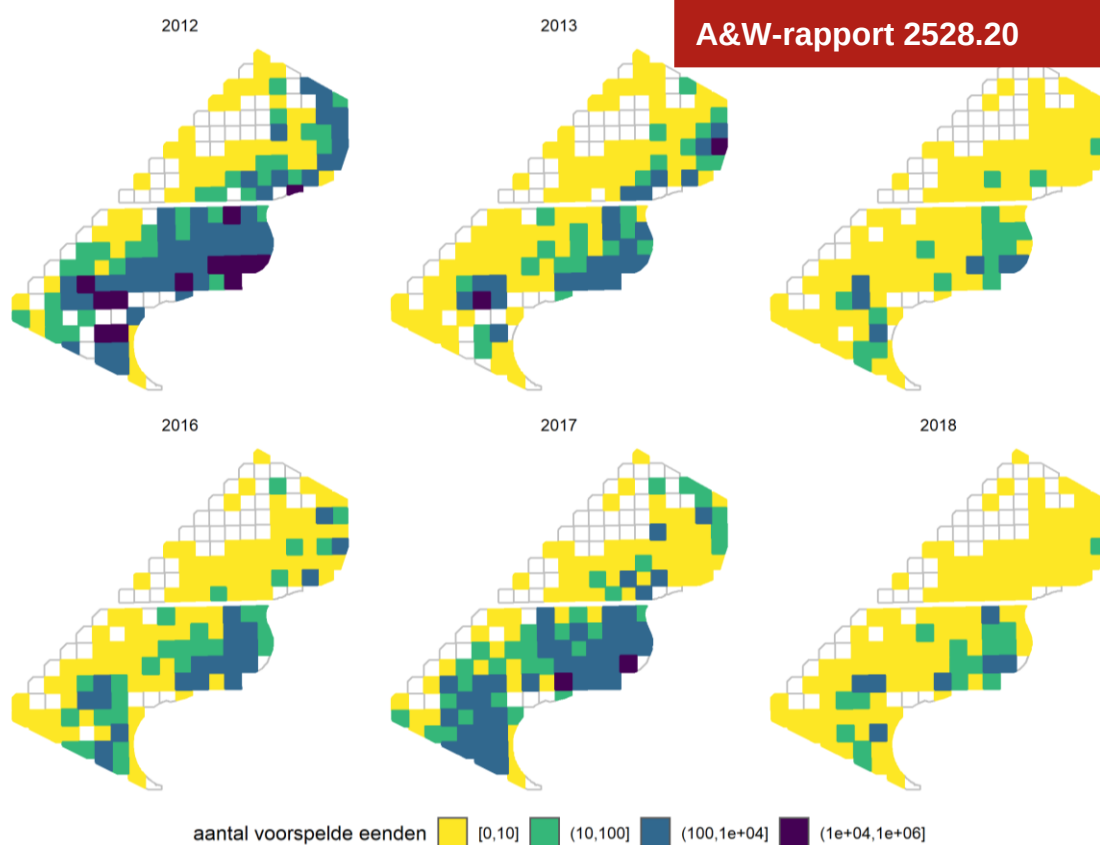


PMR NCV monitoring zwarte zee-eenden in de Voordelta

Statistische analyse monitoringsgegevens T1-T2



in opdracht van

PMR NCV monitoring zwarte zee-eenden in de Voordelta

Statistische analyse monitoringsgegevens
T1-T2

A&W-rapport 2528.20

P.W. van Horssen
E. van der Zee
M.J.M. Poot

Foto Voorplaat

Ruimtelijke analyse, Peter van Horssen

P.W. van Horssen, E. van der Zee, M.J.M. Poot. 2020.

Statistische analyse monitoringsgegevens T1-T2. A&W-rapport 2528.20

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgever**Wageningen Marine Research**

Haringkade 1

1976 CP IJmuiden

Telefoon 0317-480900

Uitvoerders**Altenburg & Wymenga
ecologisch onderzoek bv**

Suderwei 2

9269 TZ Feanwâlden

Telefoon 0511 47 47 64

info@altwym.nl

www.altwym.nl

Greenstat

Lingedijk 104

4196 HC Tricht

Telefoon 06-34 01 10 89

peter@greenstat.nl

www.greenstat.nl

Martin Poot**Ecology**

Bakelbos 34

4101 KH Culemborg

mjmpoot@gmail.com

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer

2526ZZE

Projectleider

E. van der Zee

Status

Definitief

Autorisatie

Joris Latour

Paraaf

E. Wymenga

Datum

16 juli 2020

Kwaliteitscontrole

E. Wymenga

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
2	Methode	2
3	Resultaten voorverkenning	3
3.1	Data exploratie	3
3.2	Ruimtelijke correlatie van zee-eend data	8
3.3	Model keuzes	9
4	Resultaten analyse	11
4.1	Partiële effecten	13
5	Conclusies en discussie	15
6	Referenties	19
<i>Bijlage 1</i>	<i>Data exploratie</i>	<i>20</i>
<i>Bijlage 2</i>	<i>Ruimtelijke correlatie</i>	<i>31</i>
<i>Bijlage 3</i>	<i>Data exploratie : tijd-benthosgrid</i>	<i>34</i>

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het onderzoek in de Voordelta naar het ruimtelijk gebiedsgebruik van Zwarte zee-eenden heeft in de loop der jaren laten zien dat naast voedsel en waterdiepte ook verstoring, door vooral vaarverkeer, een belangrijke verklarende factor is (zie H8 in Prins *et al.* 2014). Deze verstoring door vaarverkeer kan worden berekend op basis van vaarroutes vastgelegd met het Automatic Identification System (AIS), waarbij er aannames worden gedaan over de verstoringsafstand van een schip en de duur voordat een groep zee-eenden terugkeert na een verstoring ((van Horssen *et al.* 2018). Daarnaast laten ook de resultaten van een draagkrachtmodel (Tulp *et al.* 2018) zien dat, op basis van dezelfde aannames over verstoringsafstand en –duur, verstoring van invloed is op het potentiële aantal eenden in de Voordelta (Tulp *et al.* 2018 en Prins *et al.* 2014). Deze voorgaande analyses en syntheses waren echter tot nu toe gebaseerd op een seizoengemiddelde van de verstoringsintensiteit door schepen over de vier seizoenen 2009-2012 van de T1.

In voorliggende studie zijn de analyses aan ruimtelijk gebiedsgebruik uitgebreid met nieuwe data en methodes, en wordt onderzocht welk aandeel voedsel, waterdiepte en verstoring heeft in het voorspellen van het aantal Zwarte zee-eenden over de periode 2009-2018 van de T1 en T2. In deze analyses wordt een verfijndere methode dan in van Horssen *et al.* (2018) gebruikt voor het berekenen van de verstoringsintensiteit. Hiermee kan een beter beeld worden gegeven van het dynamische ‘verstoringslandschap’ in relatie tot de geprefereerde foerageergebieden. Hierbij wordt de voedselbeschikbaarheid bepaald door de diepte en verspreiding van de eetbare fractie *Spisula*, *Ensis*, *Limecola* en/of *Abra* in voor zee-eenden rendabel te exploiteren dichtheden. Ook de benthosreeks is uitgebreid tot en met 2018. Op basis hiervan is in dit rapport een hernieuwde analyse uitgevoerd van de verspreiding en aantallen van zee-eenden in relatie tot voedsel, stroming, diepte en verstoring voor de gehele onderzoeksperiode van PMR, inclusief de T2, dus tot en met seizoen 2018-2019.

1.2 Doel

In voorliggende studie wordt onderzocht welk aandeel voedsel, waterdiepte en verstoring heeft in het voorspellen van het aantal Zwarte zee-eenden over de periode 2009-2018 van de T1 en T2. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen proisoorten en wordt gebruik gemaakt van de verfijnde verstoringsdata (van Horssen *et al.* 2018).

2 Methode

In deze studie is de statische analyse, zoals uitgevoerd in het PMR Voordelta Eindrapport - 1e fase 2009-2013, herhaald en op een aantal punten uitgebreid en aangevuld (zie ook hoofdstuk 4.6 - Nadere statistische analyse voorkomen zee-eenden en effect instelling rustgebied). PMR monitoring natuurcompensatie Voordelta Eindrapport 1e fase 2009-2013 deel B pp 376-401).

Voor voorliggende analyse is een aantal extra stappen uitgevoerd:

1. Verstoring is, op basis van informatie uit AIS-gegevens, gesplitst in drie typen schepen: visserij, - vrachtvaartuigen en veerboten en recreatievaartuigen. De categorieën zijn gebaseerd op codes in de aangeleverde AIS data. Onderscheid in type visserij is niet mogelijk. Het dominante visserijtype in de Voordelta is garnalenvisserij (Prins et al. 2014) en (op beperkte schaal) Ensis- en Spisulavisserij.
2. Potentieel voedsel voor zee-eenden is opgesplitst in Ensis, Spisula, Limecola en Abra. Alle selecties van lengteklassen zijn conform eerdere analyse (Prins et al. 2014, deel B).
3. Voor de verstoringsdata is alleen de data van de "TEL DATUMS" geselecteerd en gemiddeld, in tegenstelling tot een seizoensgemiddelde verstoring (zoals in van Horssen *et al.* 2018).
4. Alle data is geaggregeerd op het benthosgrid en seizoen. De aantallen eenden zijn gesommeerd, de verklarende data zijn gemiddeld. Het zee-eenden seizoen loopt van oktober tot en met mei.

De analyse bestaat uit de volgende stappen:

1. Een voorverkenning met data-exploratie en variabele selectie.
2. De analyse van de voorspellende variabelen, die na modelselectie overblijven, voor het modelleren van het aantal zwarte zee-eenden.

3 Resultaten voorverkenning

3.1 Data exploratie

Alle exploratieve plots staan in Bijlage 1. In figuur 3.1 is de data exploratie samengevat in één plot. Er is weinig correlatie tussen verklarende variabelen te zien met uitzondering van correlatie tussen diepte en bodemstroomsnelheid (rode box). Deze is dusdanig groot dat voor de verdere analyses één van beide niet meegenomen is. Data van bodemstroomsnelheid van 2018 (seizoen 2018/2019) ontbreekt.

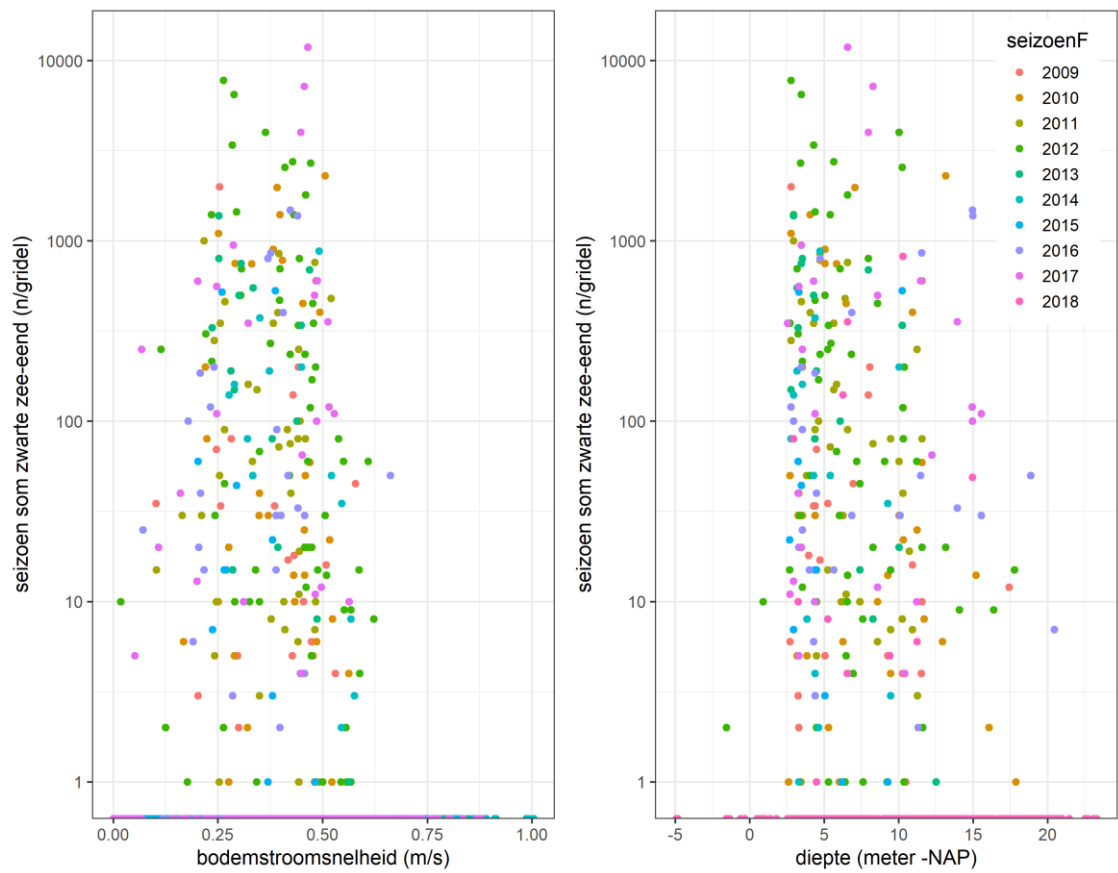
De correlatie tussen de som van het voedsel ('sum_food') en de som van Ensis (Ensis) en de som van alle verstoring ('som_all_ships') en de som van verstoring door vracht-ferry schepen ('shiptype1_jd') is hoog (groene boxen). De som van het voedsel en de som van de verstoring door alle schepen zijn voor de data-exploratie berekend, maar verder niet meegenomen in de statistische modellen. In plaats daarvan zijn dus de individuele bodemdiersoorten en typen vaartuigen apart opgenomen in de modellen.

De hoge correlatie illustreert wel het belang van Ensis en vracht-ferry verkeer in respectievelijk de som voedsel en de som van alle verstoring door scheepvaart.

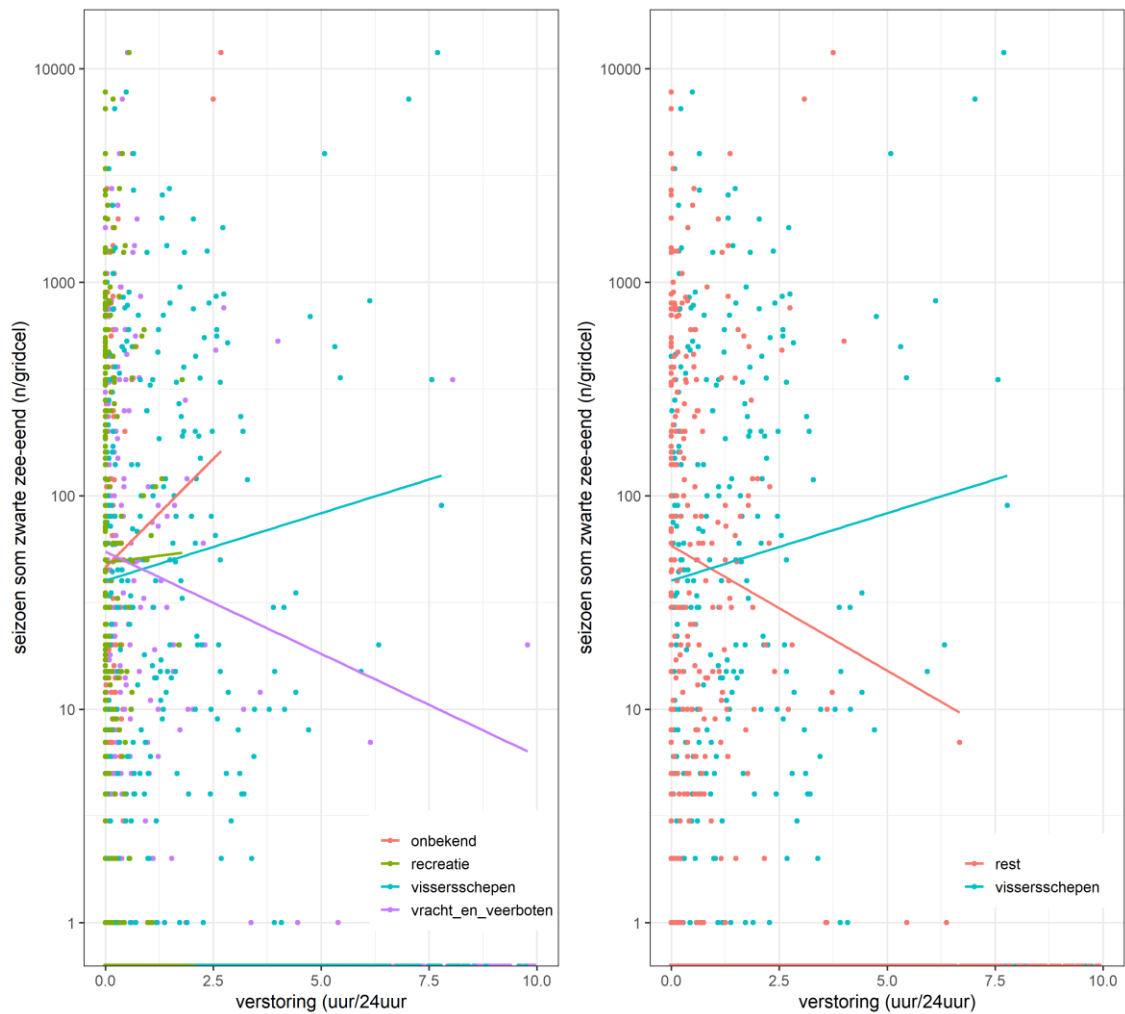
Figuur 3.2, 3.3 en 3.4 geven ruwe seizoensommen per benthosgrid van diepte, bodemstroomsnelheid, verstoring door scheepvaart en voedsel. Bodemstroomsnelheid en verstoring zijn gemiddelde waarden van de meet teldatums waarop zee-eenden zijn geteld.



