de vier frequentieklassen passen op de frequentiekaart zoals weergegeven in Bijlage A. De legenda bij de polygonen geeft weer: Mosselgrens 0 = frequentie > 0, dus hier heeft minstens 1 jaar een mosselbank gelegen; Mosselgrens 5 = minstens 5 jaar; Mosselgrens 10 = minstens 10 jaar; Mosselgrens 15 = minstens 15 jaar (15 tot max 17 jaar).

Bijlage C: polygonen per frequentieklasse (voorbeeld)

Deze kaart geeft, bij wijze van voorbeeld, voor de in Bijlage B getoonde detailopname van de mosselbank onder Ameland, weer hoe een kaart met slechts de vier frequentieklassen eruit ziet. Deze kaart is gemaakt voor de gehele Waddenzee en is op te vragen als GIS bestand.

Bijlage D: frequentiekaart litoraal oesters

In zeven detailkaarten is de frequentie van voorkomen van litorale oesterbanken in de periode 1995-2011 weergegeven. De zeven deelgebieden zijn dezelfde als weergegeven in Bijlage A. De resolutie is 10 x 10 meter. De kleuren geven het aantal jaren weer waarin op een bepaalde locatie een oesterbank

aanwezig was in de periode 1995 – 2011. Dit hoeft niet een aaneengesloten periode te zijn geweest. Deze kaart is op te vragen als GIS bestand.

Bijlage E: frequentiekaart sublitoraal mosselen (Westelijk Wad)

In deze kaart is over alle jaren dat er is geïnventariseerd (1992-2013) weergegeven hoe vaak op een locatie mosselen in het sublitoraal zijn aangetroffen bij dichtheden van $>150 \text{ g/m}^2$. Opgemerkt wordt dat niet elk jaar alle stations zijn bemonsterd, aangezien de survey gericht is op plaatsen waar mosselen worden verwacht en dat verschilt van jaar tot jaar. Deze kaart is op te vragen als GIS bestand. In Smaal et al. (2014) worden naast deze kaart ook kaarten gepresenteerd voor alleen mosselzaad en adulte mosselen (ouder dan 2 jaar). Deze kaart is op te vragen als GIS bestand.

Bijlage F: Habitatgeschiktheidskaart litoraal mosselen

In drie kaarten worden de habitatgeschiktheid van het litoraal van de gehele Waddenzee weergegeven voor respectievelijk zaadmosselen, halfwas mosselen en adulte mosselen. Zaadmosselen zijn 0-jaars mosselen, halfwas mosselen zijn één jaar oud en adulte mosselen zijn minstens 2 jaar oud. Het onderscheid tussen halfwas en consumptie mosselen is afkomstig uit de visserij, en wordt in de surveys vaak gemaakt op basis van de schelpenlengte: consumptie mosselen hebben een schelpenlengte $>45 \text{ mm}$. De weergegeven kaarten zijn gemaakt op basis van de survey gegevens uit het voorjaar. Kaarten gemaakt zaad, halfwas en adulte mosselen in het najaar (op basis van gegevens uit najaars surveys) komen grotendeels overeen met de hier gepresenteerde kaarten en zijn niet weergegeven. Voor die kaarten wordt verwezen naar Brinkman (in prep.). De kleuren geven habitatgeschiktheidsklassen weer. De gebieden zijn geordend naar hun score (van hoog naar laag), en gegroepeerd naar rangorde. Klasse 1 omvat de 1% hoogst-scorende delen van het getijdengebied. Klasse 2 omvat de volgende 1% , etc. De klassen worden steeds groter:

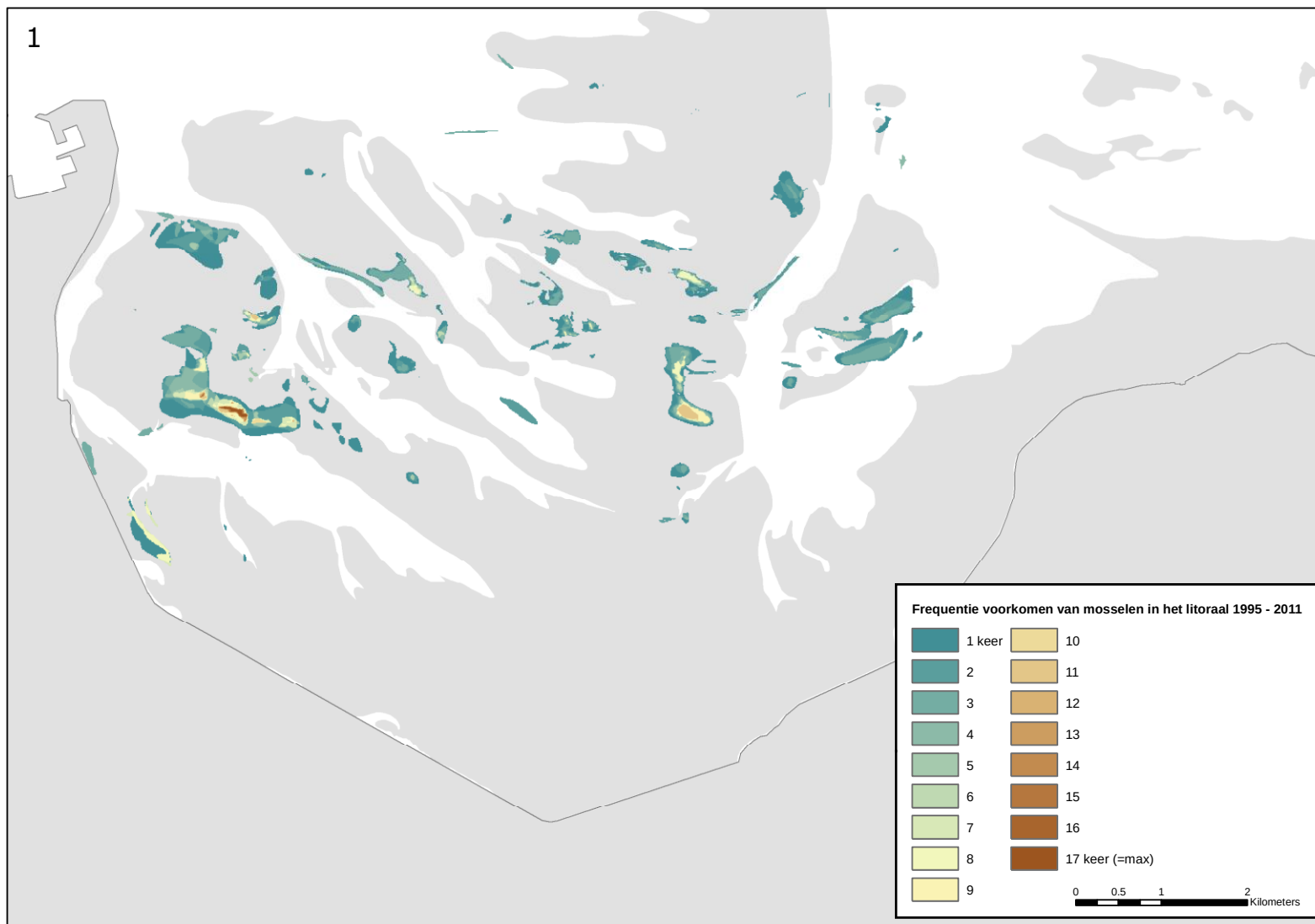
- 1 : 1%
- 2 : 1-2%
- 3 : 2-10 %
- 4 : 10-20%
- 5 : 20-50 %
- 6 : 50-100 %

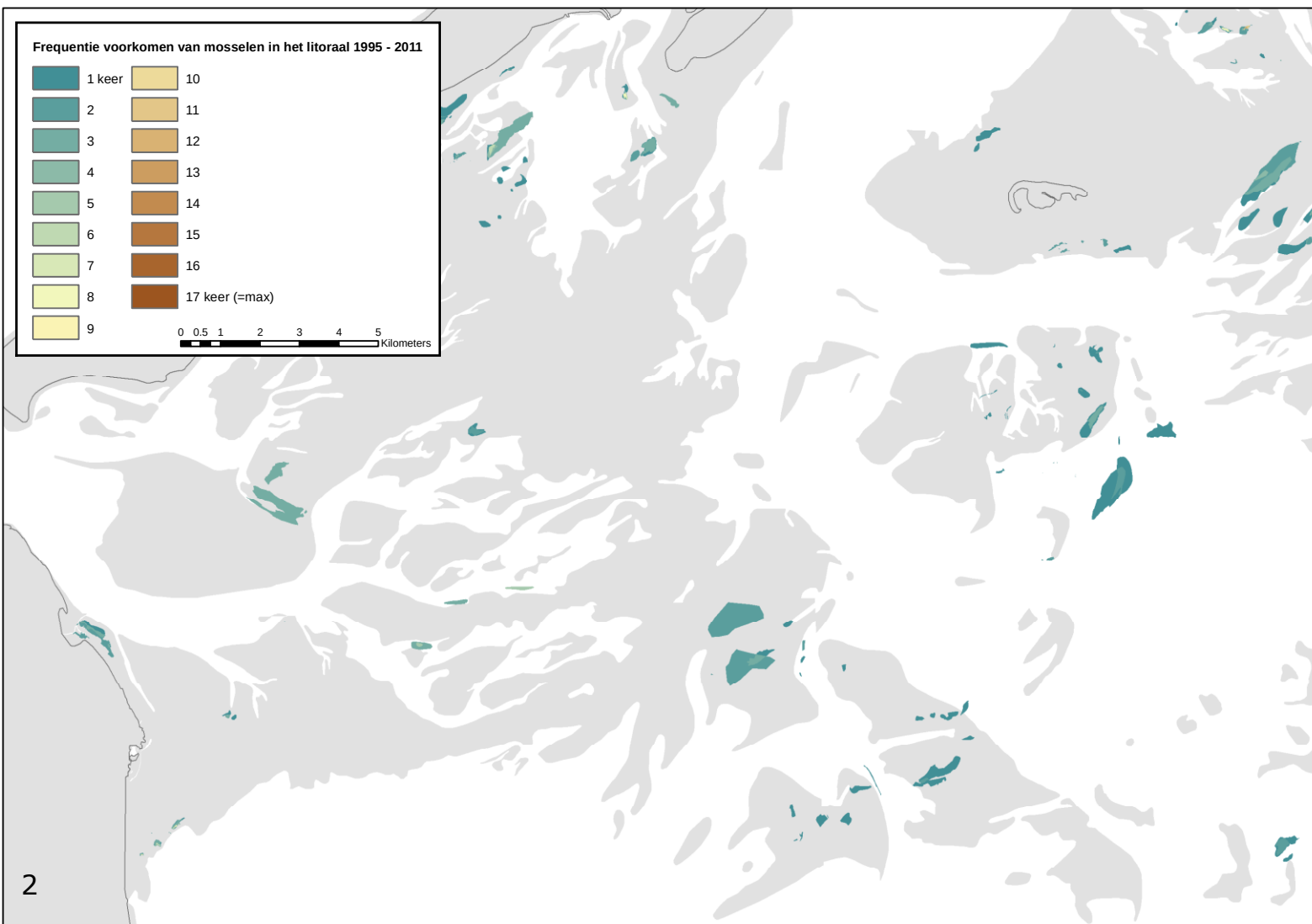
Bijlage G: Habitatgeschiktheidskaart sublitoraal mosselen

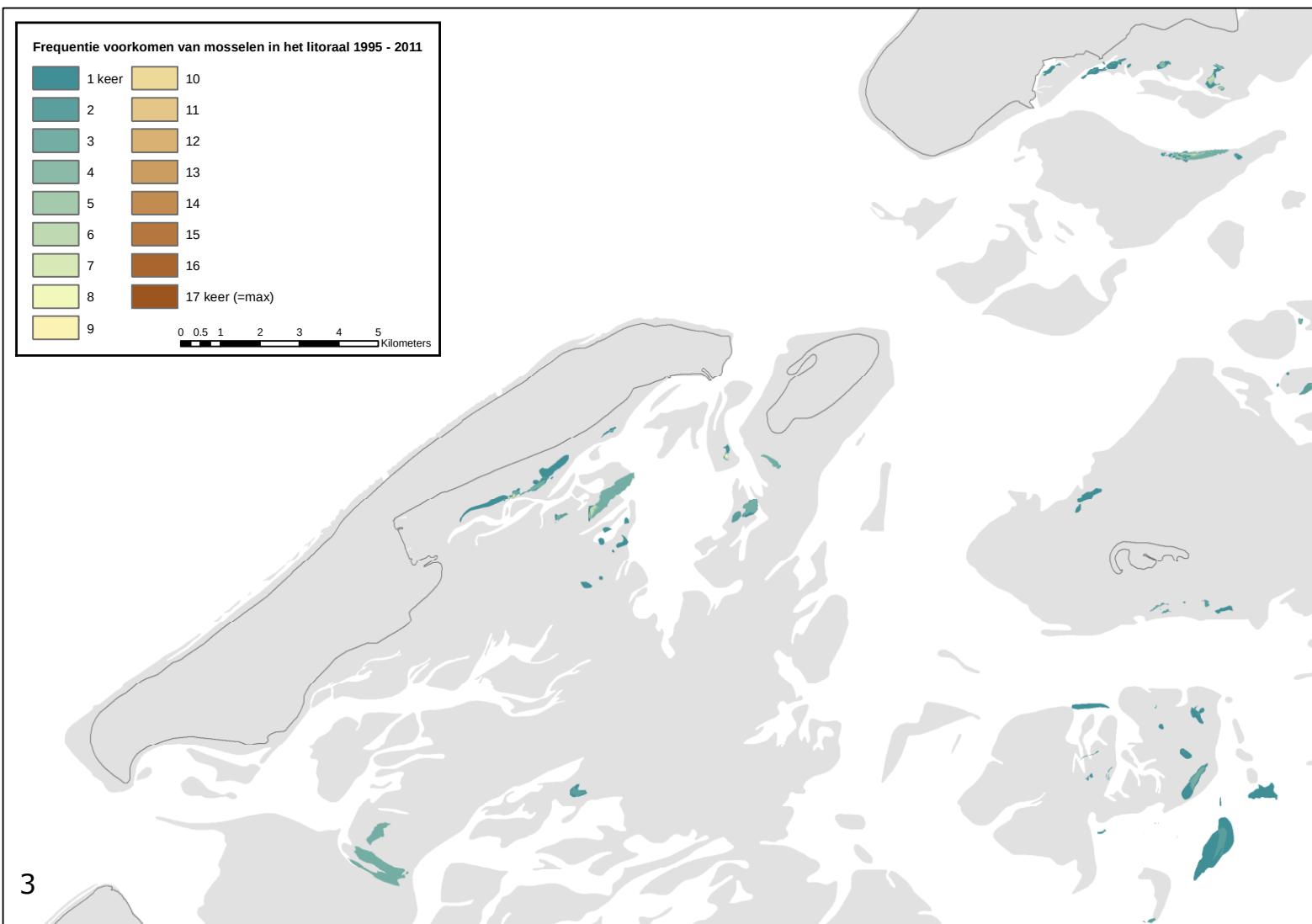
In deze kaart worden de habitatgeschiktheid van het sublitoraal van de gehele Waddenzee weergegeven voor de totale biomassa aan mosselen, dus ongeacht hun leeftijd. De kleuren geven habitatgeschiktheidsklassen weer. De gebieden zijn geordend naar hun score (van hoog naar laag), en gegroepeerd naar rangorde. Klasse 1 omvat de 1% hoogst-scorende delen van het getijdengebied. Klasse 2 omvat de volgende 1% , etc. De klassen worden steeds groter:

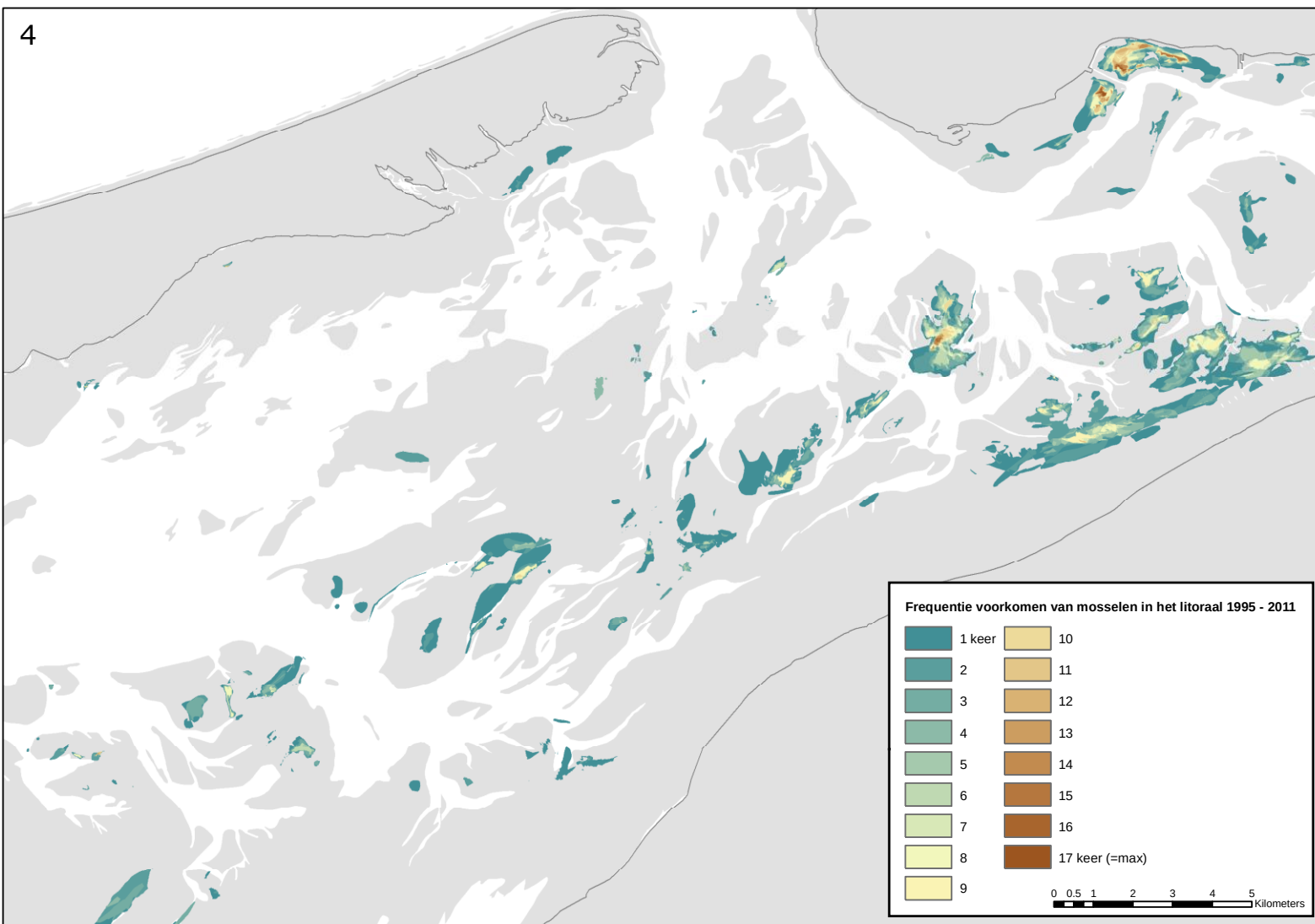
- 1 : 1%
- 2 : 1-2%
- 3 : 2-10 %
- 4 : 10-20%
- 5 : 20-50 %
- 6 : 50-100 %