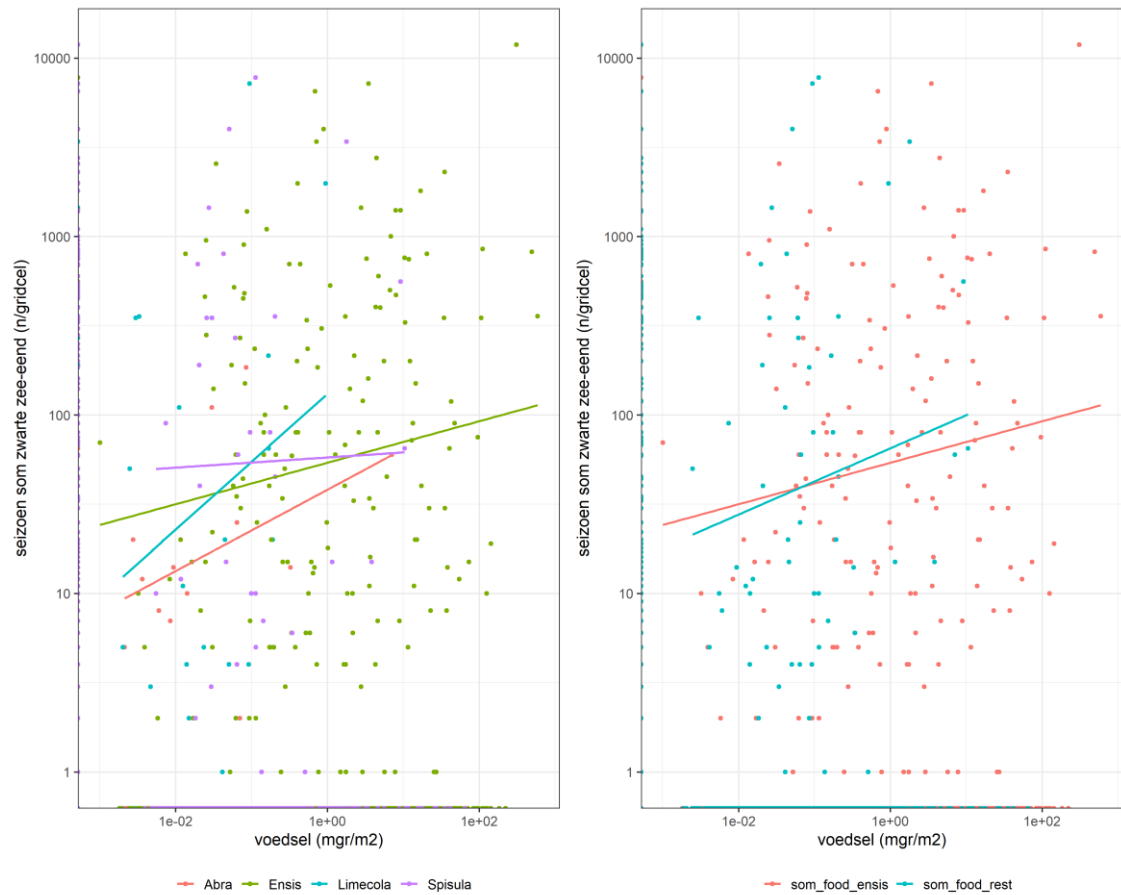
Figuur 3.1. Correlatieplot van variabelen.



Figuur 3.2 Aantal zee-eenden (som per seizoen per benthosgrid) bij verschillende bodemstroomsnelheid en diepte. (NB bodemstroomsnelheid van 2018 ontbreekt)



Figuur 3.3 Aantal zee-eenden (som per seizoen per benthosgrid) bij verschillende verstoringduur door scheepvaart. Lijnen geven indicatief relatie tussen variabelen aan. (Links voor alle vier type scheepvaart, rechts voor de categorie vissersschepen en som van overige categorieën)

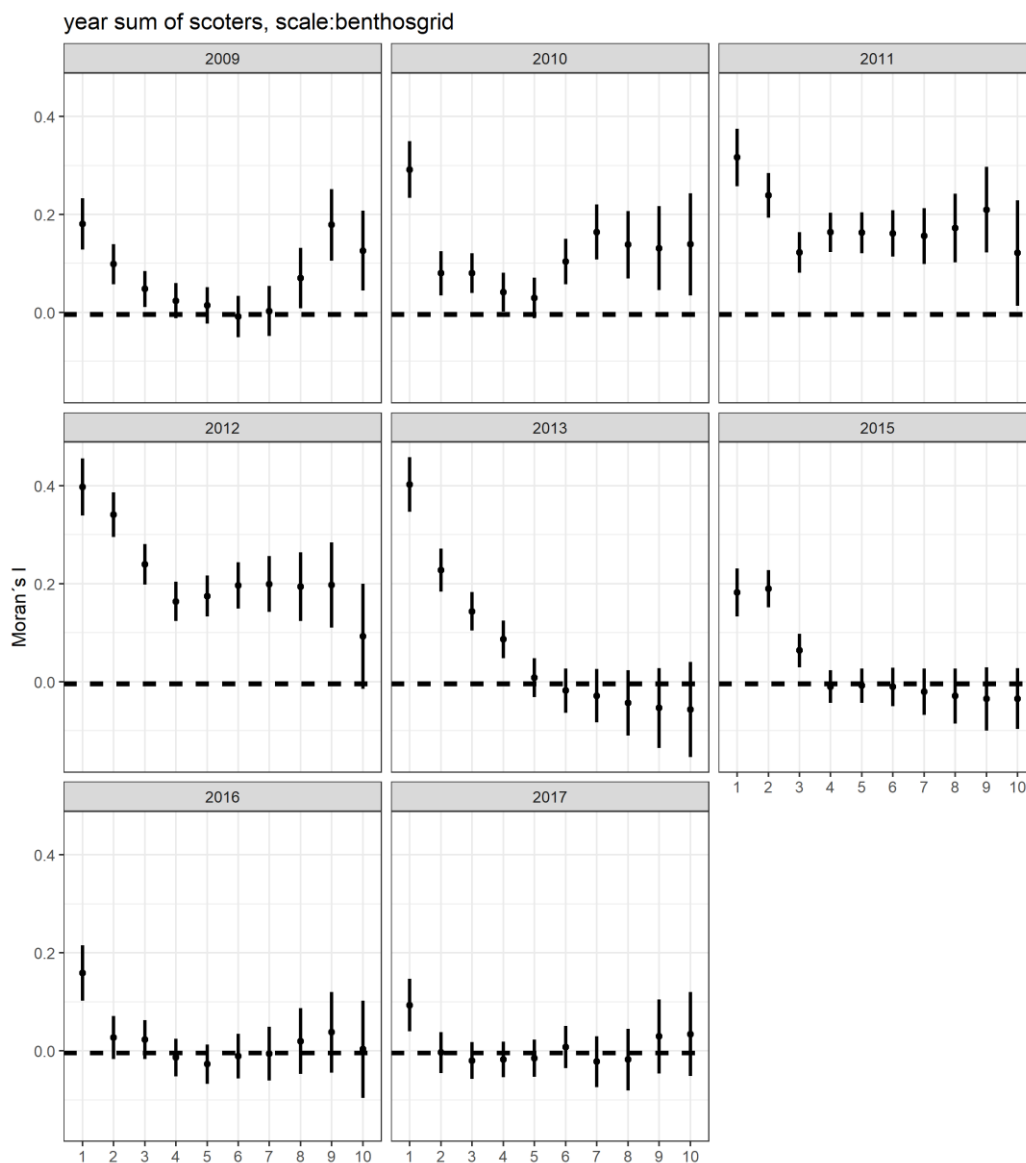


Figuur 3.4. Aantal zee-eenden (som per seizoen per benthosgrid) bij verschillende soorten voedsel. Lijnen geven indicatief relatie tussen variabelen aan. (Links voor alle vier benthos soorten, rechts voor de categorie ensis en som van overige categorieën)

3.2 Ruimtelijke correlatie van zee-eend data

Uit eerdere statistische analyses (Prins *et al.* 2014, deel B Zuur & Ieno, 2015) is gebleken dat er ruimtelijke correlatie in de data aanwezig is en dat daar rekening mee moet worden gehouden bij statistische modellering.

In een deel-analyse is uitgezocht of deze aanname correct is. Ruimtelijke correlatie van geaggregeerde data kan worden beschreven met de Moran's I (Cliff and Ord, 1973). Deze methode beschrijft de ruimtelijke correlatie van variabelen op één locatie met die op locaties in de 'omgeving'. In deze specifieke analyse worden (per benthos-gridcel geaggregeerde) waarden vergeleken met de geaggregeerde waarden van directe buurcellen (1^e orde) en met de buurcellen daar weer van (2^e orde) en zo verder.



Figuur 3.5. Moran's I van geaggregeerde zee-eend data. Op de x-as staan de 'lags' (lag 1 zijn 1^e orde buurcellen, lag 2 zijn 1e en 2e orde buurcellen etc.)

In figuur 3.5 is te zien dat in de geaggregeerde zwarte zee-eend data in alle jaren ruimtelijke correlatie te zien is, in (elk) geval in de eerste 2e-3e orde buurcellen. De Moran's I is significant afwijkend van 0. Voor sommige jaren (2011, 2012 en 2013) lijkt die correlatie zich over een groter gebied (>3e ordes buurcellen) te manifesteren. Vergelijkbare analyses zijn gedaan voor voedsel (benthos) bodemstroomsnelheid(dynamiek) en verstoring door scheepvaart (zie Bijlage 2).

3.3 Model keuzes

In deze studie is een statistisch model gebouwd waarin rekening werd gehouden met de volgende eigenschappen (met aanvullingen gebaseerd op hoofdstuk 4.6 in Prins *et al.*, 2014, deel B):

- De respons variabele (seizoensom eenden per benthosgrid) is extreem scheef verdeeld en bevat verhoudingsgewijs veel nullen. In de modellering wordt gebruik gemaakt van '*negative binomial*' (**NB**) of '*zero-inflation poisson*' (**ZIP**) of een combinatie van de twee ('*negative-binomial zero-inflation poisson*' (**ZINB**)) verdelingskenmerken om dit op te lossen.
- Ruimtelijke correlatie is aantoonbaar aanwezig bij respons en verklarende variabelen. Hiervoor wordt gecorrigeerd.
- Tijd is als 'factor' in het model gestopt om zo veel mogelijk te corrigeren voor verschillen tussen jaren.

Uit analyse van verklarende variabelen blijkt dat voedsel gedomineerd wordt door *Ensis* en dat de overige voedsel bronnen (*Abra*, *Limecola* en *Spisula*) erg verspreid in tijd en ruimte voorkomen (zie kaarten in Bijlage 1). Op basis hiervan is er daarom gekozen om voedsel ook op te splitsen in twee groepen: som_Ensis en de som_overig voedsel.

In de categorieën van verstoring door scheepvaart zit een tijdseffect. Recreatievaartuigen worden vrijwel alleen in de maanden april/mei geregistreerd en niet in de overige maanden (zie Bijlage 1). Visserij treedt het meest in het najaar op waarbij het vooral garnalenvisserij betreft. Een nadere analyse laat zien dat de verdeling van overige vaartuigen, vrachtvaartuigen en recreatievaartuigen in de tijd overeenkomt. Er is daarom gekozen om verstoring in deze categorieën samen te voegen en bij de analyse deze twee categorieën verstoring te gebruiken: verstoring_visserij en verstoring_overig.

Door meerdere metingen aan dezelfde (ruimtelijk) eenheid (in deze analyse zijn dat de benthos gridcellen) over meerdere seizoenen zijn deze metingen niet onafhankelijk. Dit kan worden opgelost met behulp van een random effect model.

Random effect modellen voegen een (random verdeelde) variabele toe aan de intercept van het model waarbij de hoogte van het effect verschilt per 'groep'. Random effecten kunnen ongecorrleerd (**IID**), ruimtelijk gecorrleerd ('**BESAG**') of temporeel gecorrleerd ("**RW1**", "**AR1**") worden geschat (zie Bijlage 2&3).

In Bijlage 3 is nog een extra deelanalyse naar temporele trends in verklarende variabelen uitgevoerd. Deze analyses laten zien dat er geen temporele autocorrelatie is.

Gebaseerd op deze voorlopige verkenning is in deze analyse het volgende statistische model geformuleerd en getoetst:

Model (N is seizoen som zwarte zee-eenden per benthos grid cel)

$$N \sim \text{intercept} + \text{Food_Ensis} + \text{Food_rest} + \\ \text{Disturbance_rest} + \text{Disturbance_visserij} + \\ \text{Diepte} + \\ \text{jaar_factor} + \\ \text{spatial_random_effect}$$

Tabel 3.1 Summary-statistics (WAIC) van vier beste modellen. WAIC is voor Bayesian modellen wat AIC is voor GLM. Een model met een lagere WAIC waarde fit de data beter dan een model met een hogere WAIC.

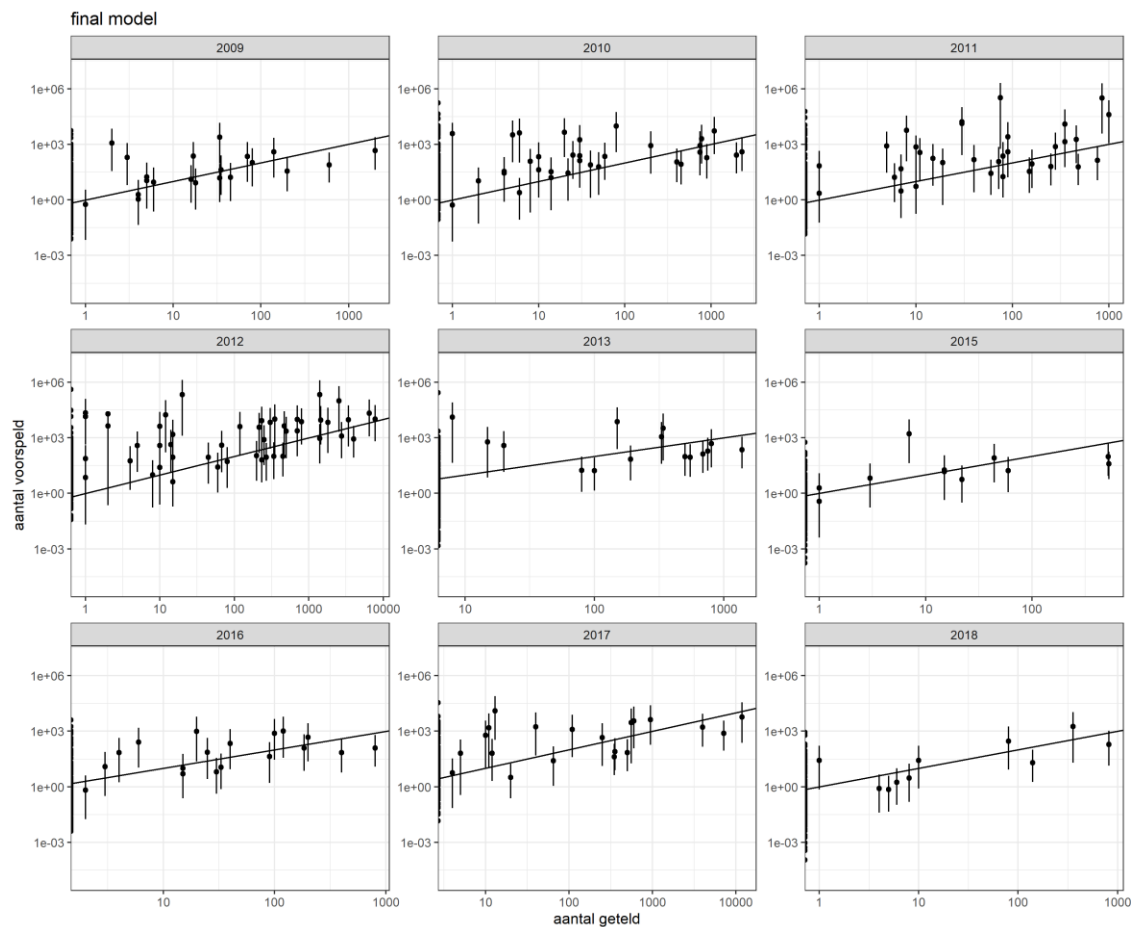
	Model	Verklarende factoren	WAIC
1	NB spatial	Seizoen+ Diepte+ voedselEnsis + voedselRest + Verstoring_visserij + verstoring_rest + spatial(regio.id)	3553.622
2	NB spatial	Seizoen + Diepte + voedselEnsis + voedselRest + verstoring_visserij + verstoring_rest + verstoring_visserij * voedselEnsis + spatial(regio.id)	3554.951
3	NB spatial	Seizoen + Diepte + voedselAbra + voedselEnsis + voedselLimecola + voedselSpisula + verstoring_onbekend + verstoring_vracht_en_veer + verstoring_visserij + verstoring_recreatie + spatial(regio.id)	3555.242
4	NB spatial	Seizoen+ Diepte+ voedselEnsis + voedselRest + verstoring_onbekend + verstoring_vracht_en_veer + verstoring_visserij + verstoring_recreatie + spatial(regio.id)	3555.598

Een model gebaseerd op een 'negative binomial' (NB) verdeling, met Seizoen als factor en Diepte, voedsel en verstoring als fixed effect en een ruimtelijk gecorreleerd random effect geeft de beste fit (model1, tabel 3.1). Verschillende varianten met combinaties van verklarende factoren zijn getoetst (som voedsel, som verstoring, voedsel per benthos, verstoring per bron), maar deze hadden allemaal een slechtere fit dan de hier getoonde top 4 modellen.