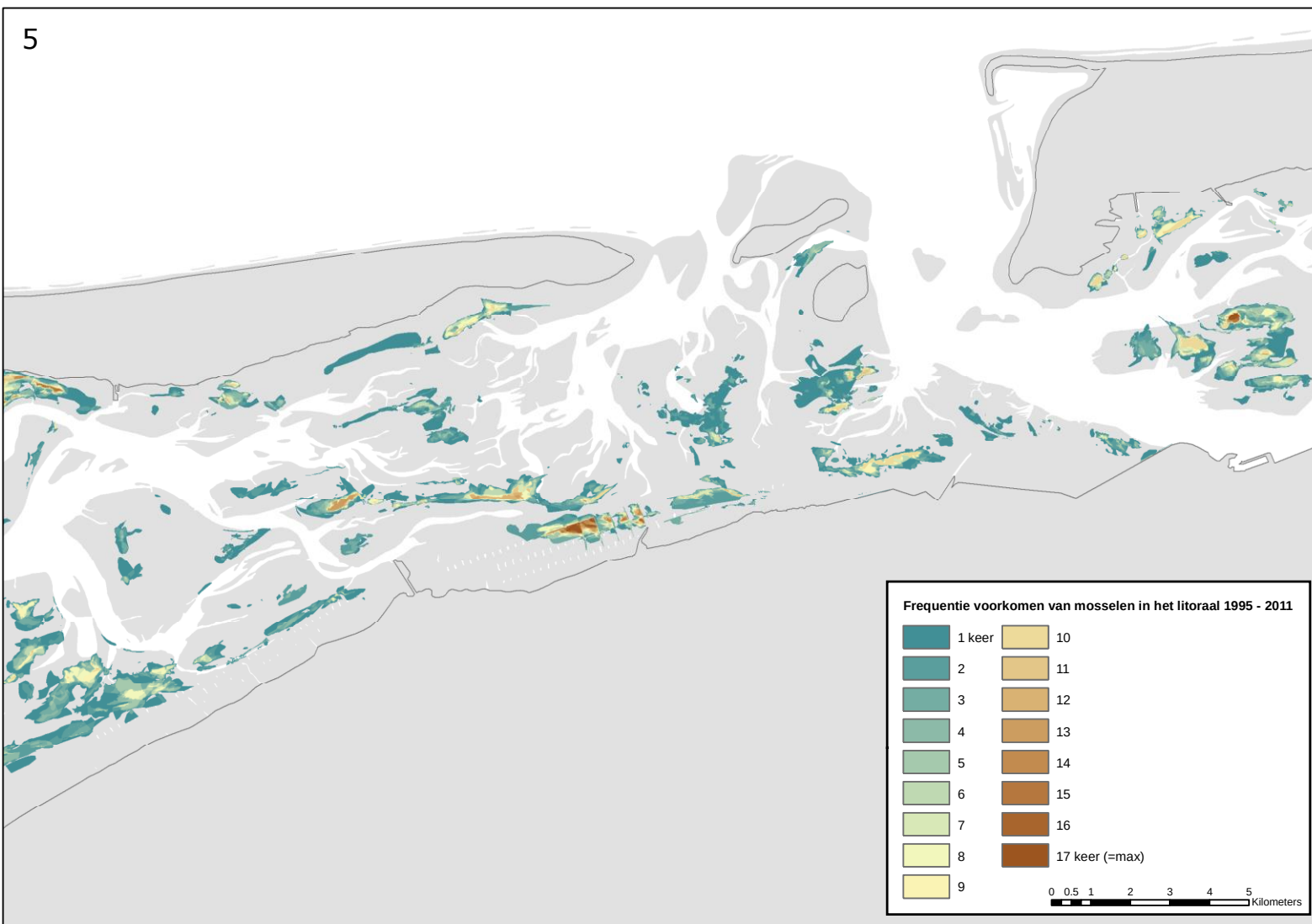
Bijlage A. Frequentiekaart litorale mosselen

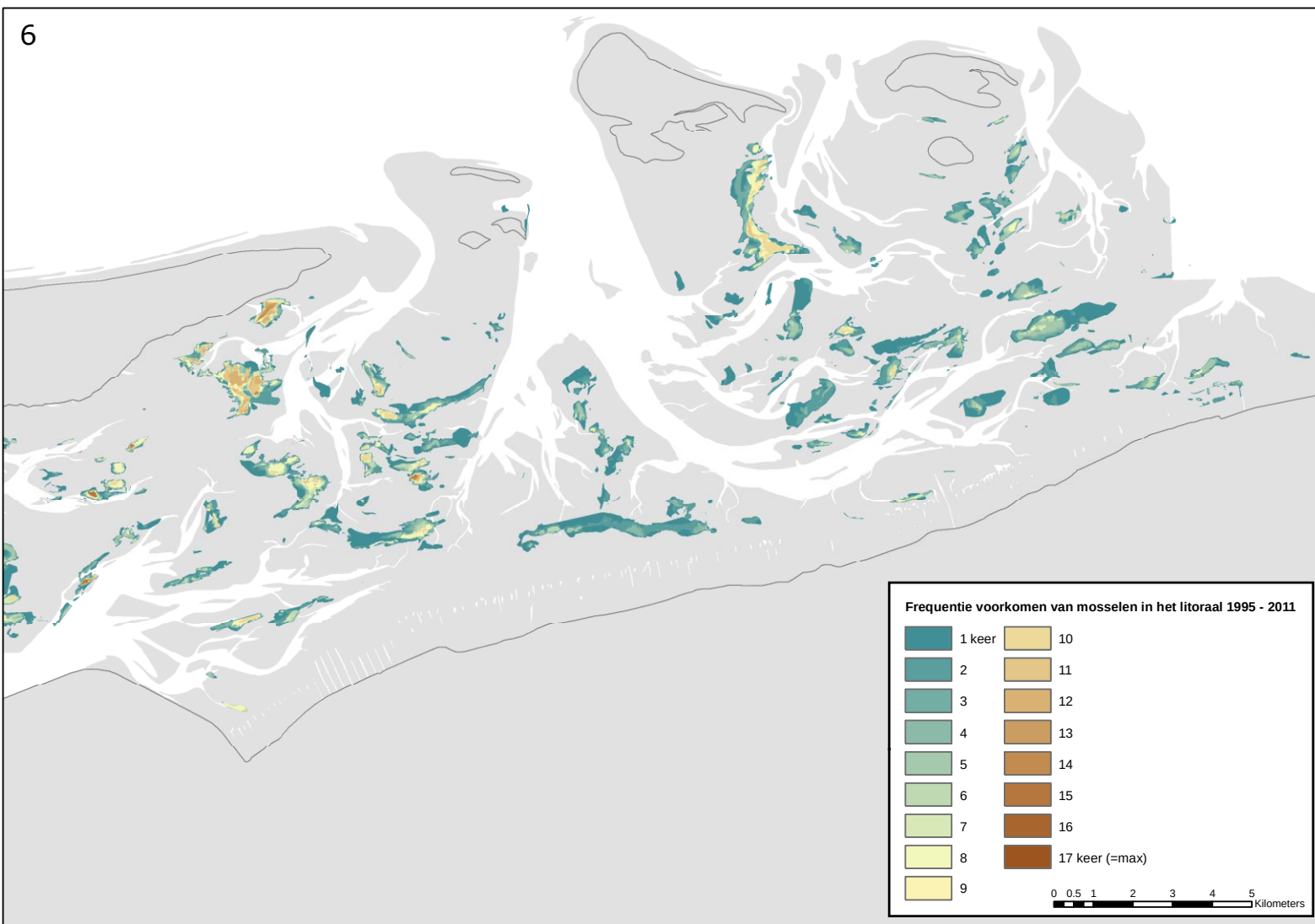






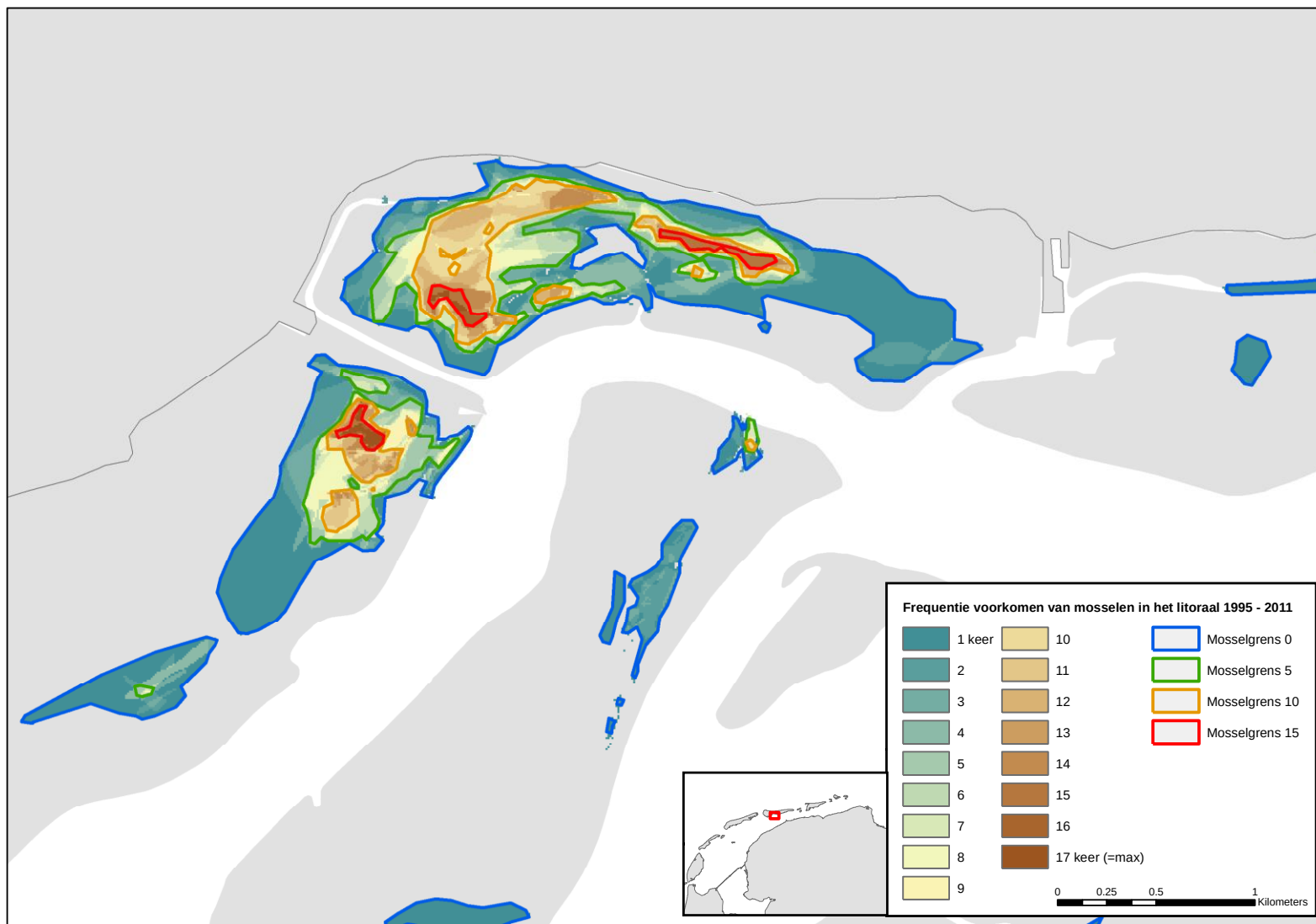




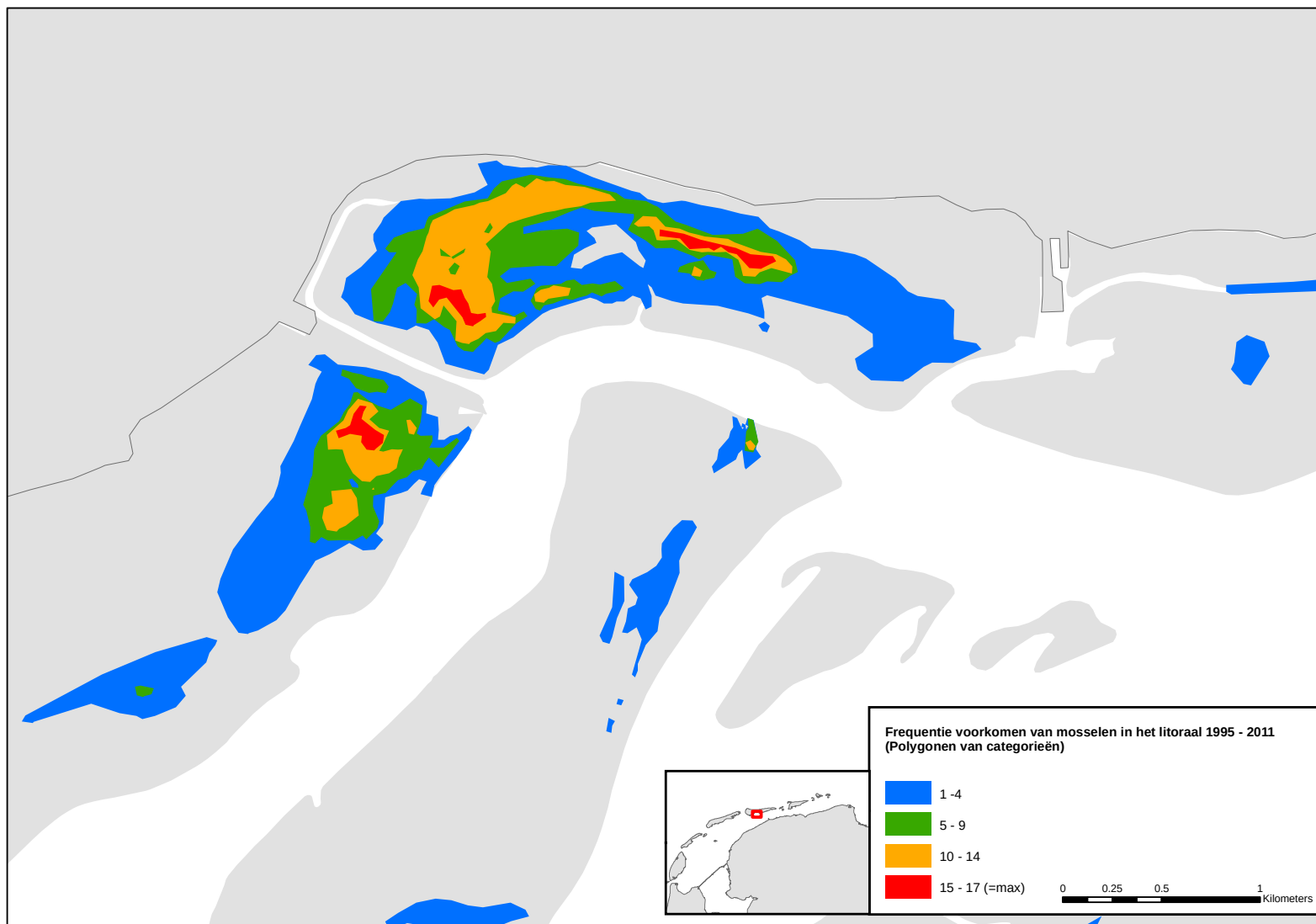




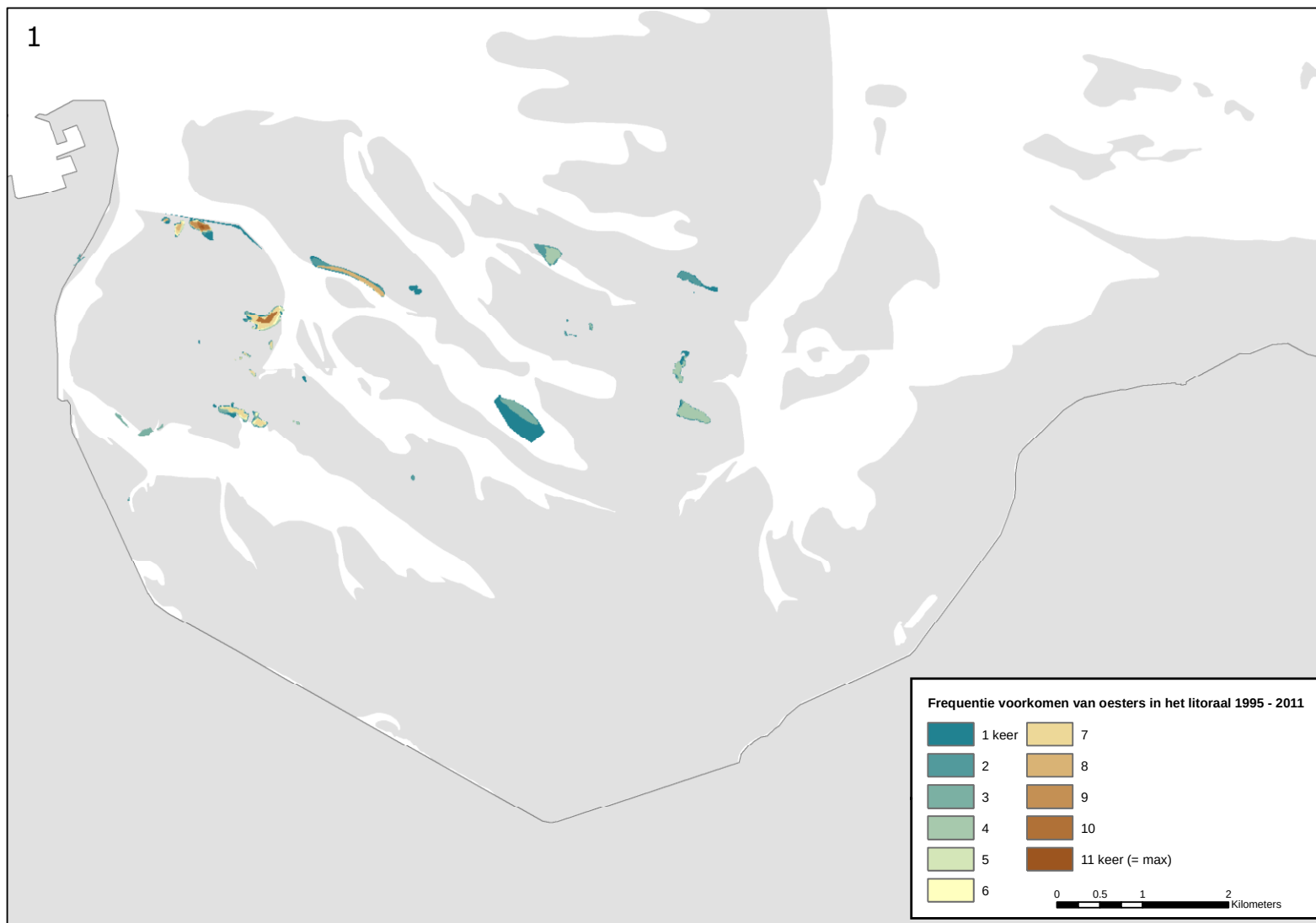
Bijlage B. Frequentiekaart litoraal mosselen + polygonen per frequentieklasse (voorbeeld)