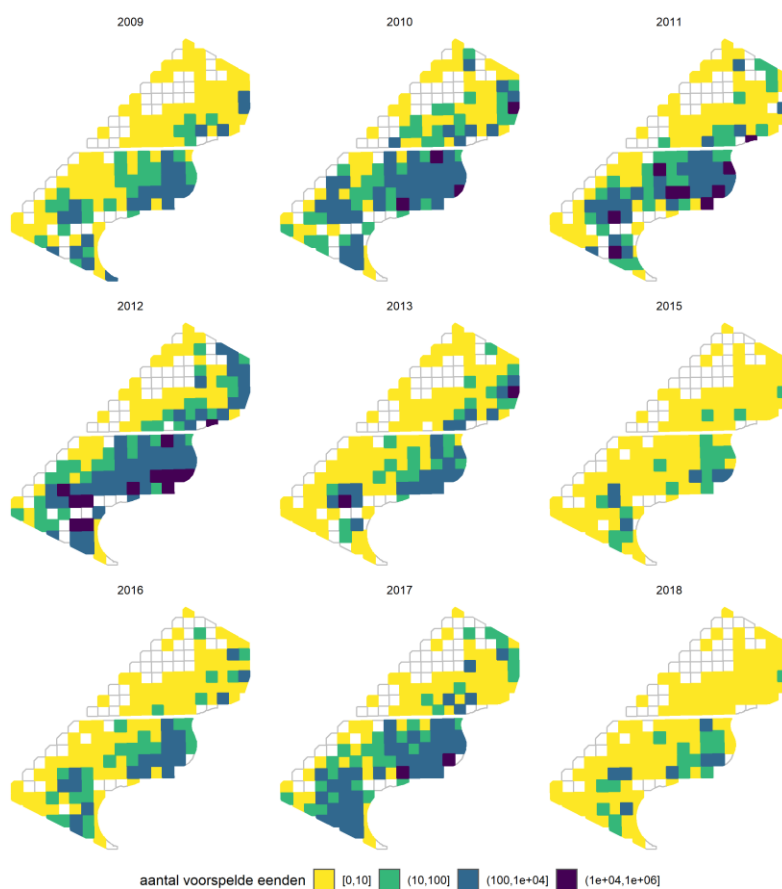
Met het best fittende model (1 in tabel 3.1) zijn nog deelanalyses uitgevoerd om de interactie tussen som Ensis, diepte en verstoring te onderzoeken. Deze deelanalyse leverde alleen model 2, met een interactie voor som Ensis * verstoring_visserij, als extra goed fittend, model op.

4 Resultaten analyse

Het hoge aantal nullen in de response data blijft een punt van aandacht in deze statistische analyse. Ondanks alle mogelijkheden (random effect, negbinomial verdeling van respons etc.) is de voorspelling op plekken waar geen eenden zijn gezien, lastig (figuur 4.1 en 4.2). Op de plekken waar wel eenden zitten, komen de getelde eenden goed overeen met het voorspelde aantal.



Figuur 4.1 Predicties versus gemeten aantal zee-eenden voor de jaren 2009-2018.

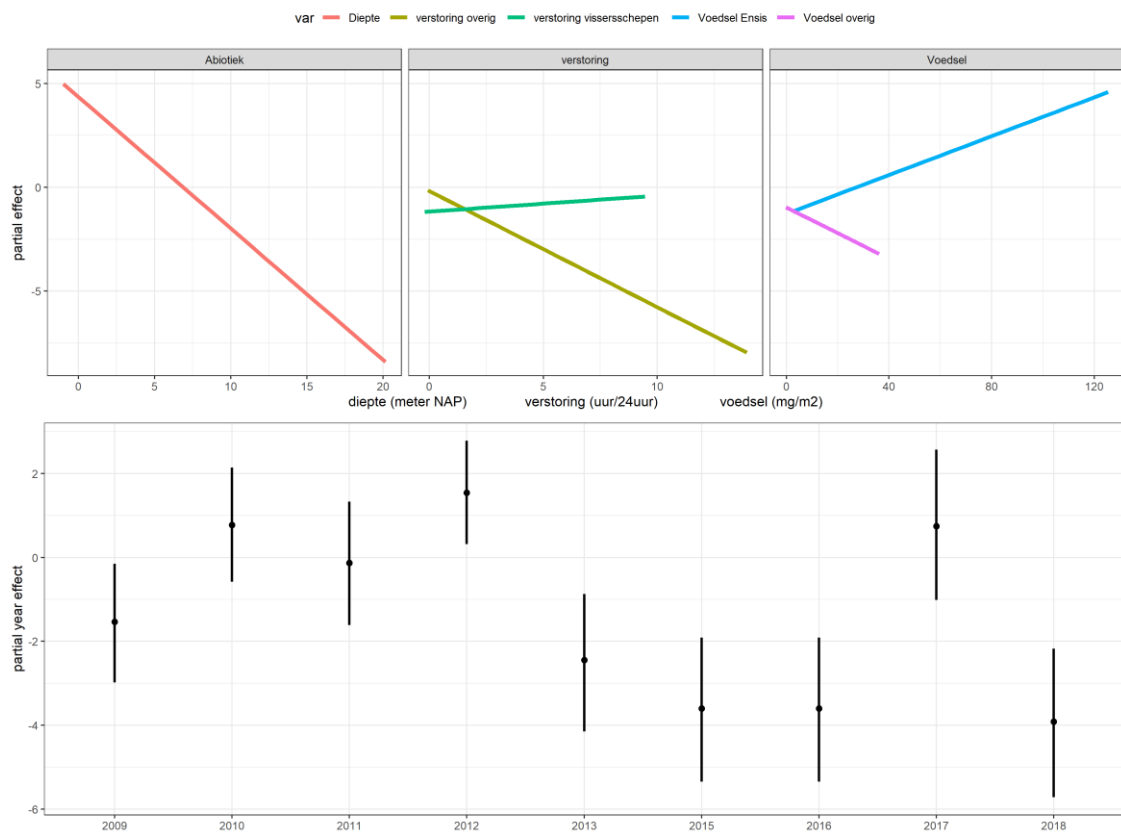


Figuur 4.2 Ruimtelijke predicties van best fittende model.

4.1 Partiële effecten

De statistische analyse bevestigt het positieve effect van exploiteerbaar voedsel en het negatieve effect van diepte en verstoring op het voorkomen van zwarte zee-eenden in de Voordelta (figuur 4.3). In de periode 2009-2018 is een temporele, negatieve trend in aantallen zee-eenden te zien, met in de laatste vijf jaar de vier laagste jaarwaarden van de reeks (figuur 4.3).

Partiële effecten zijn berekend door per variabele over het gehele bereik aan mogelijke waarden (in 25 stappen) het aantal eenden te voorspellen terwijl de overige variabelen op een (gemiddelde) waarde zijn gezet. De richting en helling van het partiële effect geeft dan het relatieve belang van die variabele aan.



Figuur 4.3 Partiële effecten van diepte, verstoring door vissersschepen, verstoring door overige schepen, voedsel Ensis, en voedsel overig.

Uit figuur 4.3 kan worden afgeleid dat diepte een negatief effect heeft op het aantal (voorspelde) zee-eenden: hoe dieper des te minder eenden. Verstoring door overig vaarverkeer heeft een negatief effect op het aantal zee-eenden. De hoeveelheid beschikbaar voedsel (Ensis) heeft een positief effect op het aantal zee-eenden.

Op basis van de partiële effecten bepaalt diepte sterk de verspreiding. Voedsel en verstoring zijn even belangrijk in het voorspellen van de aantallen zee-eenden. Het gaat hierbij echter om een zichtbaar effect als de overige variabelen niet variëren, maar een gemiddelde waarde hebben.

De relatieve effecten van 'verstoring visserij' en 'voedsel overig' zijn lastig te duiden. Allebei de categorieën hebben een neutraal effect op aantallen zee-eenden.



Figuur 4.4 Ruimtelijke verdeling van de random effecten van het best fittende model

Het ruimtelijk patroon van het random effect is te interpreteren als een (ruimtelijk gecorreleerde, random) toevoeging aan het model dat de voorspelling verbetert. Er zijn aaneengesloten clusters van rastercellen waar het effect positief dan wel negatief is (fig. 4.4).

Dit patroon is ook te interpreteren als het patroon van een nog onbekende variabele die (na correctie van diepte, verstoring en voedsel) de voorspelling kan verbeteren. Het feit dat er een patroon in zit (en dat dat patroon niet 'random' is) is een aanwijzing dat er een variabele 'mist'. Een missende verklarende variabele voor de verspreiding van Zwarte zee-eenden kan bijv. het dag-nacht ritme zijn. Zwarte zee-eenden kunnen 's nachts op andere locaties foerageren dan waar ze overdag geteld worden waardoor de correlatie met voedsel anders is. Ook kunnen verstoorde vogels tijdelijk op plekken voorkomen waar ze na een verstoring alleen maar rusten of rondzwemmen in plaats van foerageren.

5 Conclusies en discussie

Een update van de statistische analyse van de ruimtelijke verspreiding van zwarte zee-eenden in de Voordelta (Prins et al., 2014) levert in grote lijnen dezelfde resultaten op:

Diepte

Het effect van diepte en verstoring op het aantal zee-eenden is negatief en het effect van voedsel op het aantal zee-eenden is positief. Het grootste deel van de zwarte zee-eenden in de Voordelta komt voor bij dieptes van 2-10 meter (fig. 3.2). Dit komt overeen met Prins et al. (2014) en Zuur et al. (2014). Dit komt ook overeen met waarnemingen in de Belgische en Hollandse kustzone, maar in het kustwater ten noorden van de Waddeneilanden worden de meeste zwarte zee-eenden op dieper water tot 5-15 m diepte aangetroffen (fig. 4.41 in Prins et al. 2014).

Voedsel

Op basis van eerdere analyse was het niet mogelijk duidelijkheid te geven over de bijdrage van de verschillende schelpdiersoorten aan het voedselaanbod in de Voordelta. De berekeningen met het habitatmodel destijds zijn dan ook uitgevoerd met de totale biomassa aan geschikt voedsel, zonder de verschillende soorten apart te beschouwen. In voorliggende studie is dit wel gebeurd. De biomassa van *Ensis* is een belangrijke voorspeller voor het aantal zee-eenden. Hoewel *Spisula* en mogelijk ook *Abra* een belangrijke voedselbron vormen voor zwarte zee-eenden, is *Ensis* de prooi in de Voordelta die de verspreiding van de zwarte zee-eenden het beste verklaart over de periode 2009-2018. Er wordt aangenomen dat *Ensis* (Amerikaanse zwaardschede) minder geschikt is als voedsel voor de zwarte zee-eend (o.a. Prins et al. 2014), maar doordat de soort vrijwel overal en in grote hoeveelheden voorkomt door de jaren heen, verklaart het mogelijk de verspreiding van zee-eenden beter dan andere benthosoorten. Mogelijk speelt hierbij ook het effect van verstoringincidenten tijdens de tellingen een rol. Wanneer groepen zee-eenden verstoord worden, kunnen ze tijdelijk op plekken terecht komen waar soms geen voedsel aanwezig is of op plekken waar met een relatief grote kans *Ensis* beschikbaar is en vervolgens daar geregistreerd worden. Dit zou potentieel voor een vertroebeling van de relatie tussen zee-eenden en voedsel kunnen zorgen.

Verstoring door visserij en overig vaarverkeer

De concentraties van zwarte zee-eenden komen vooral voor in die gebieden waar de verstoring door scheepvaart gering is. Uit de statistische analyse komt naar voren dat er een sterk negatief verband lijkt te zijn tussen verstoring door scheepvaart (d.w.z. vrachtaartuigen, recreatievaartuigen en overige vaartuigen) en aantallen zee-eenden (fig. 3.3.). Dit komt overeen met Zuur et al., (2014). In voorliggende analyse lijkt verstoring door vissersschepen een neutraal effect te hebben. Zeker gezien de toename van de garnalenvisserij in de Voordelta en de sterke correlatie tussen alle scheepstypen en visserij (fig.3.1), is dit een onverwachte uitkomst. Als we vervolgens kijken naar de relaties tussen zee-eenden aantallen en verstoringintensiteit op jaarbasis in figuur B1.8 in de bijlagen, dan zien we dat de positieve relaties tussen visserij en zee-eenden aantallen gebaseerd zijn op de seizoenen 2017 en 2018. In de laatste drie seizoenen (2016, 2017, 2018) bereikte de visserij de ruimste verspreiding en de hoogste intensiteit. Maar in die laatste twee seizoenen zijn er ook kortstondig in het voorjaar grote groepen van enkele duizenden zee-eenden waargenomen, die op plekken met grote *Spisula* hoeveelheden foerageerden. Door deze waarnemingen, die beperkt in aantal zijn (respectievelijk 2 en 5 waarnemingen in het gebied met veel garnalenvisserij), kan er een vertekenend beeld zijn ontstaan. Waarnemingen kunnen gedaan zijn op het moment dat er toevallig geen vissersschepen of andere schepen in de buurt waren. Een ander aspect waar

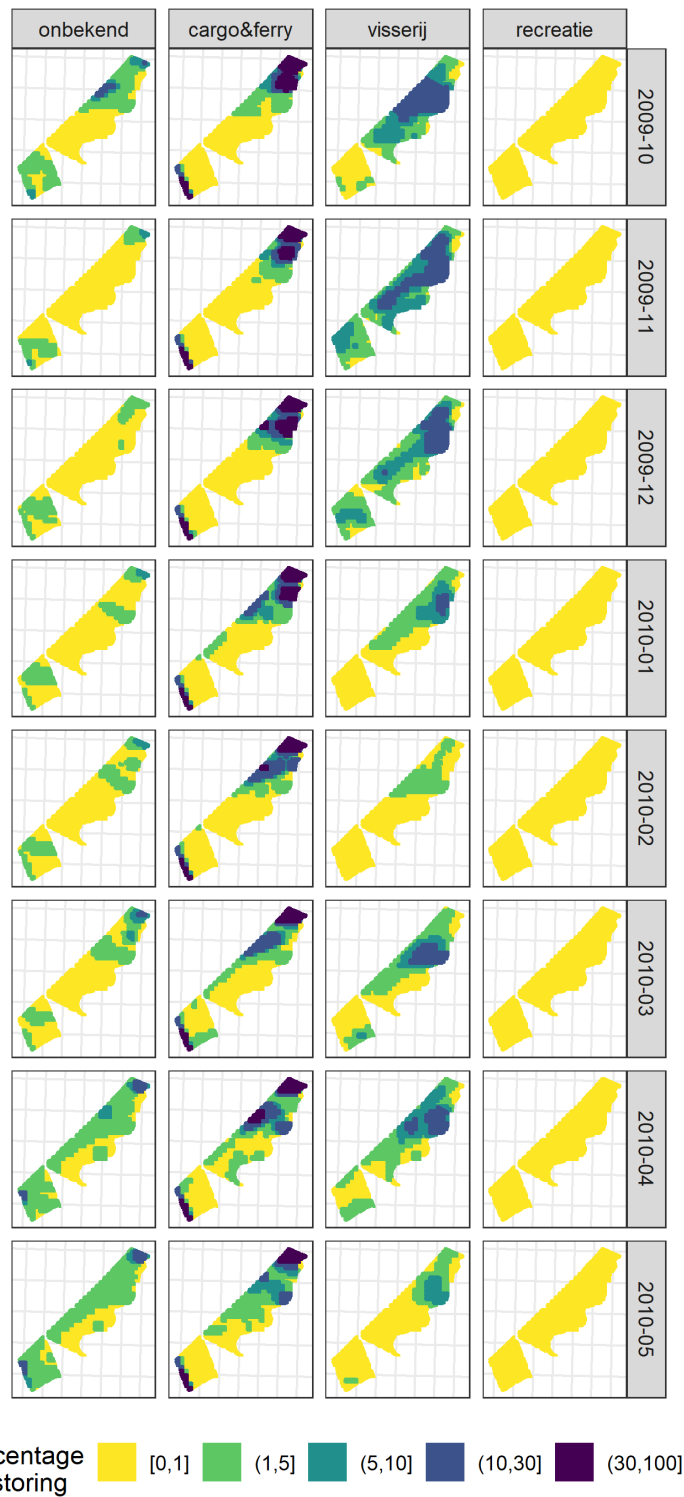
rekening mee gehouden moet worden bij de interpretatie van voorliggende analyses is dat er temporele patronen binnen het jaar niet meegenomen zijn. Zo vond de meeste visserij voor 2016 vooral in het najaar plaats. Dit betekent dat in de vroegere seizoenen zee-eenden later in het winterhalfjaar en voorjaar alsnog op die intensief beviste plekken relatief ongestoord voedsel konden vinden. Dit kan in onze analyse met gesommeerde aantallen zee-eenden en gesommeerde verstoring binnen het seizoen dan tot een 'artificiële' positieve relatie leiden, door de temporele mismatch in voorkomen van zee-eenden in voorjaar en visserij in najaar.

Om een en ander te illustreren verwijzen we naar figuren 5.1 en 5.2 waar voor respectievelijk het seizoen 2009 en 2018 per maand het ruimtelijk patroon van verstoring per scheepstype wordt gepresenteerd. In 2009 is het reguliere patroon van de garnalenvisserij zichtbaar, waarbij de meeste activiteit in het najaar plaatsvindt. In seizoen 2018 is het ruimtebeslag veel wijder verspreid waarbij er een aantal concentratieplekken zichtbaar zijn, zoals voor de kust van Schouwen. Veldwaarnemingen hebben hier uitgewezen dat hier zowel garnalen- als schelpdiervisserij plaatsvond, maar nu is dat dus niet te onderscheiden. Een complicerende factor hierbij is dat er mogelijk ook in toenemende mate schelpdiervisserij plaatsvindt in de Voordelta (zie ook Van der Zee *et al.* 2020), maar dit onderscheid is niet te maken binnen de AIS-data.

Factoren in samenhang

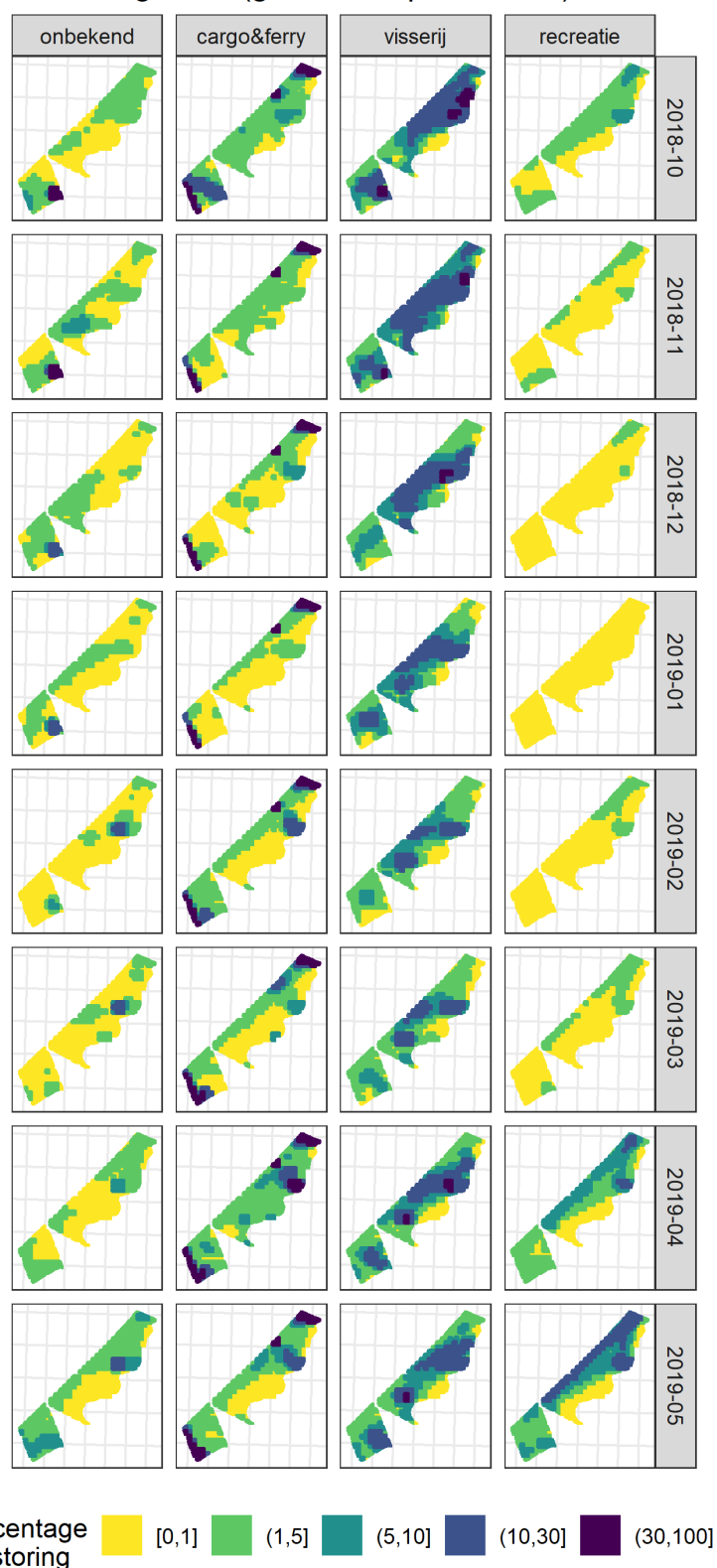
Voorliggende analyses voeren extra bewijs dat voedselaanbod, diepte, en verstoring door scheepvaart de factoren zijn die van invloed lijken te zijn op de verspreiding van de zwarte zee-eend in de Voordelta. Met deze analyses wordt echter alleen een gemiddeld jaarbeeld van de ruimtelijke verspreiding van zwarte zee-eenden in relatie tot omgevingsfactoren gegeven (cf. Leopold *et al.*, 2013). Het model beschrijft dus de aantallen en verspreiding van zwarte zee-eenden op een langere tijdschaal en zegt niets over directe of relatief kortdurende effecten, zoals lokale uitputting van voedsel of de verplaatsing van zwarte zee-eenden als reactie op passerende schepen.

verstoring 2009 (gemiddeld per maand)



Figuur 5.1 Ruimtelijke verdeling van verstoring per scheepstype per maand in seizoen 2009.

verstoring 2018 (gemiddeld per maand)



Figuur 5.1 Ruimtelijke verdeling van verstoring per scheepstype per maand in seizoen 2018.

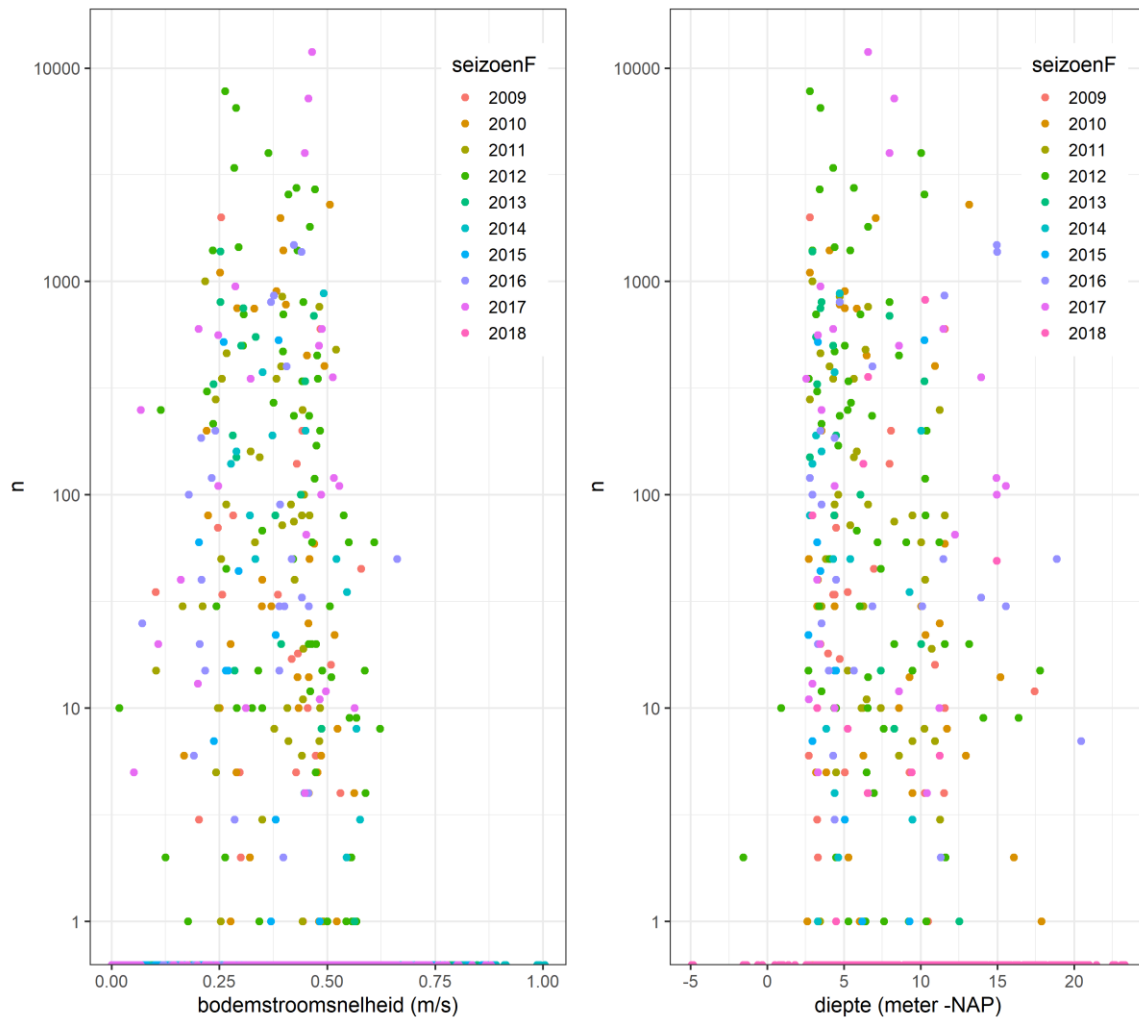
6 Referenties

- Cliff, A., Ord, J.K., 1973. Spatial autocorrelation, Monographs in spatial and environmental systems analysis. Pion, London.
- Getis, A., 1995. Cliff, A.D. and Ord, J.K. 1973: Spatial autocorrelation. London: Pion. Progress in Human Geography 19, 245–249. <https://doi.org/10.1177/030913259501900205>
- Leopold, M.F., van Bemmelen, R., Perdon, J., Poot, M., Heunks, C., Beuker, D., Jonkvorst, R.J., de Jong, J., 2013. Zwarte Zee-eenden in de Noordzeekustzone benoorden de Wadden: verspreiding en aantallen in relatie tot voedsel en verstoring 48.
- Prins, T.C., van der Kolff, G.H., Boon, A.R., Reinders, J., e.a, 2014. PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta.
- Tulp, I., Prins, T.C., Craeymeersch, J.A.M., IJff, S. , and van der Sluis, M.T.2018. Syntheserapport PMR NCV. Rapportnummer C014/18. Wageningen Marine Research
- van Horssen, P.W., van der Zee, E., Poot, M.J.M., 2018. PMR-NCV monitoring Zwarte zee-eenden Voordelta verstoring.
- van der Zee, E., van Horssen, P.W., Poot, M., de Jong, R. 2020. PMR NCV monitoring zwarte zee-eenden Voordelta. Jaarrapport 2018-2019. A&W-rapport 2526zze.5. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., 2015. Analysis of PMR monitoring data – 59.
- Zuur, A.F., van Horssen, P.W., Ieno, E.N., Saveliev, A.A., Poot, M.J.M., 2014. chapter 11 zero-inflated and spatial correlated Common Scoter data, in: A Beginner's Guide to Generalized Additive Mixed Models with R. Highland Statistics Ltd.

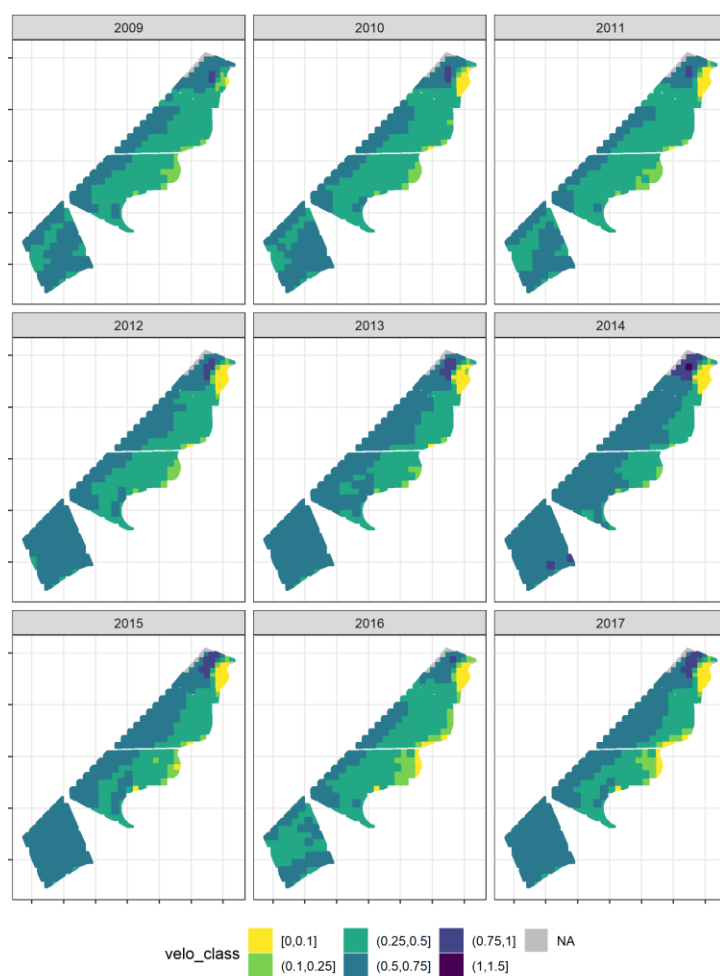
Bijlage 1 Data exploratie

Abiotiek

Gemiddelde waarden per benthos gridcell/ per seizoen. Dit is weergegeven voor alleen de dagen met tellingen.

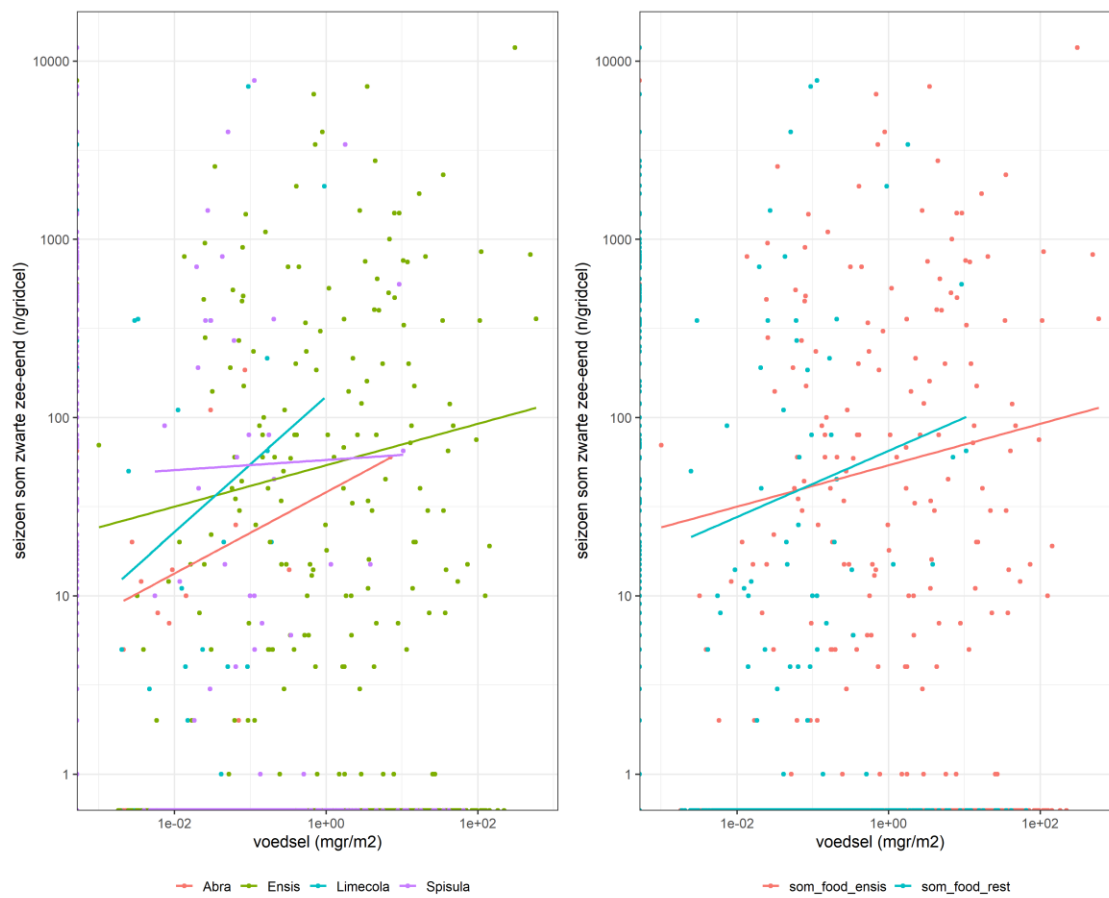


Figuur B1.1 Aantal zee-eenden per bodemstroomsnelheid en diepte. Data van 2018 ontbreekt bij bodemstroomsnelheid.