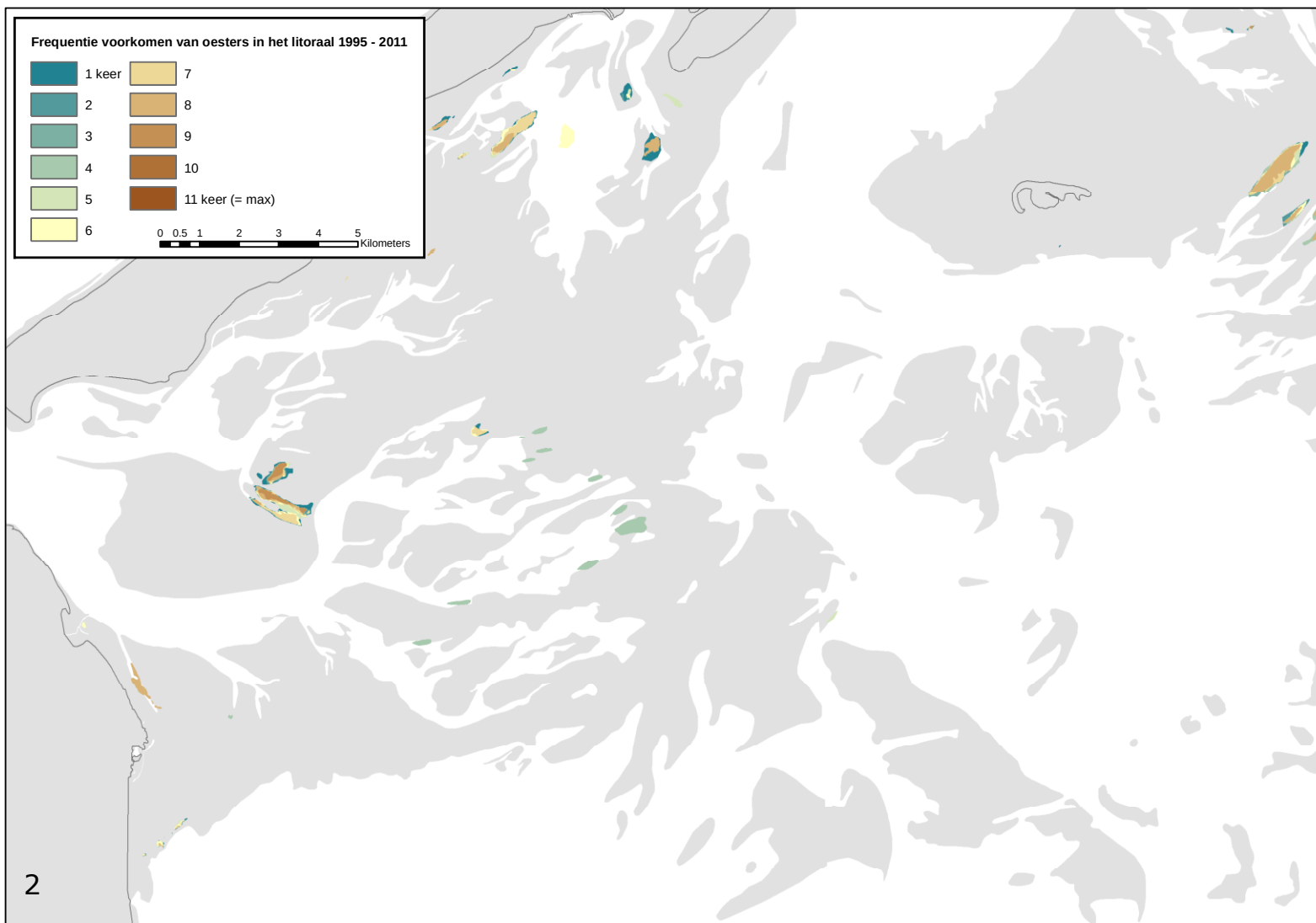


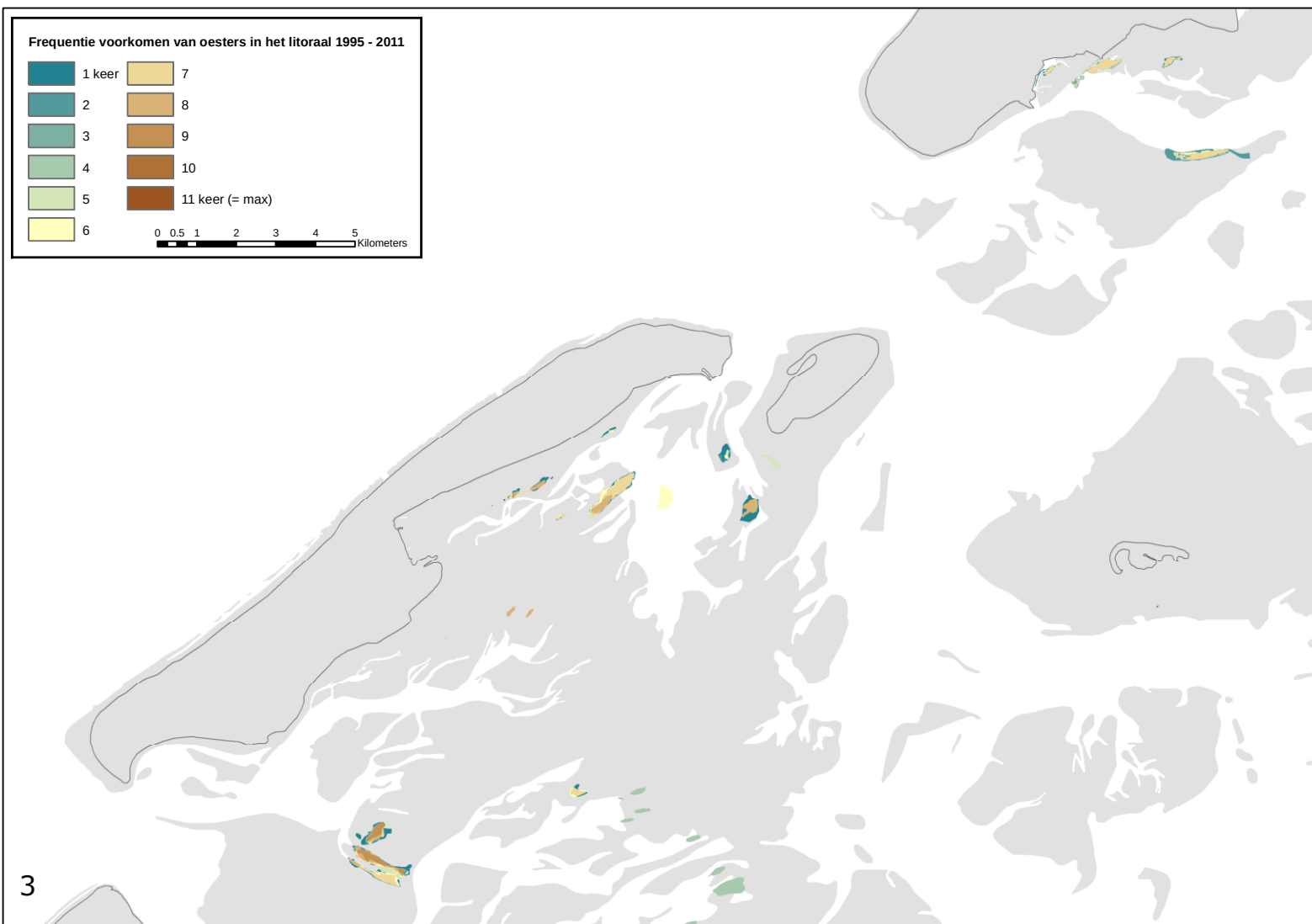
Bijlage C. Polygonen per frequentieklasse (voorbeeld)

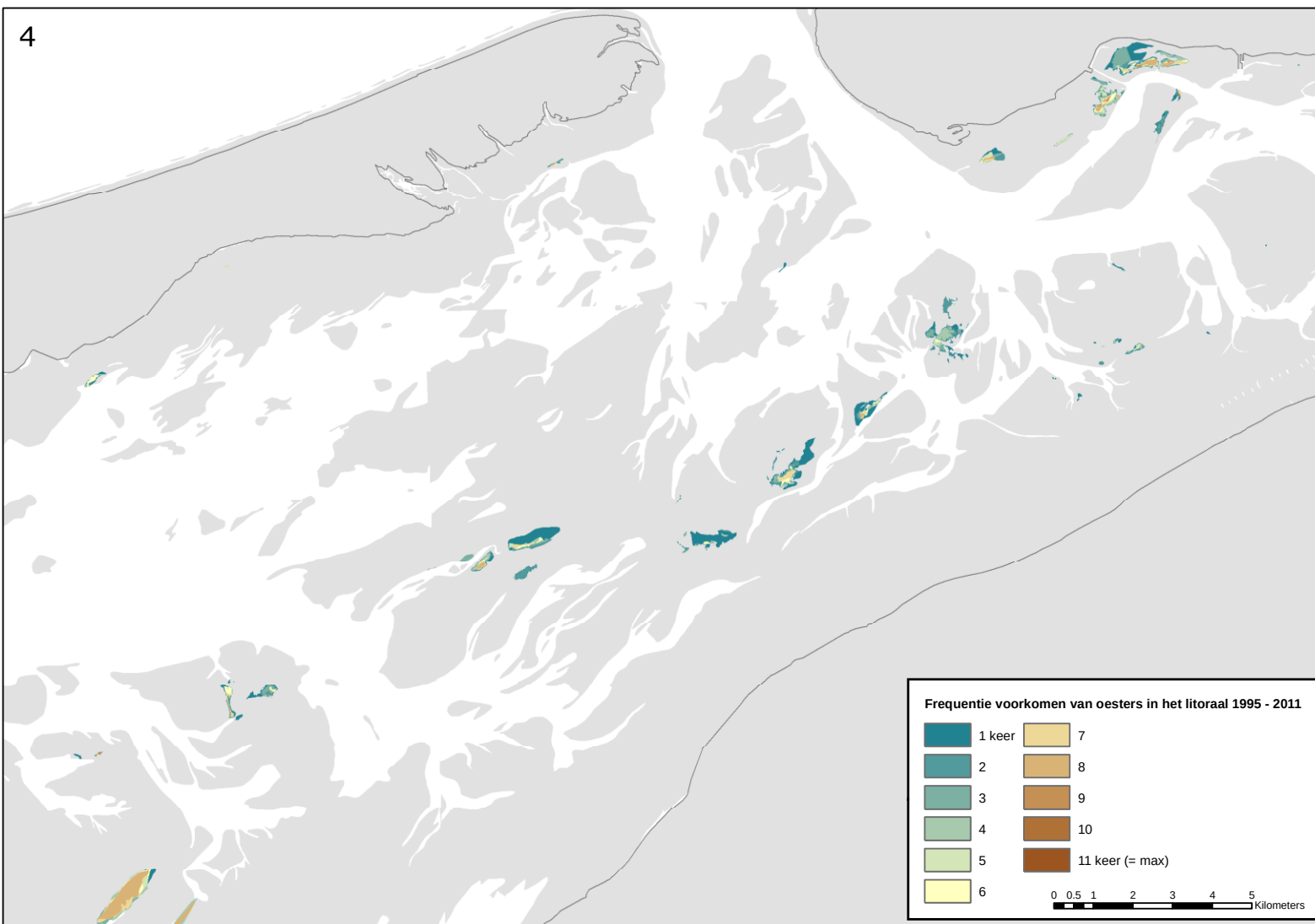


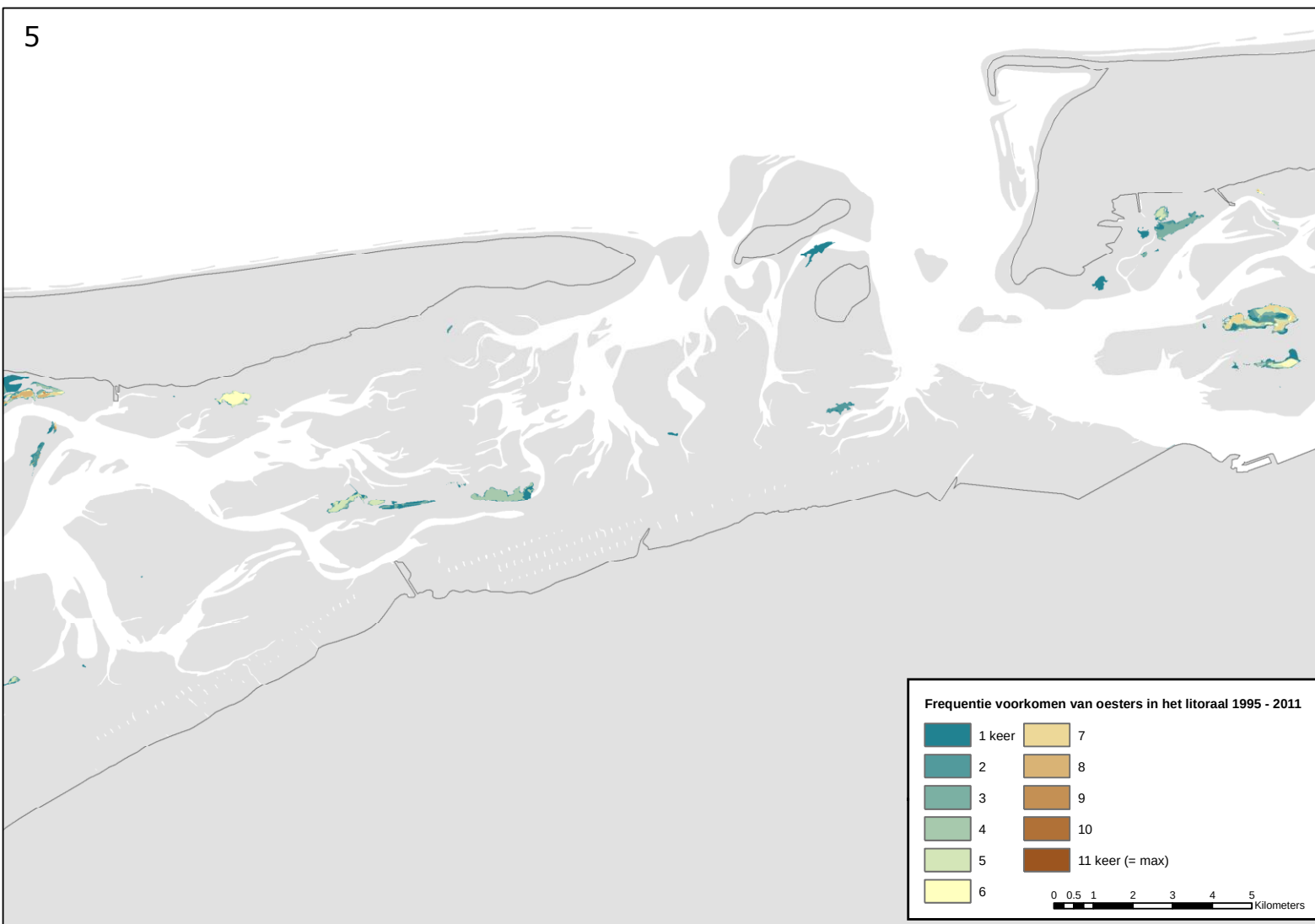
Bijlage D. Frequentiekaart litoraal oesters