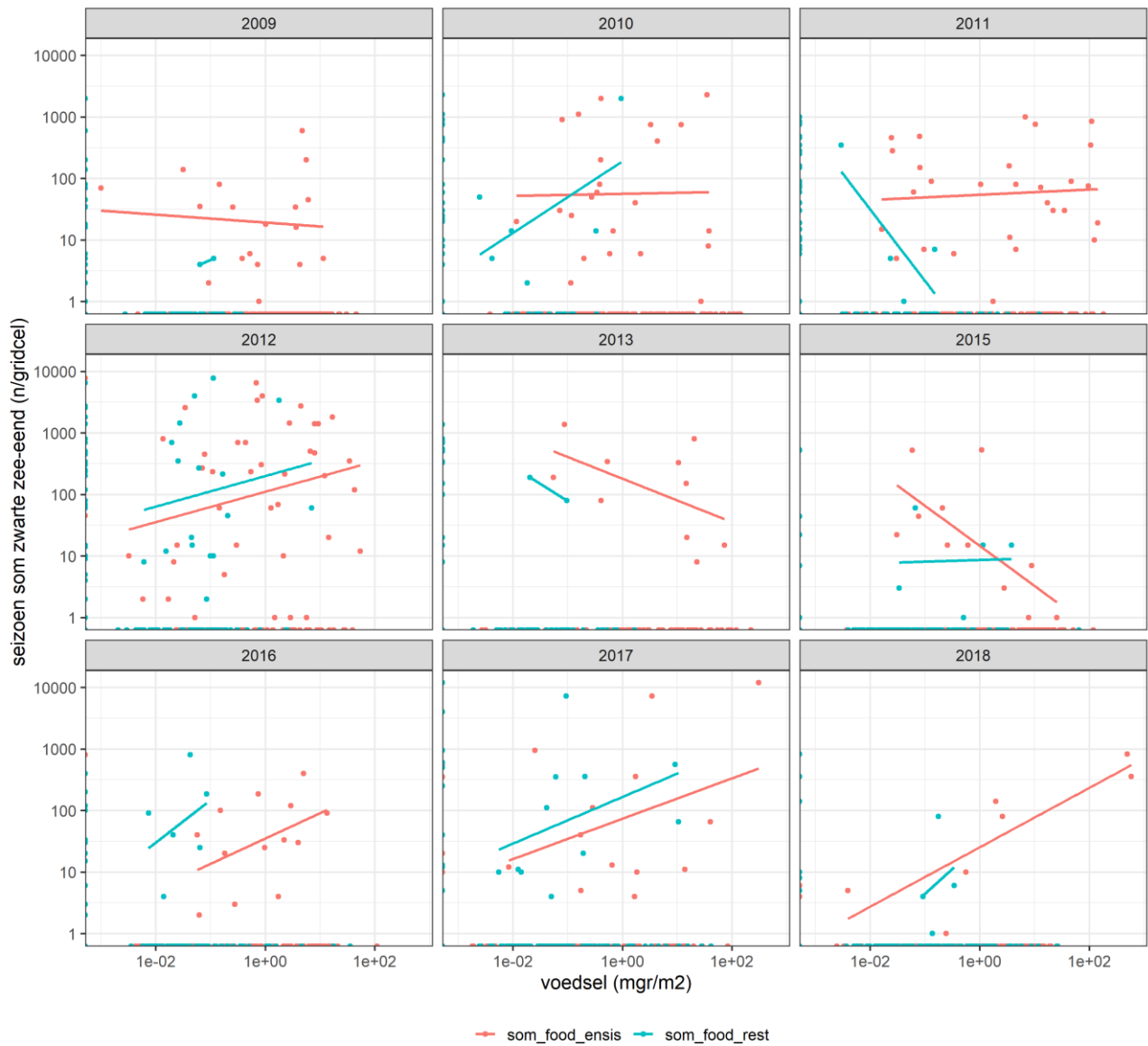


Figuur B1.2 Ruimtelijk patroon bodemstroomsnelheid per jaar

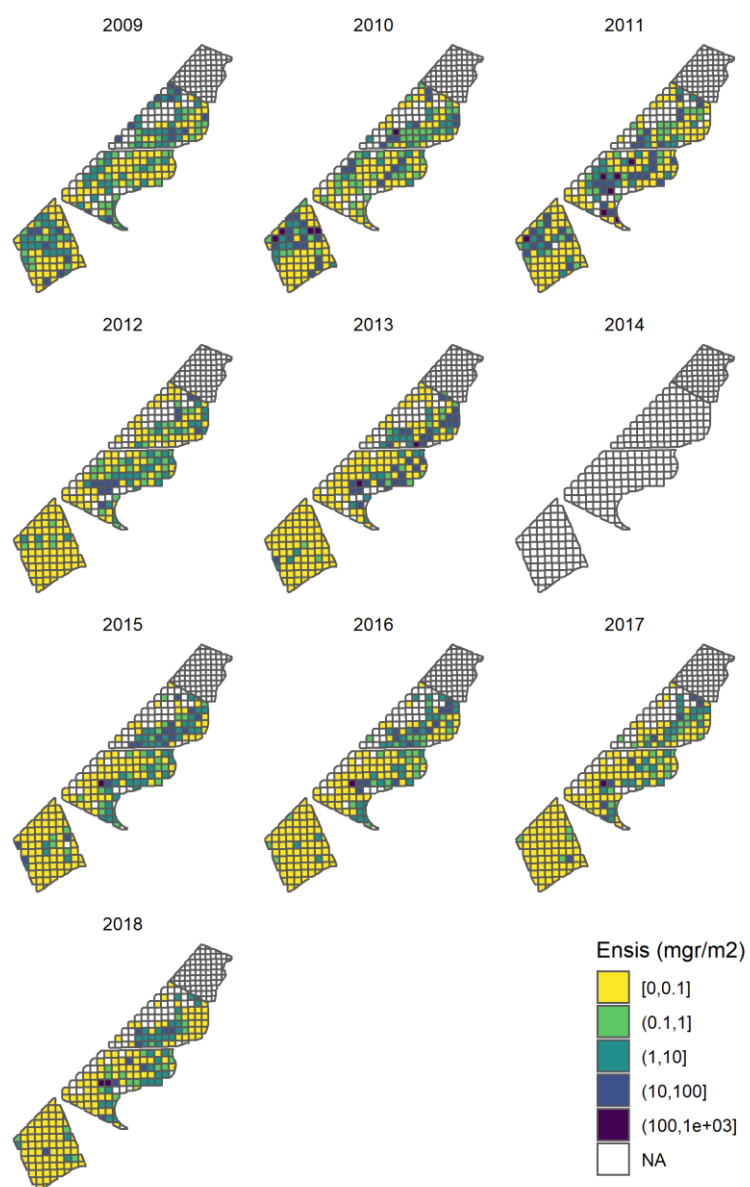
Voedsel



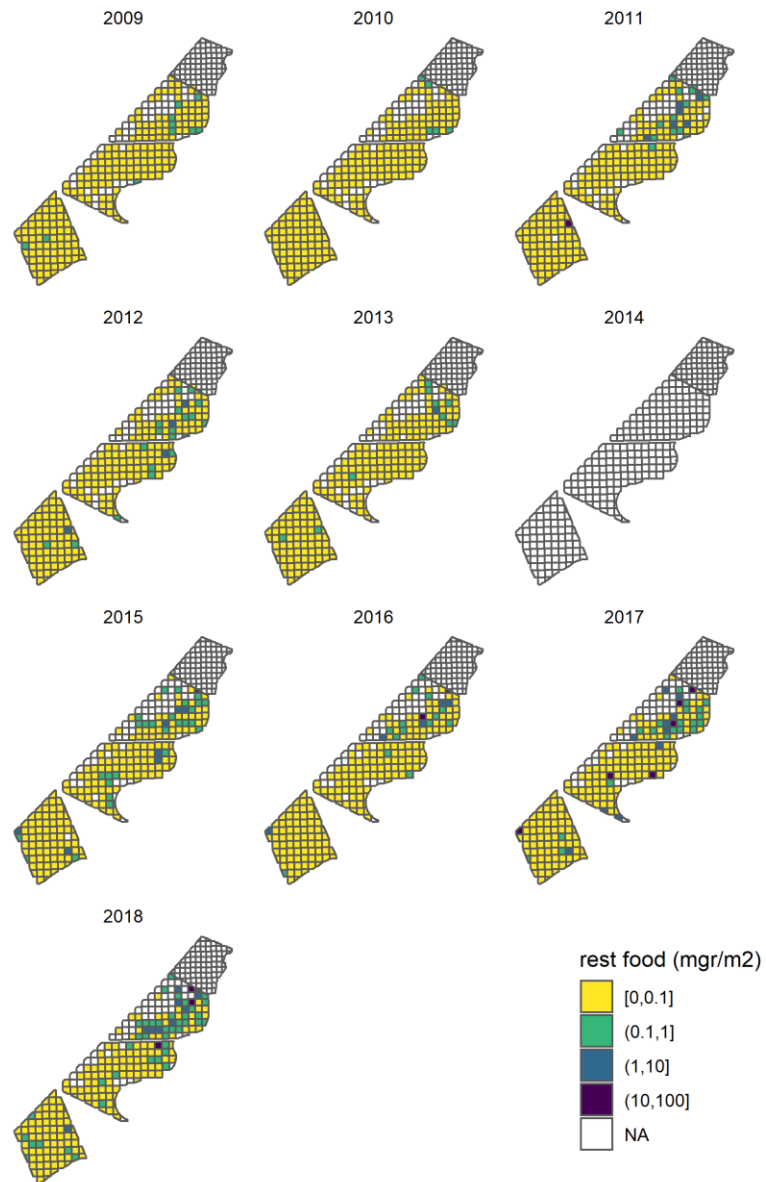
Figuur B1.3 Zee-eend voedsel per benthos soort (links) en gegroepeerd (som Ensis en som overige soorten)



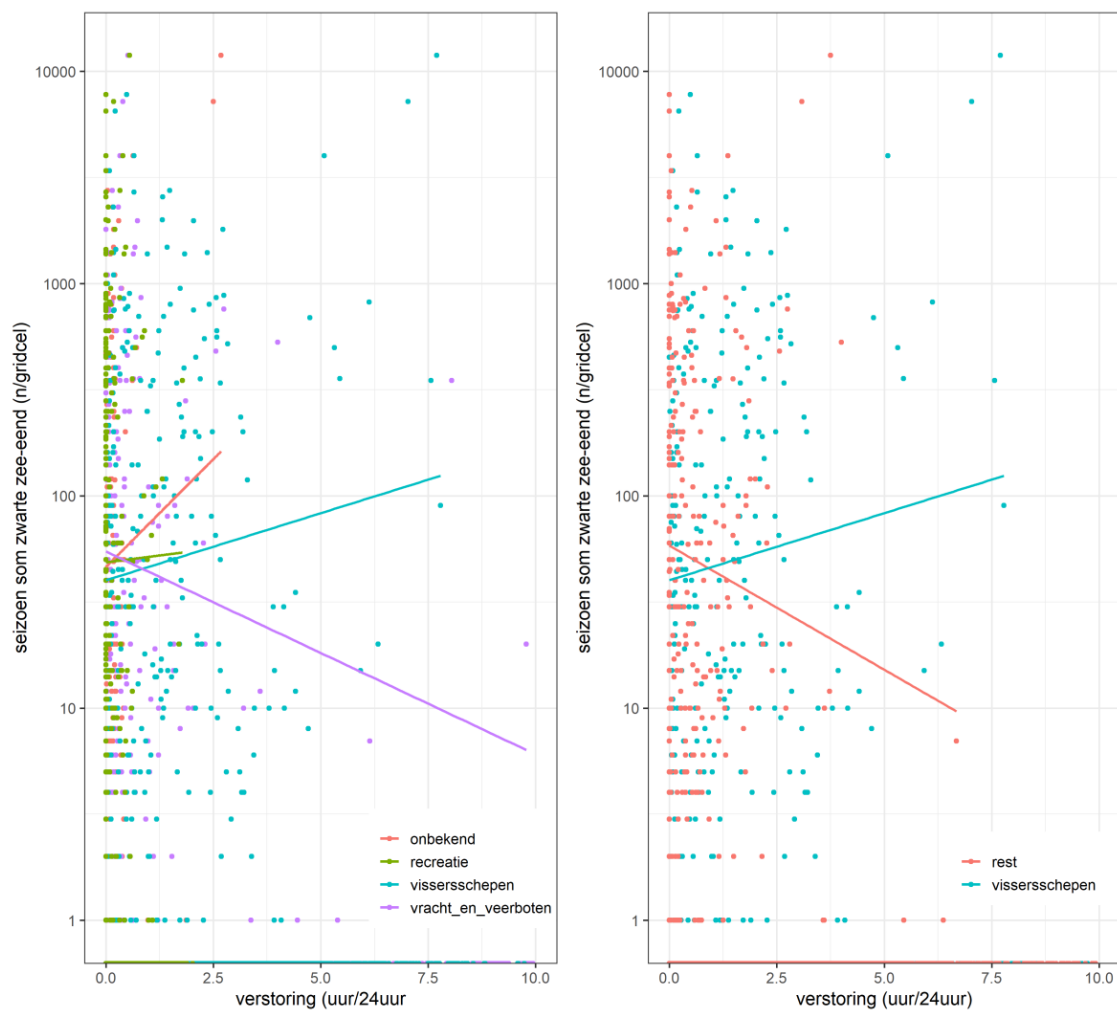
Figuur B1.4 Zee-eend voedsel per benthos gegroepeerd (som Ensis en som overige soorten) per seizoen.



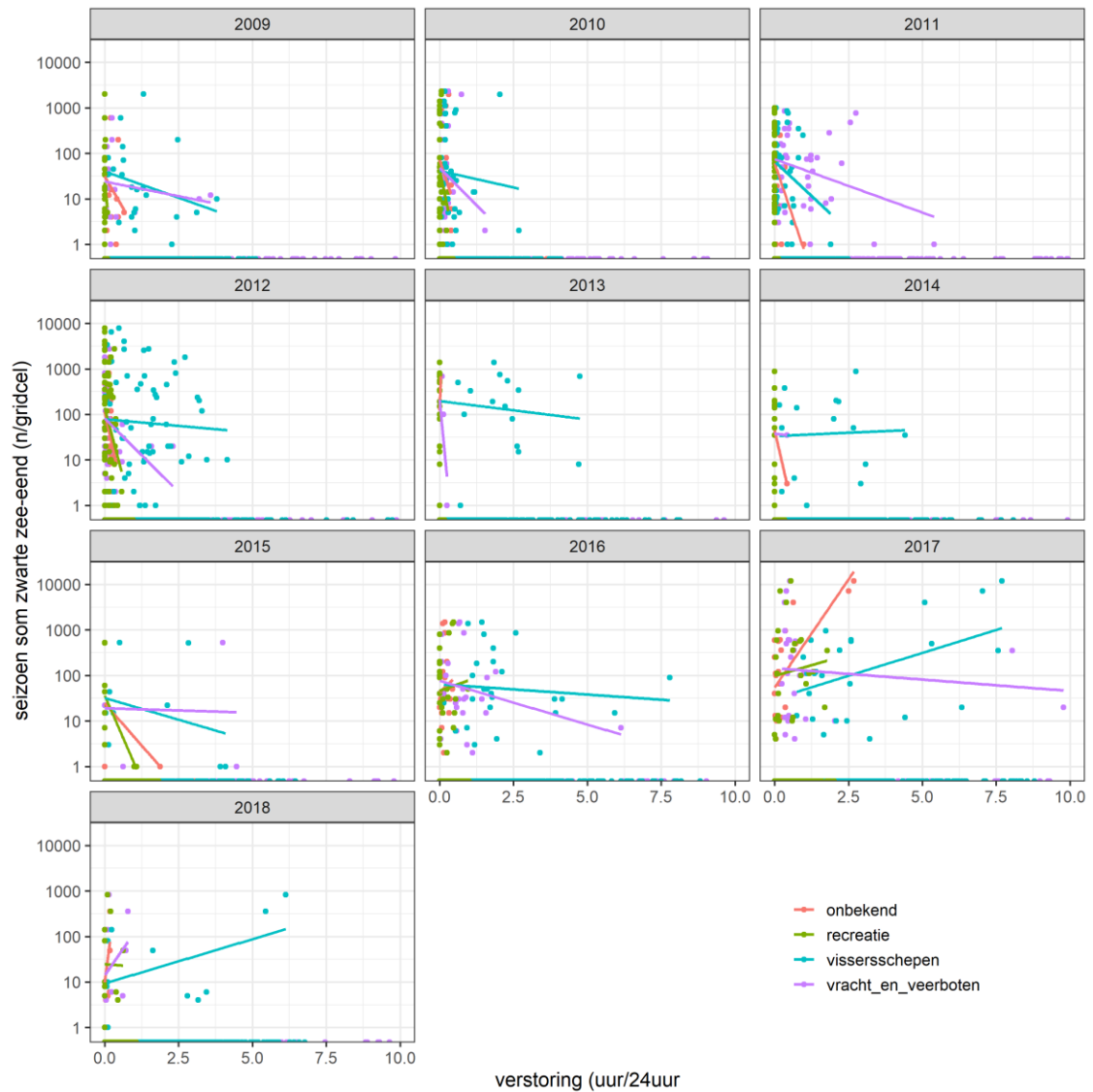
Figuur B1.5 Ruimtelijk patroon van het zee-eenden voedsel per benthosgridcel gegroepeerd (som Ensis) per seizoen.



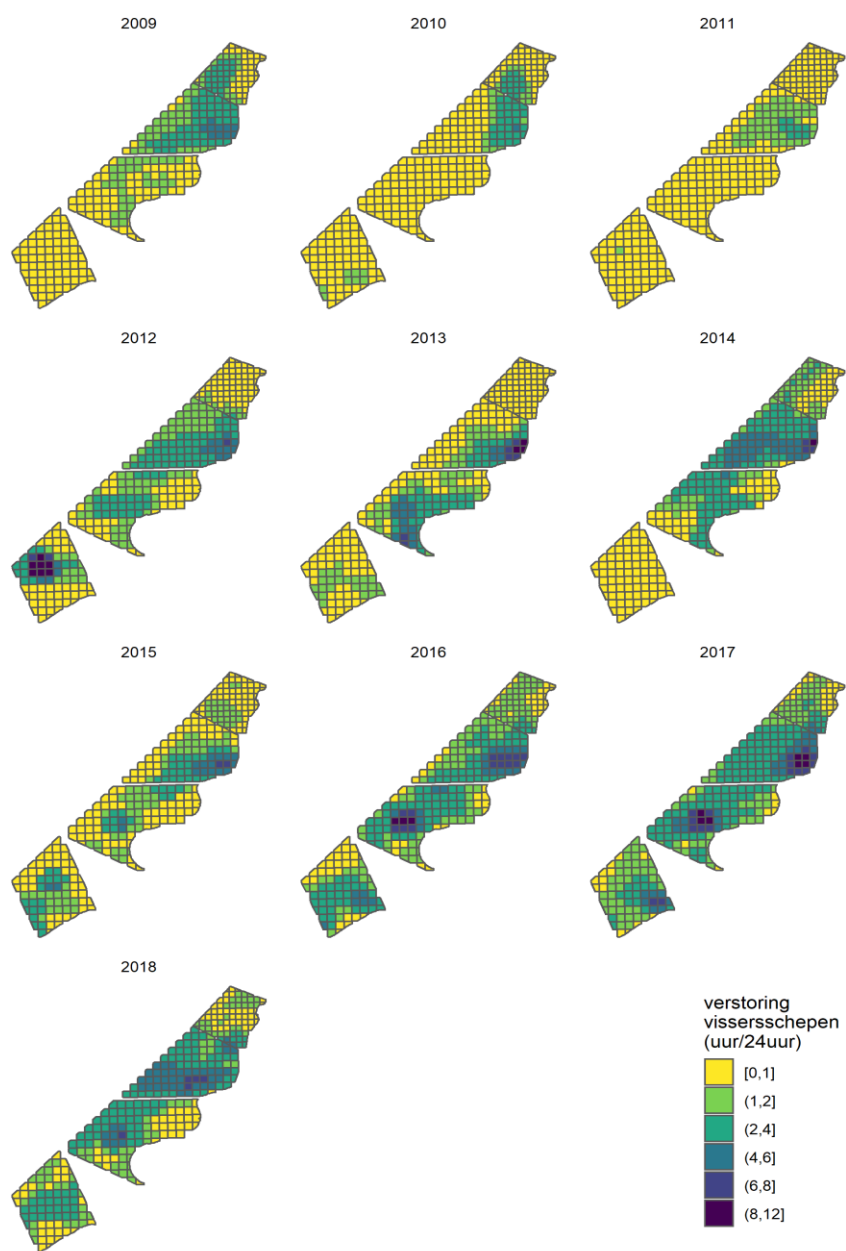
Figuur B1.6 Ruimtelijk patroon van het zee-eenden voedsel per benthosgridcel (som overige soorten) per seizoen.