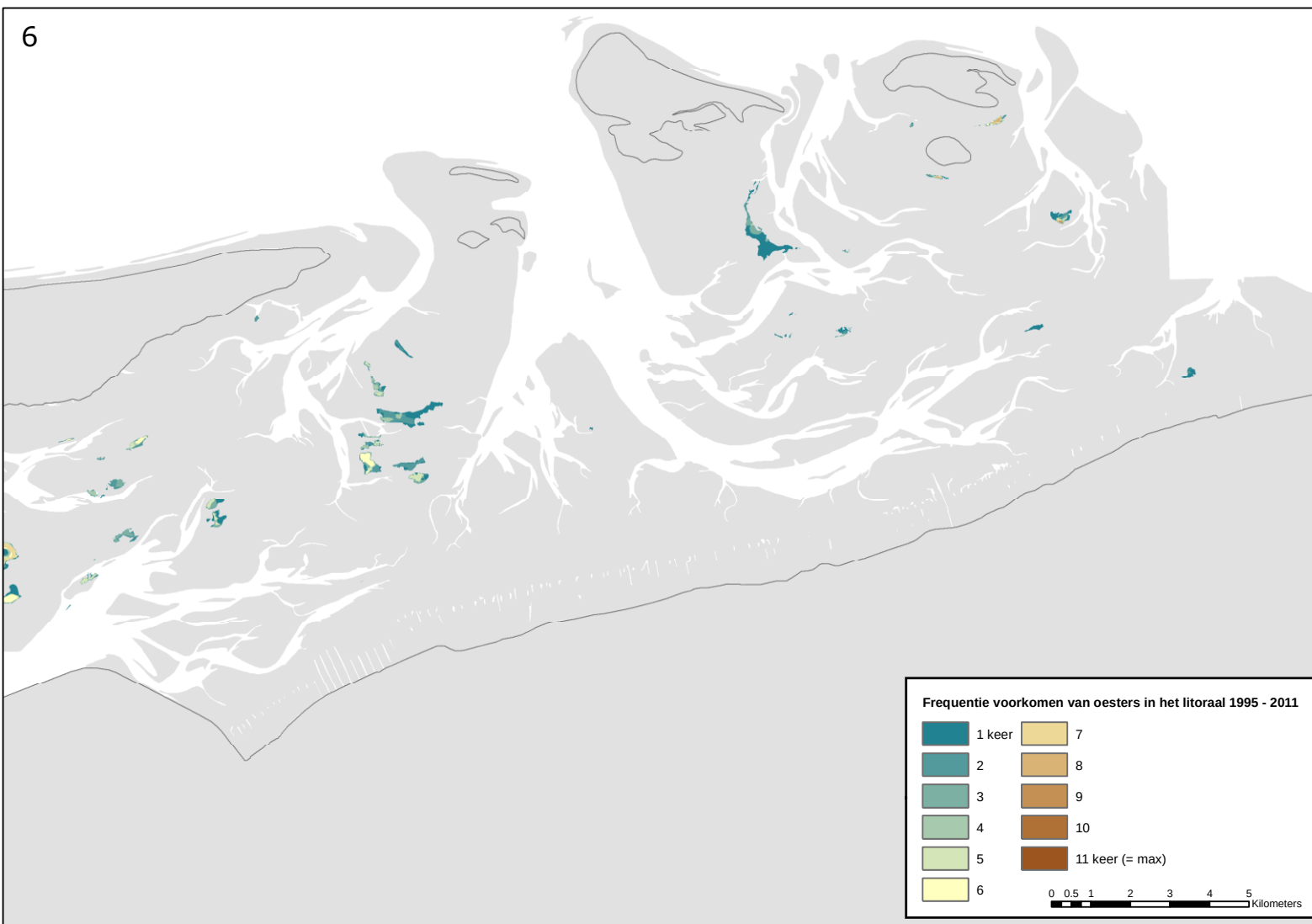


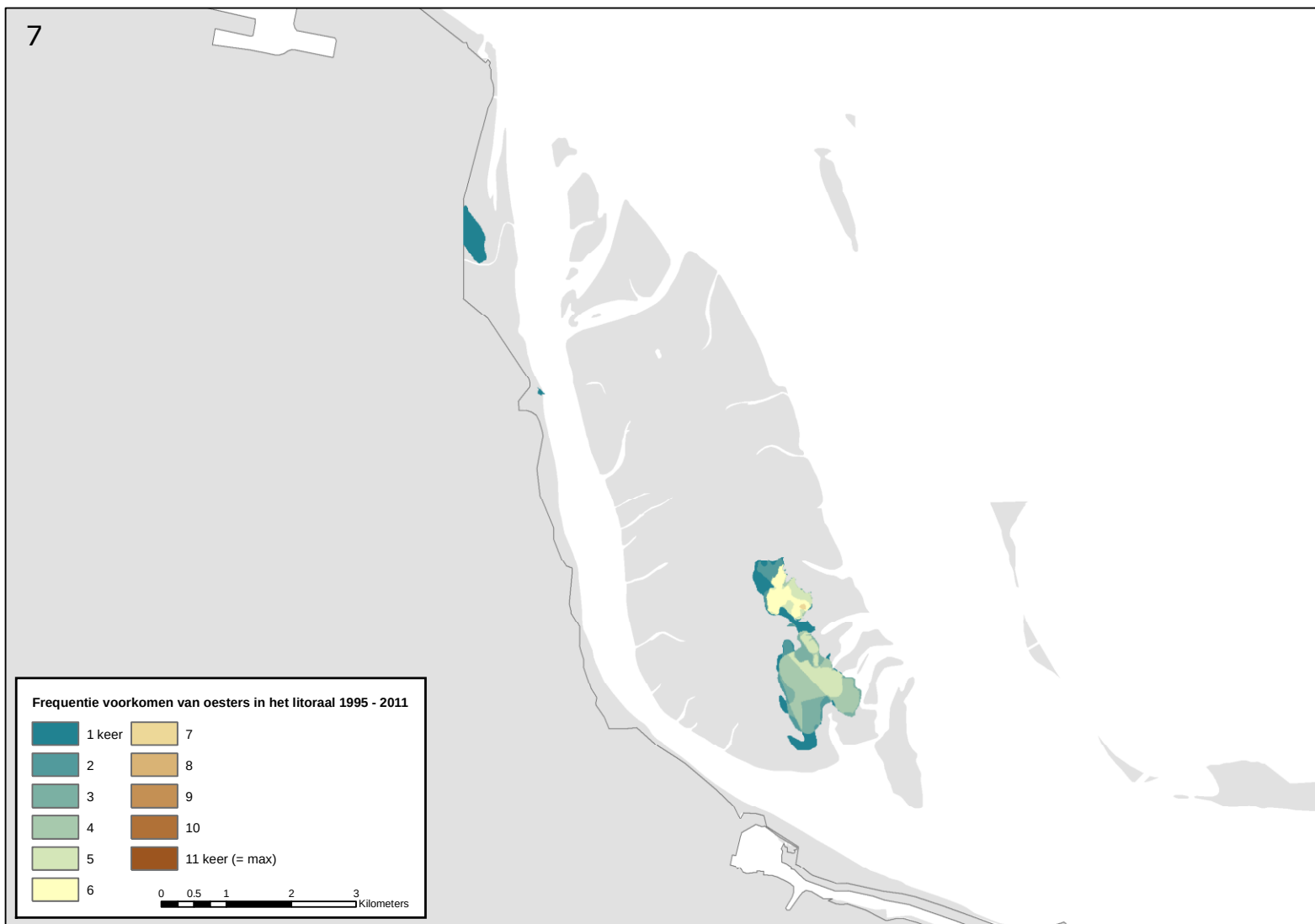




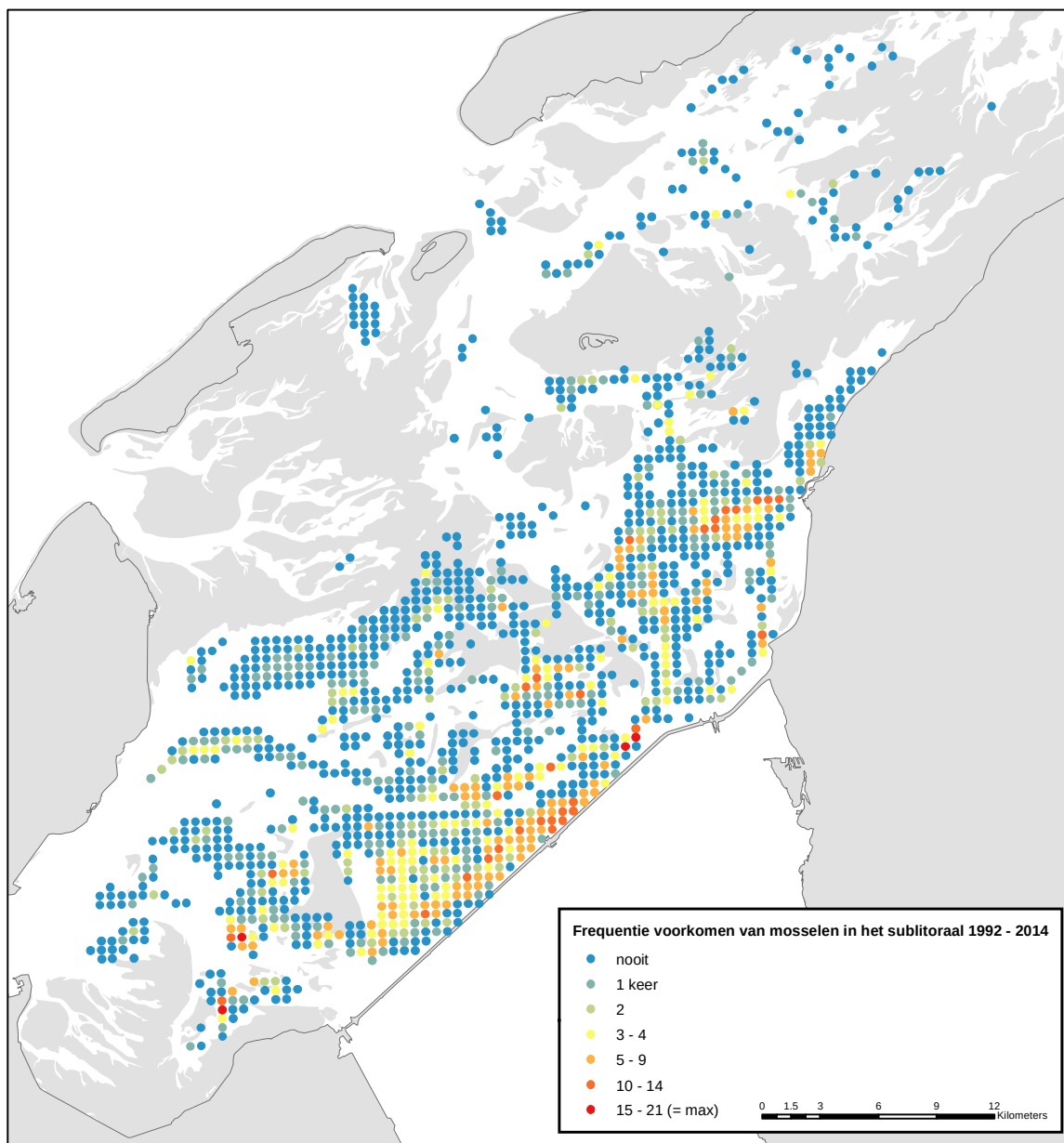






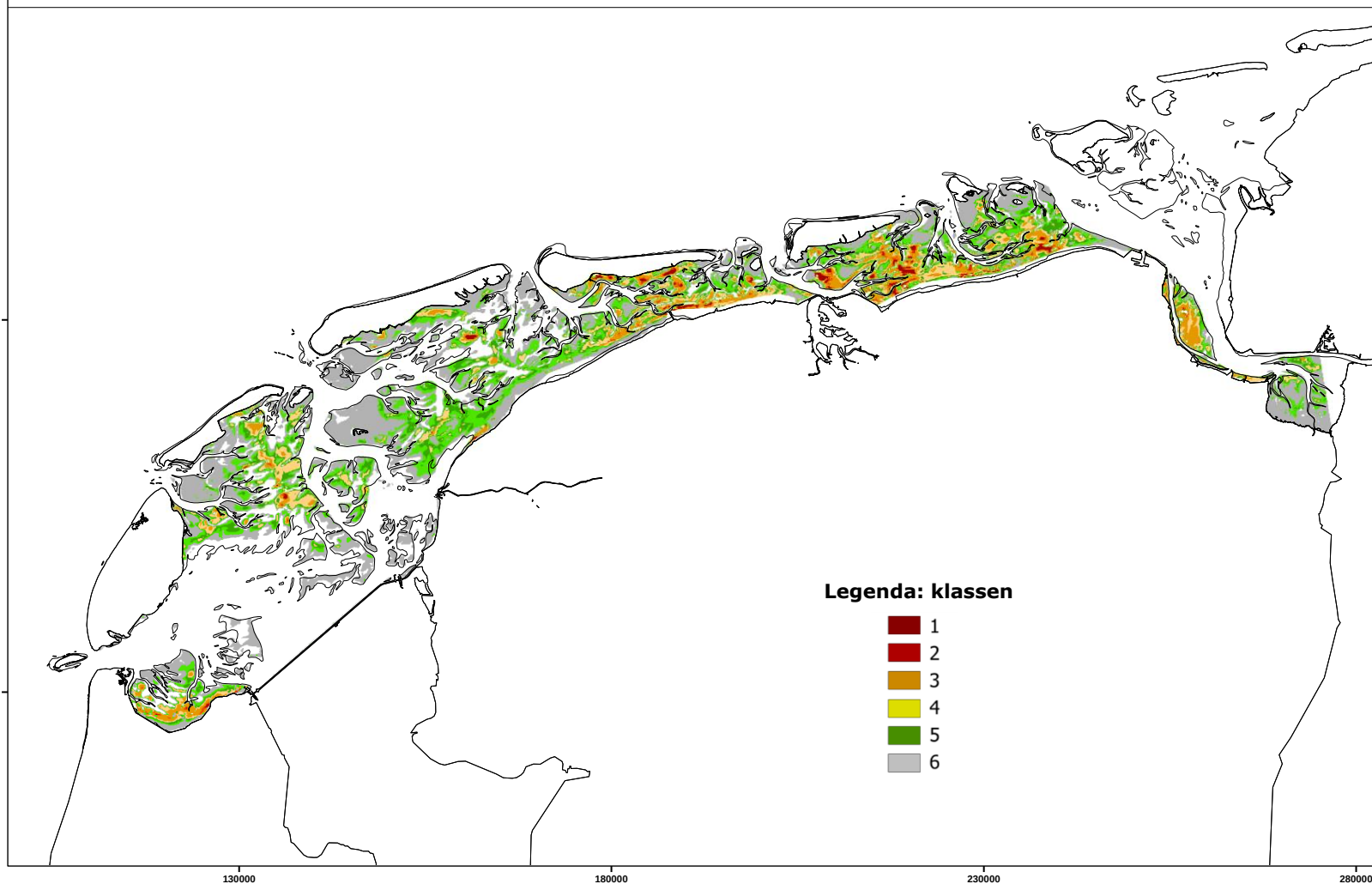


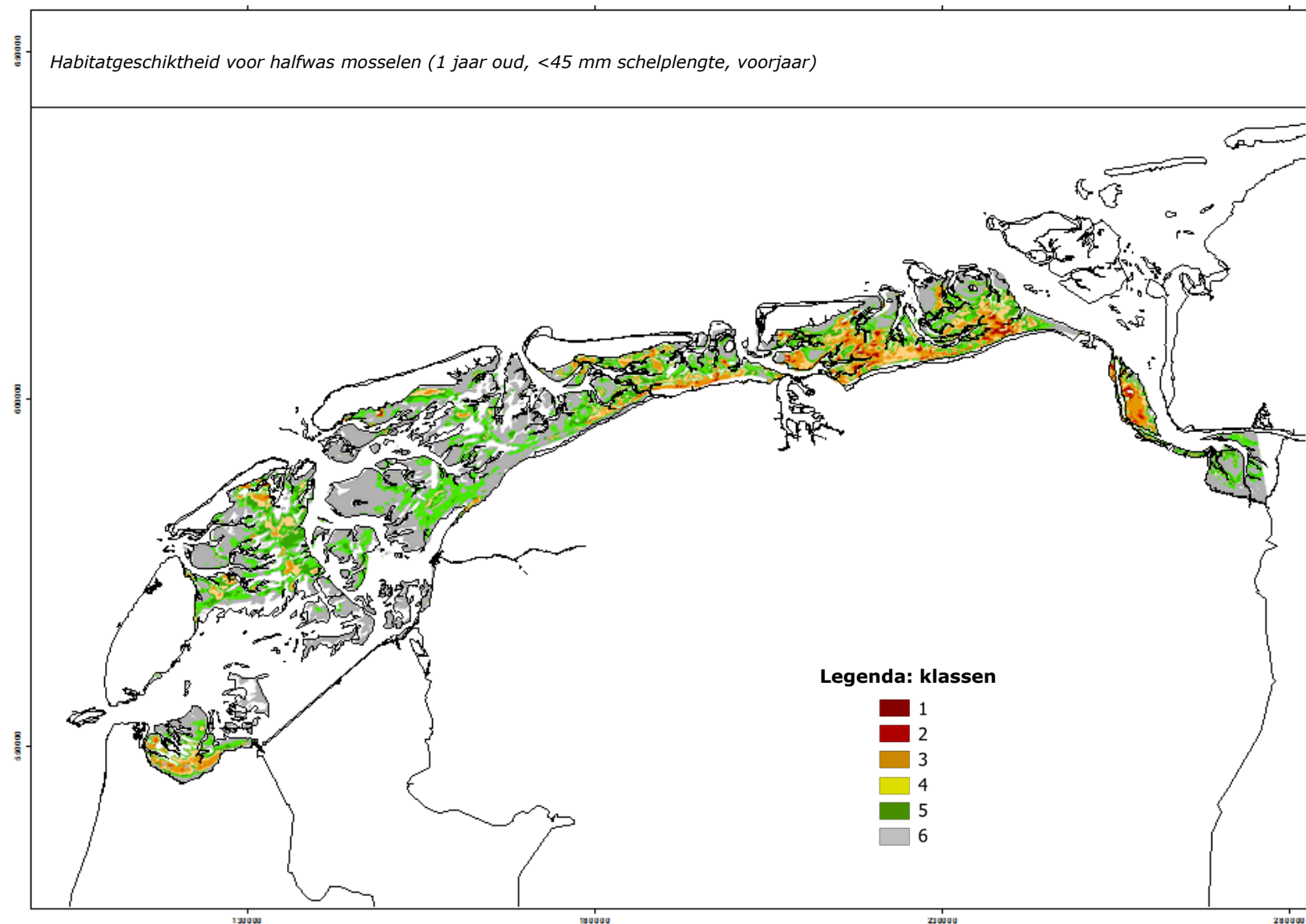
Bijlage E. Frequentiekaart sublitoraal mosselen (Westelijk Wad)