Verstoring

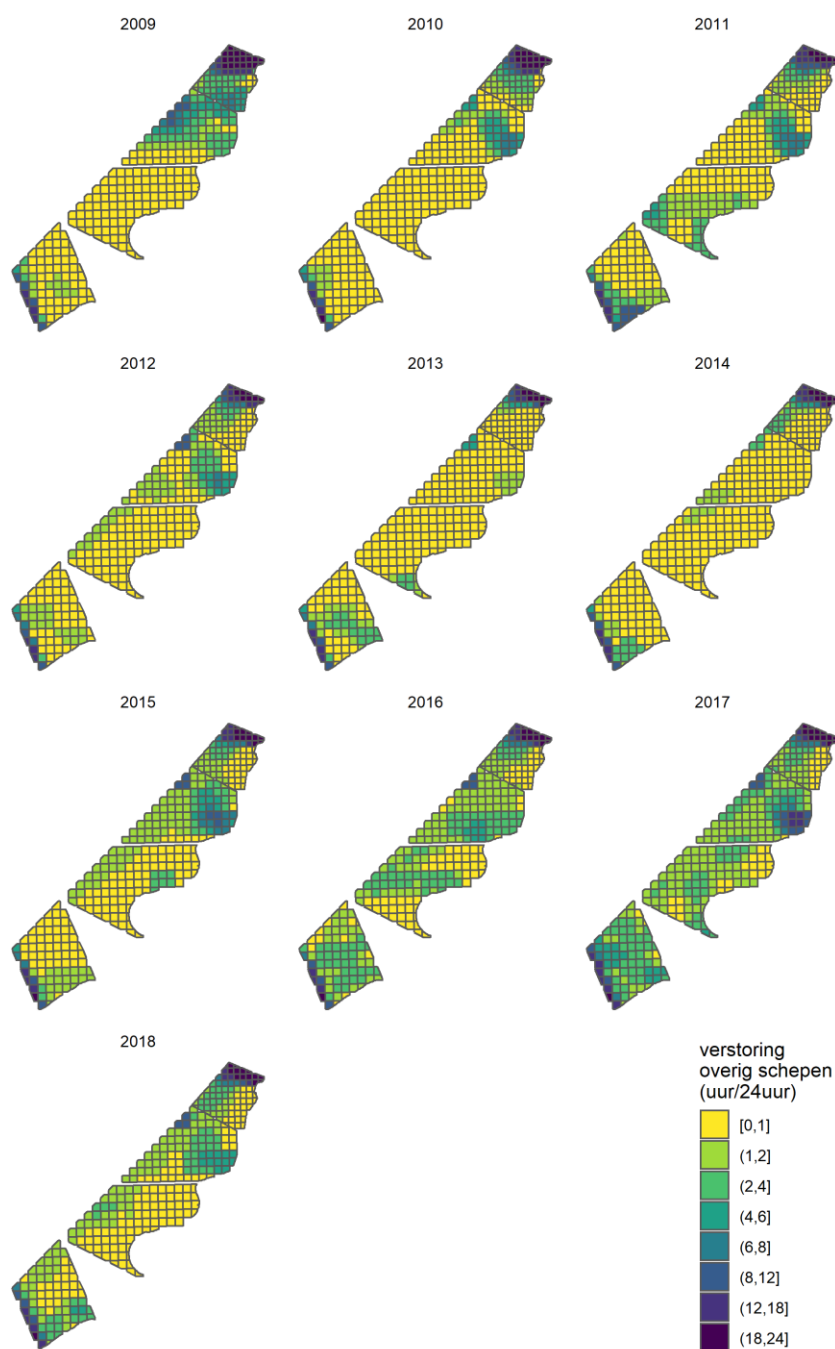
Figuur B1.7 Verstoring (gebaseerd op AIS-data) per type verstoringbron (links) en gegroepeerd (vissersschepen en de som van de overige schepen)



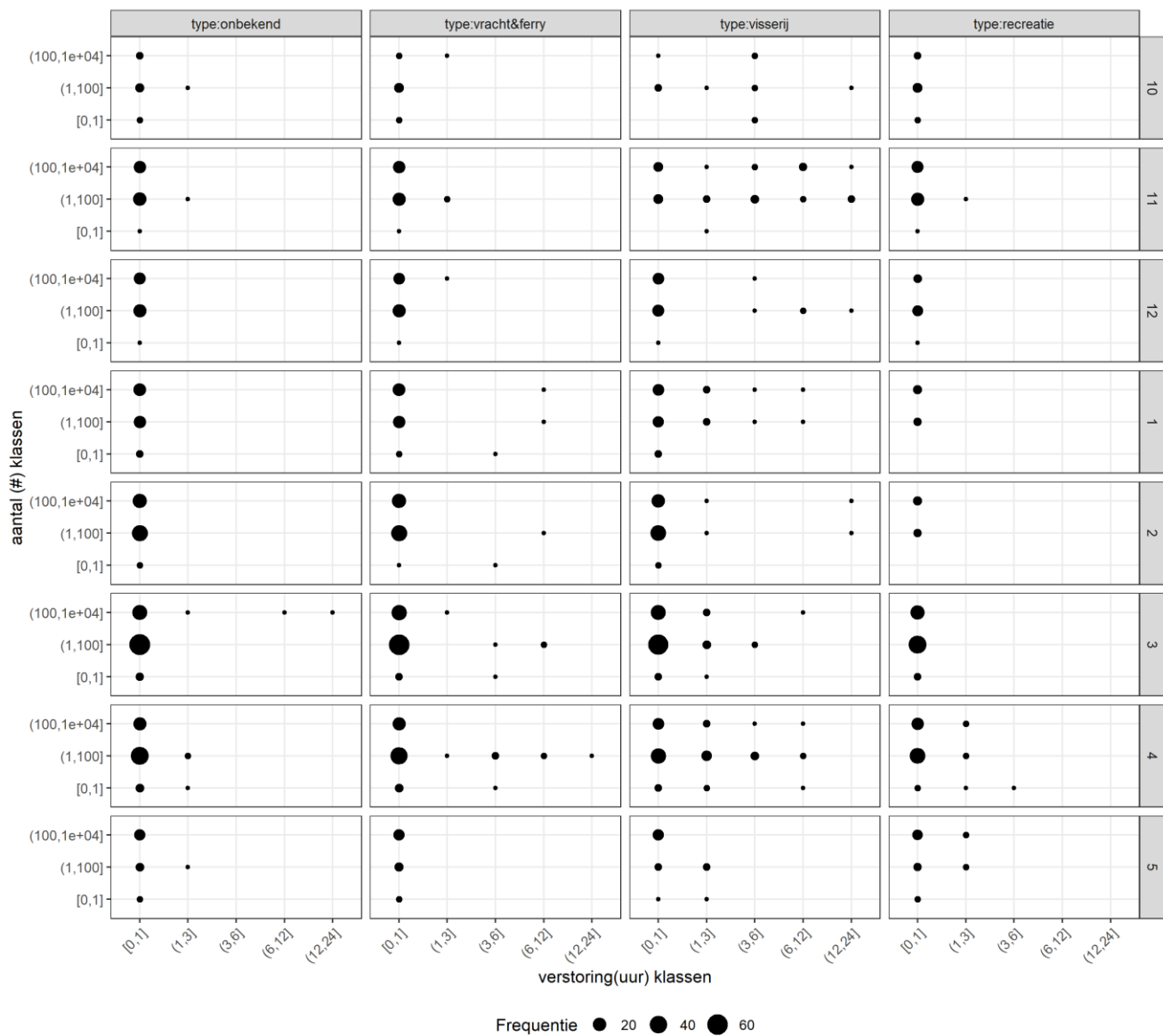
Figuur B1.8 Verstooring (gebaseerd op AIS-data) per type verstoringsbron per seizoen.



Figuur B1.9 Ruimtelijk patroon verstoring vissersschepen per seizoen.

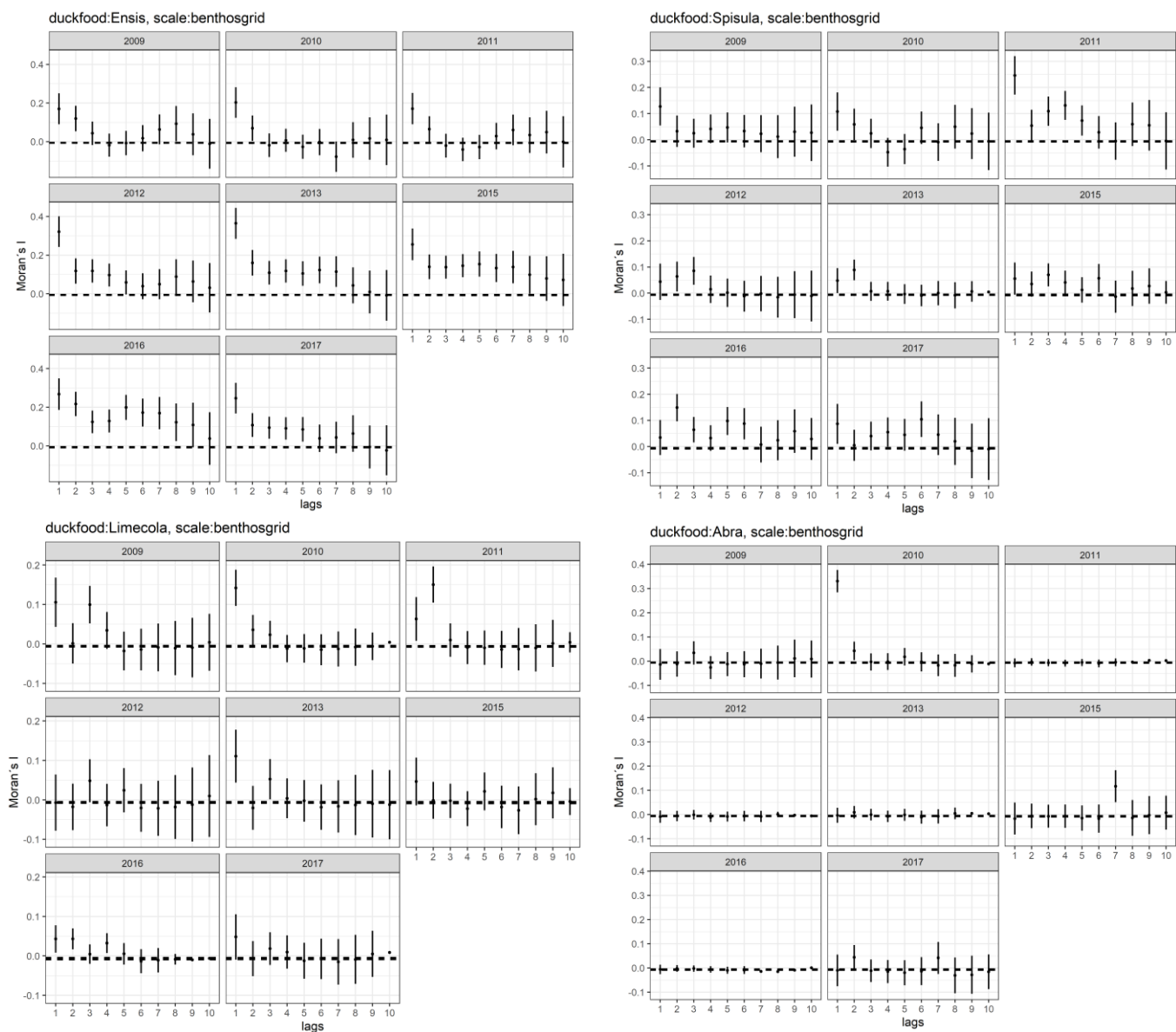


Figuur B1.10 Ruimtelijk patroon verstooring overige schepen per seizoen.



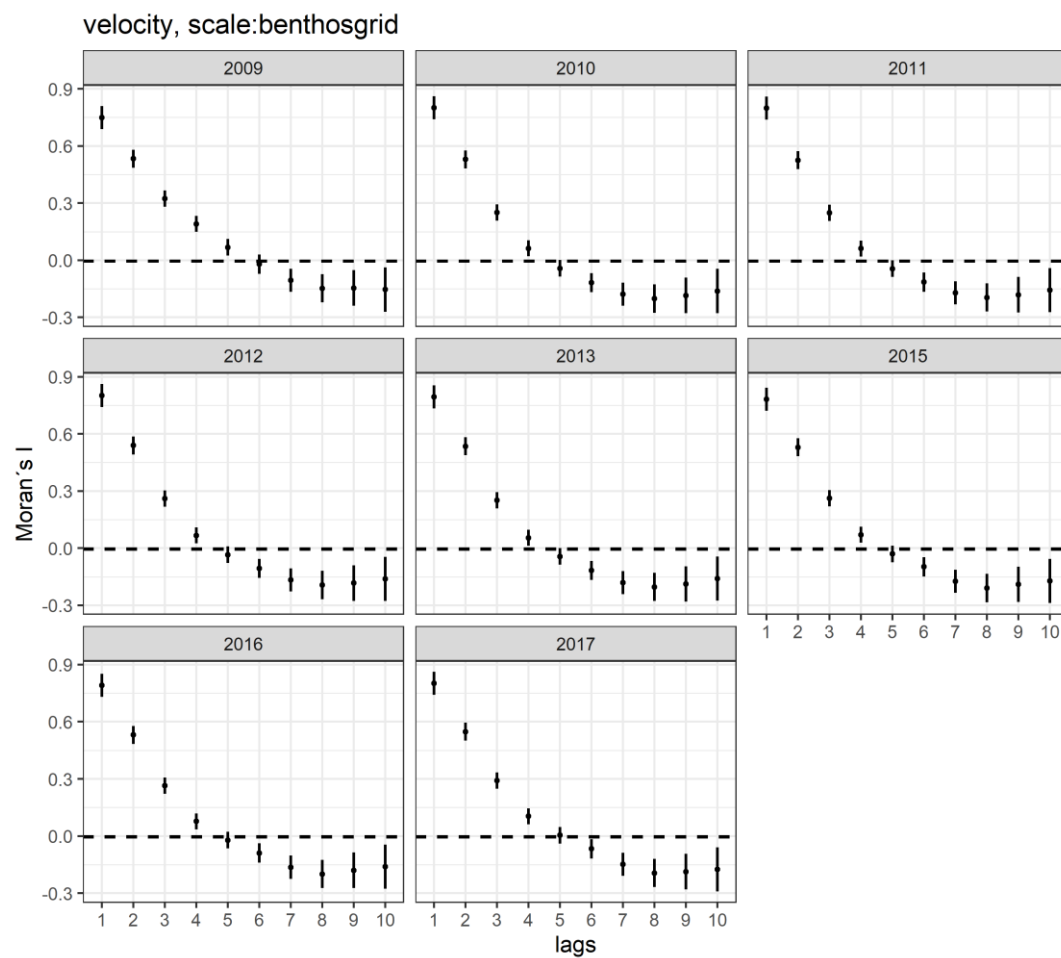
Figuur B1.11 Aantal zee-eenden(in klassen) per benthosgridcel per maand uitgezet tegen verstoring (uur in klassen) voor de periode 2009-2017. De stipgrootte geeft de frequentie van voorkomen aan.

Bijlage 2 Ruimtelijke correlatie

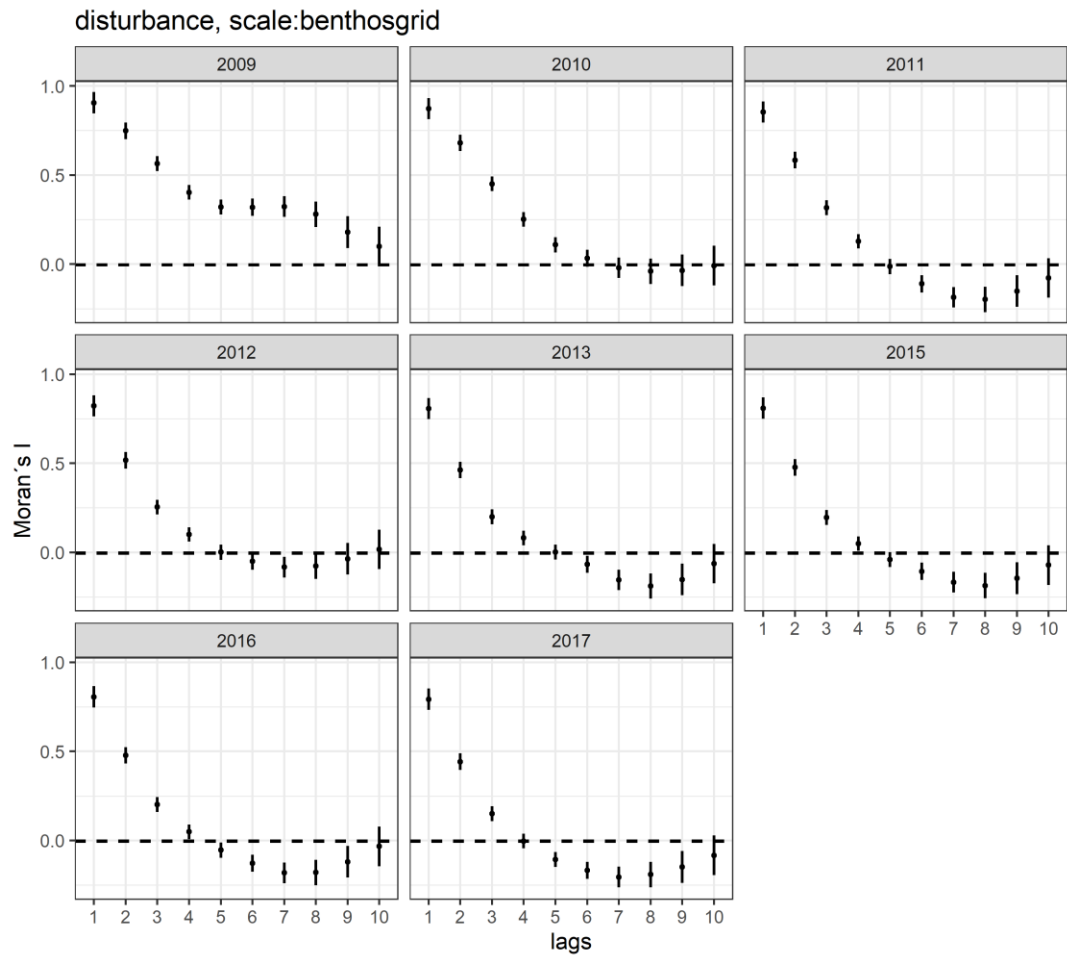


Figuur B2.1 Moran's I voor 4 soorten benthos.