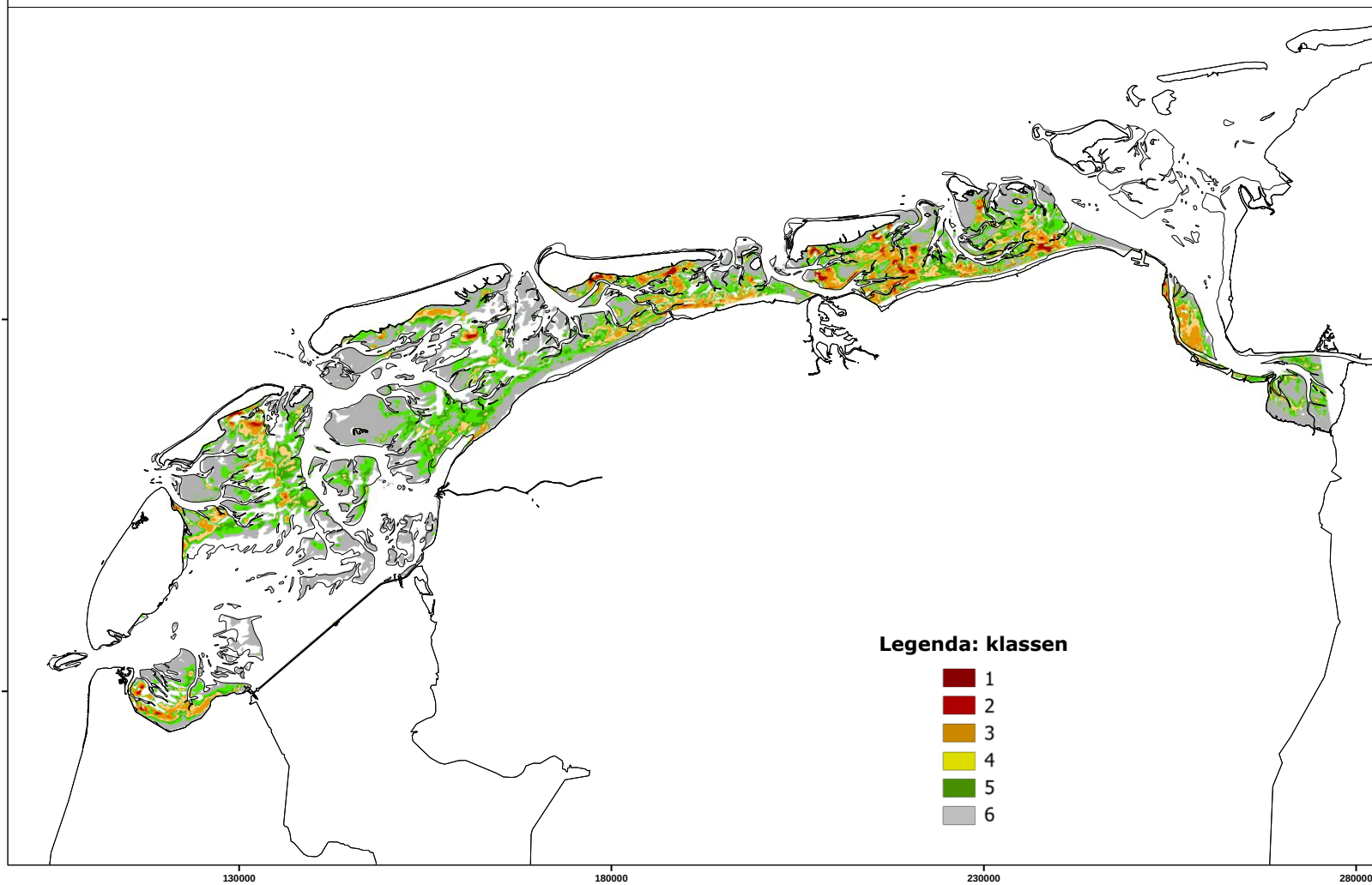
Bijlage F. Habitatgeschiktheidskaart litoraal mosselen

Habitatgeschiktheid voor zaadmosselen (<1 jaar oud, voorjaar)





Habitatgeschiktheid voor adulte mosselen (>1 jaar oud, >45 mm schelpenlengte, voorjaar)



Bijlage G. Habitatgeschiktheidskaart sublitoraal mosselen