In de figuur is te zien dat de ruimtelijke correlatie duidelijk is bij Ensis, onduidelijk bij Spisula en Limecola en afwezig is bij Abra.



Figuur B2.2. Moran's I voor bodemstroomsnelheid.



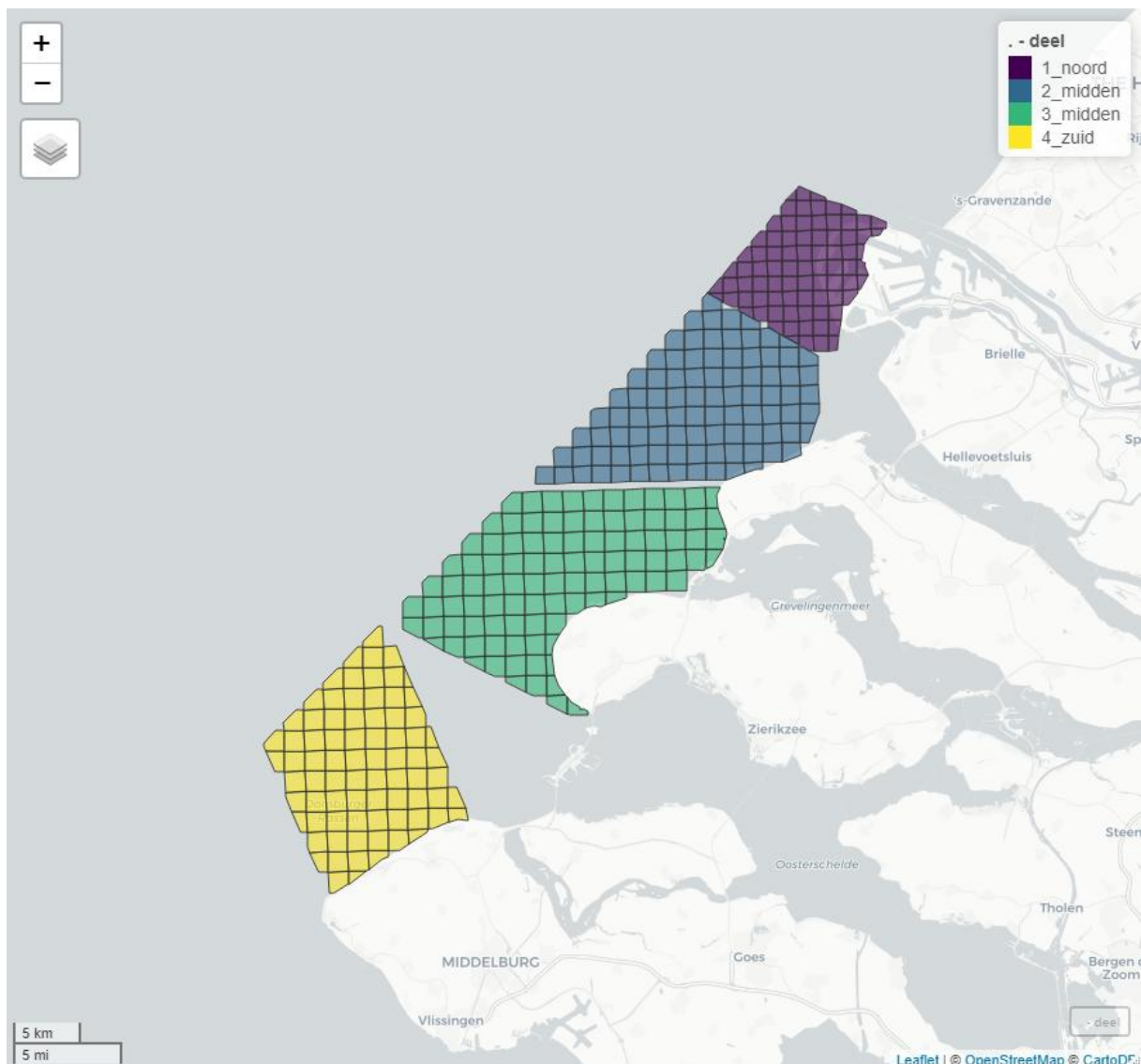
Figuur B2.3. Moran's I voor verstoring.

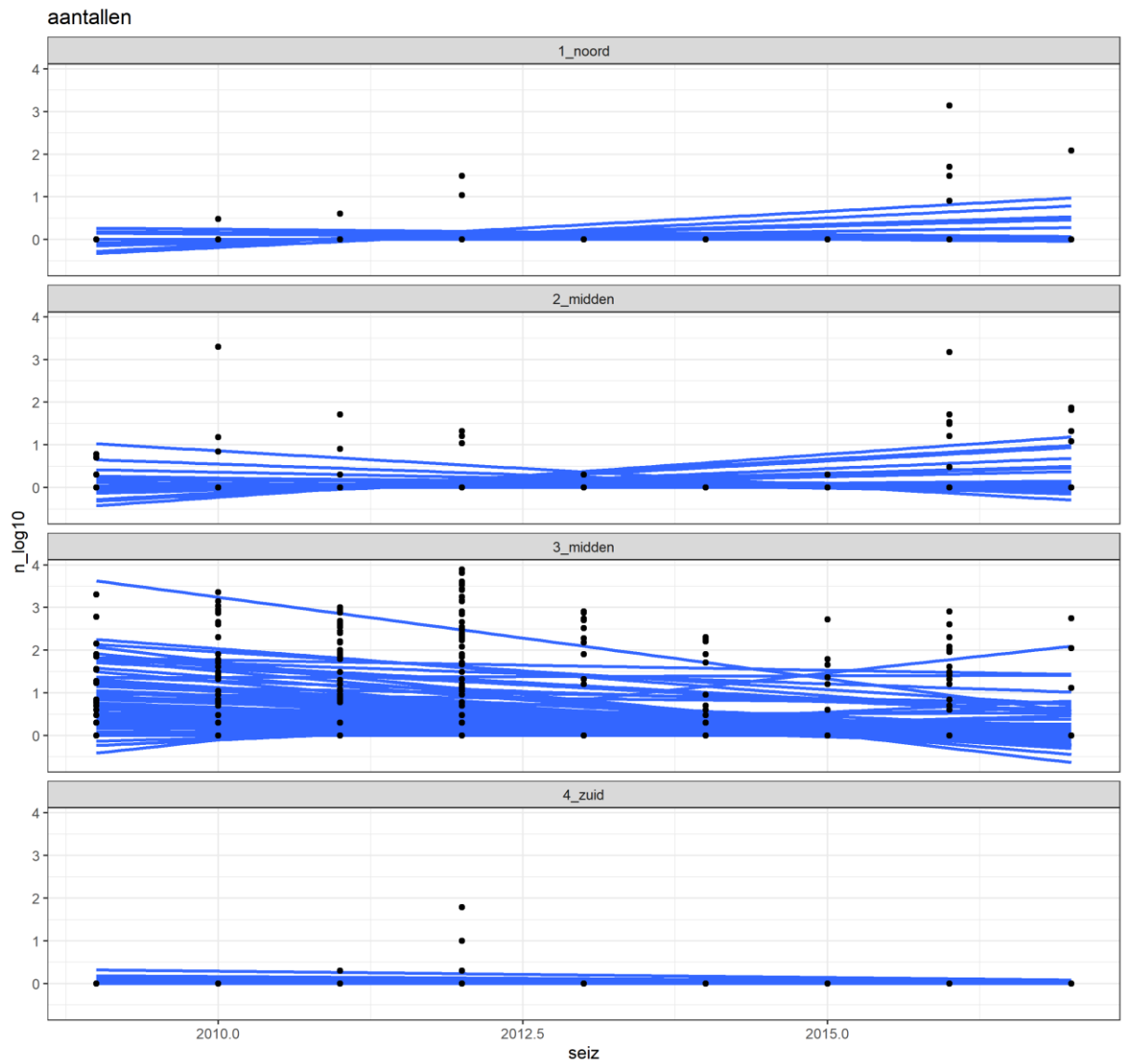
Bijlage 3 Data exploratie : tijd-benthosgrid

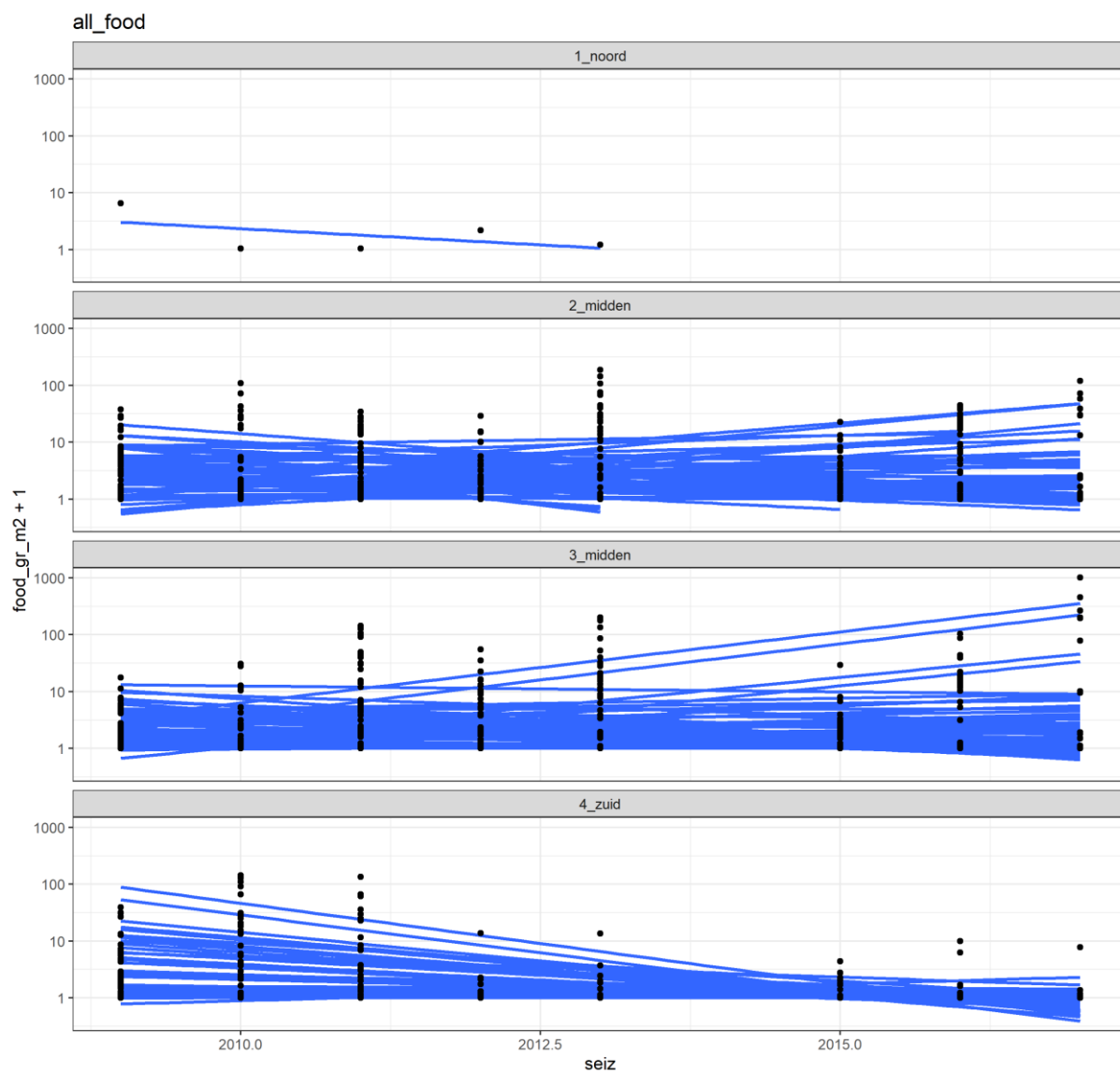
Met de random effecten wordt het effect van tijd*locatie onderzocht. Om deze effecten in te kunnen schatten is een aparte data exploratie uitgevoerd waarbij alle variabelen in de tijd zijn uitgezet per gridcel-id. Per gridcel-id is een lineair verband gefit tussen de waarde van de variabele (op log10 schaal) en de jaren. Er zijn 340 unieke gridcel id's en daardoor potentieel 340 gefitte lijnen. Het hele gebied is (arbitrair) in 4 deel gebieden ingedeeld om de plots nog enigszins overzichtelijk te houden.

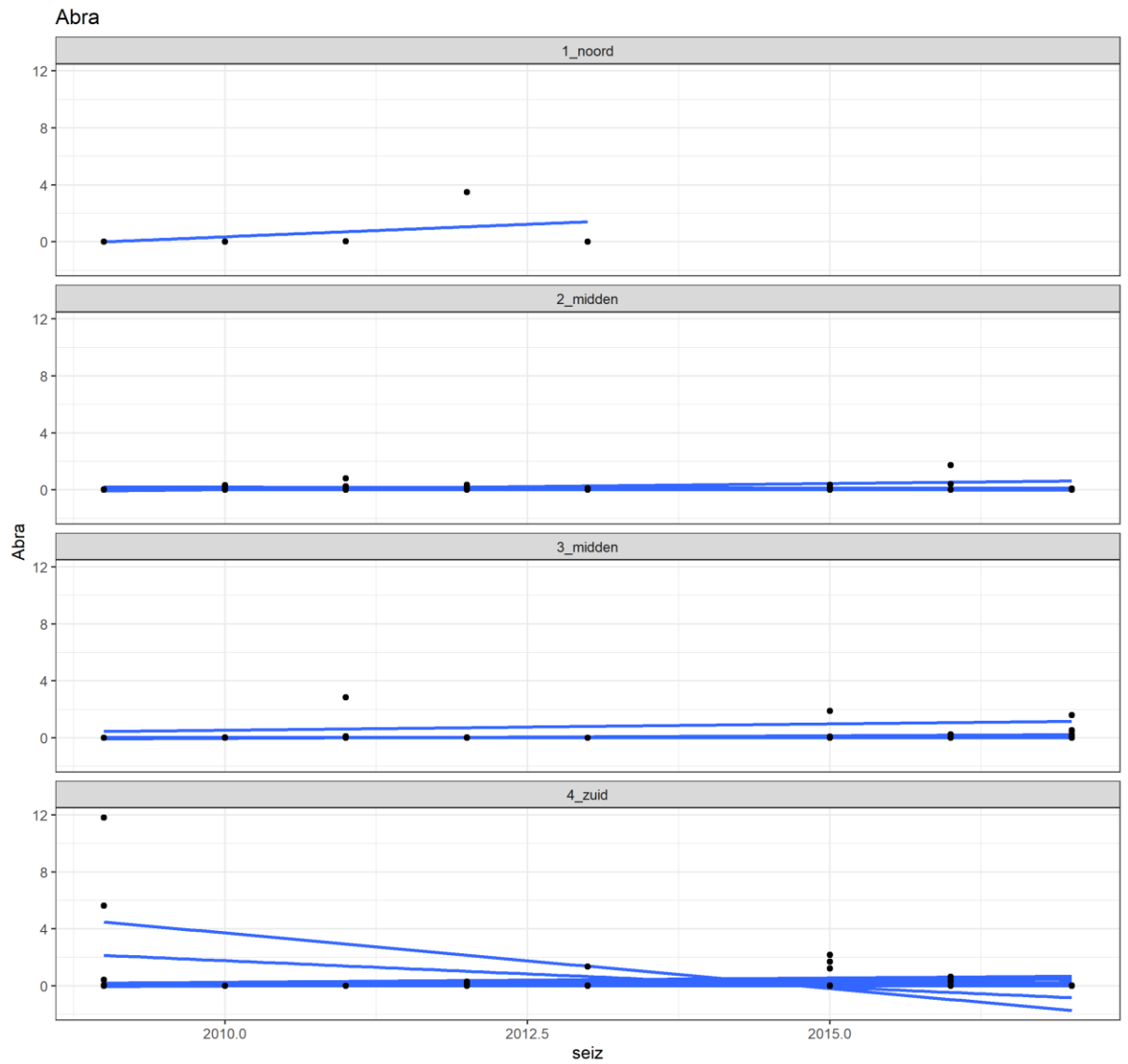
Conclusie: variatie in de tijd is (per gridcel) marginaal en ongestructureerd. Er zijn geen plots waarin bundels lijnen allemaal ophoog of omlaag gaan (maar kijk bij shiptype3, mogelijk een data artefact). Per deel gebied zijn soms wel verschillen in absolute waarden te zien (Shiptype1). Bij totaal voedsel zowel stijgende als dalende trends in de tijd (vnl Ensis) en bij totaal verstoring veel verschil in absolute waarde tussen midden en noord/zuid.

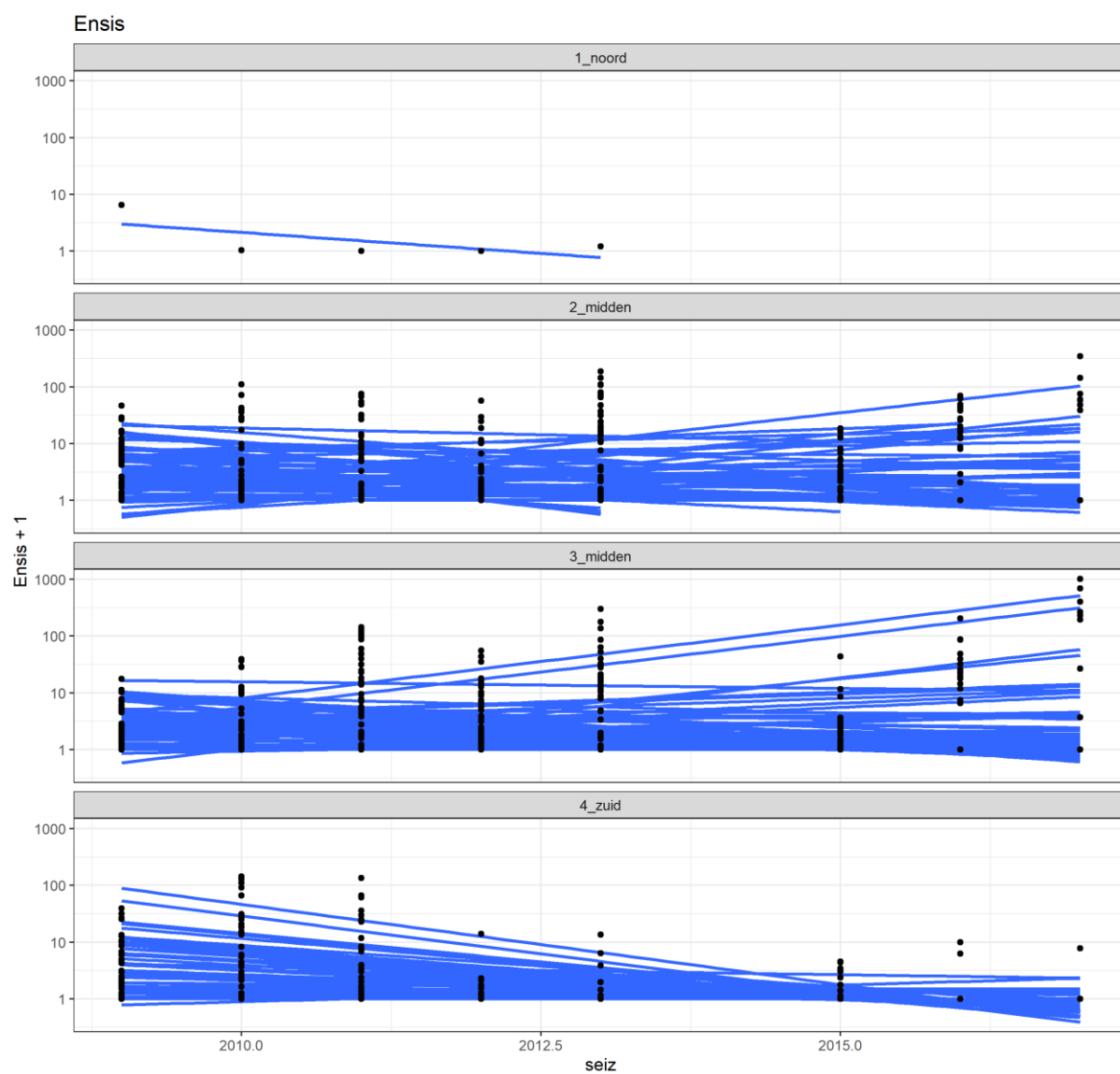
Gebiedsindeling

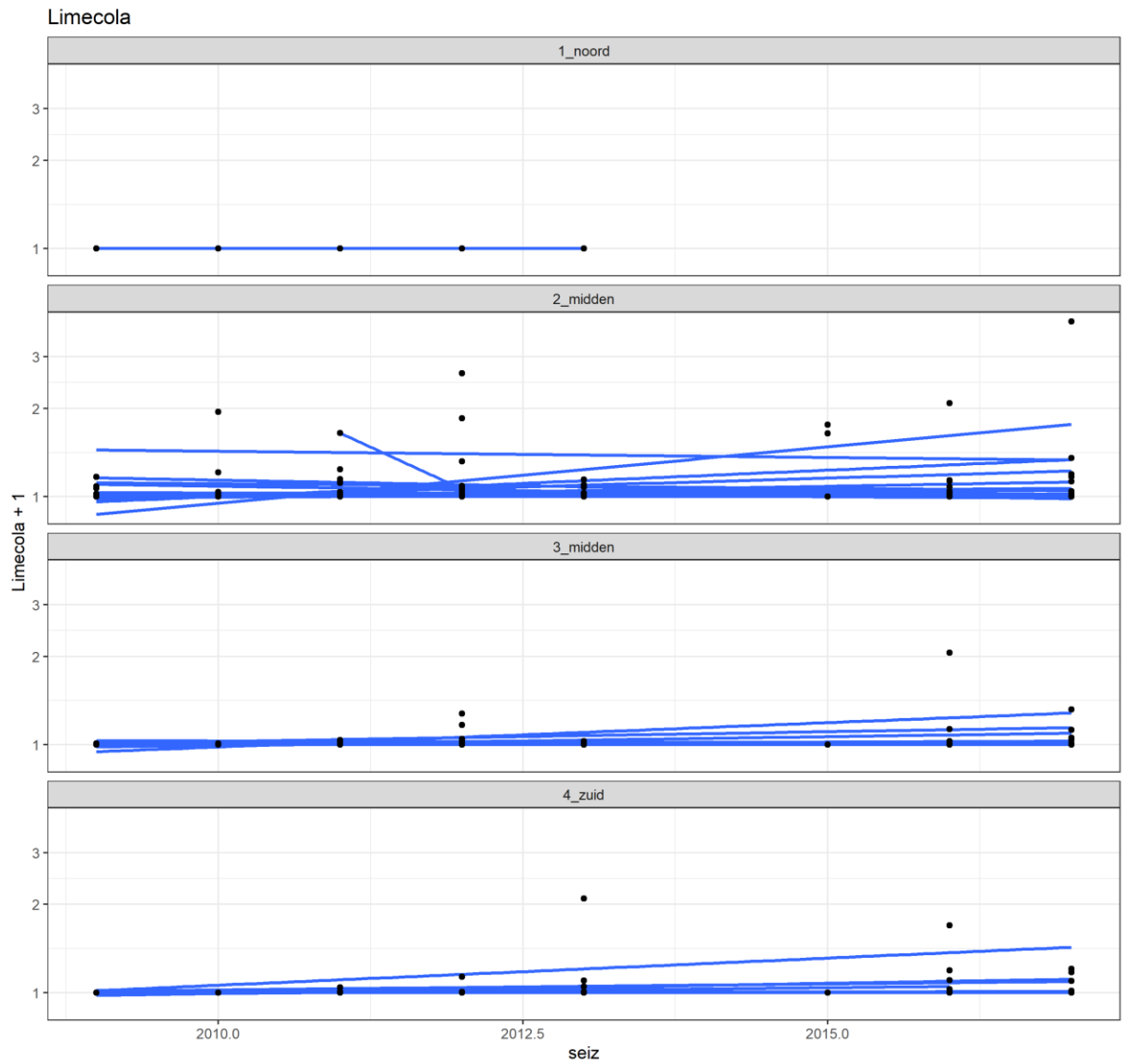


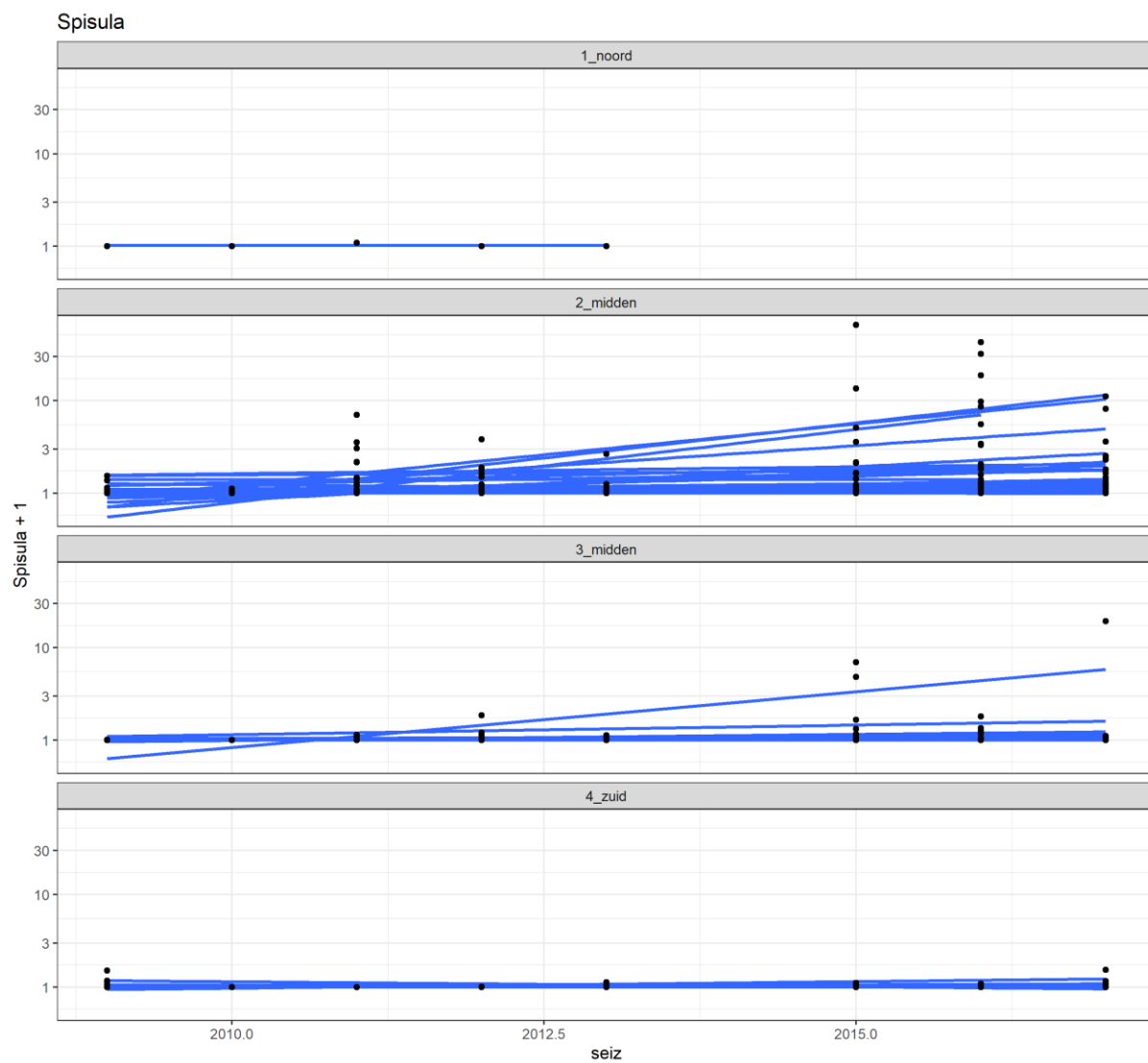


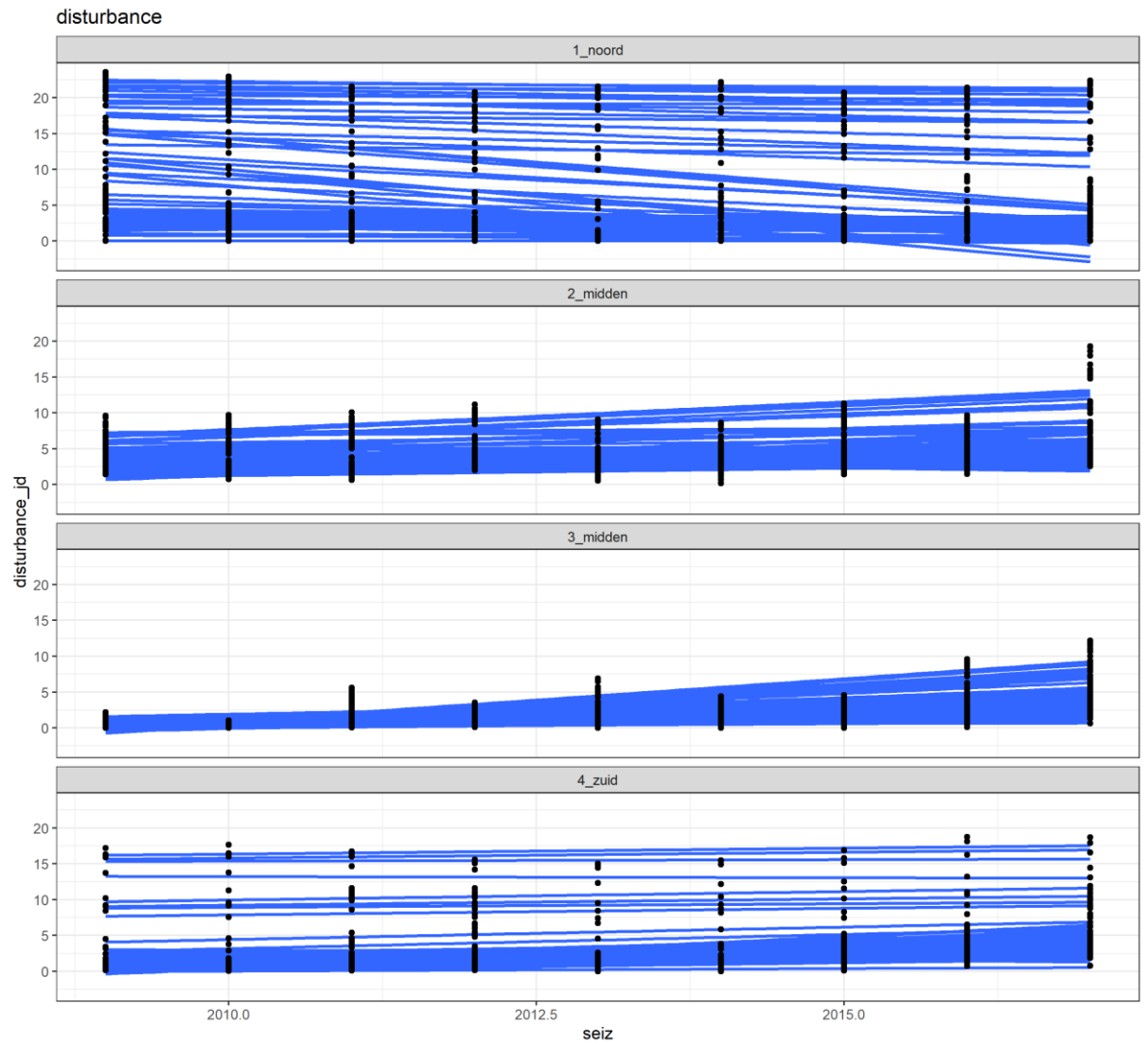


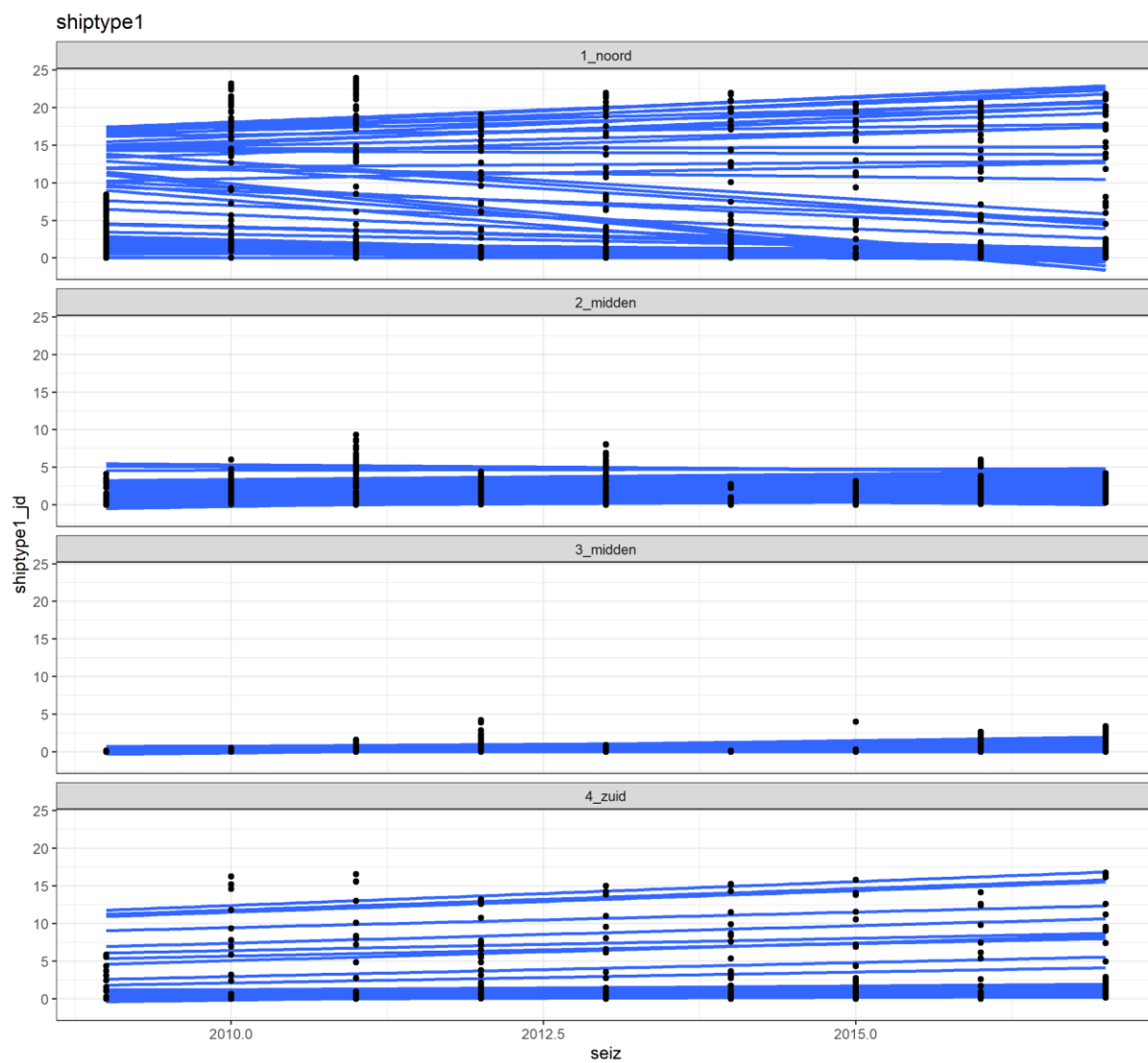


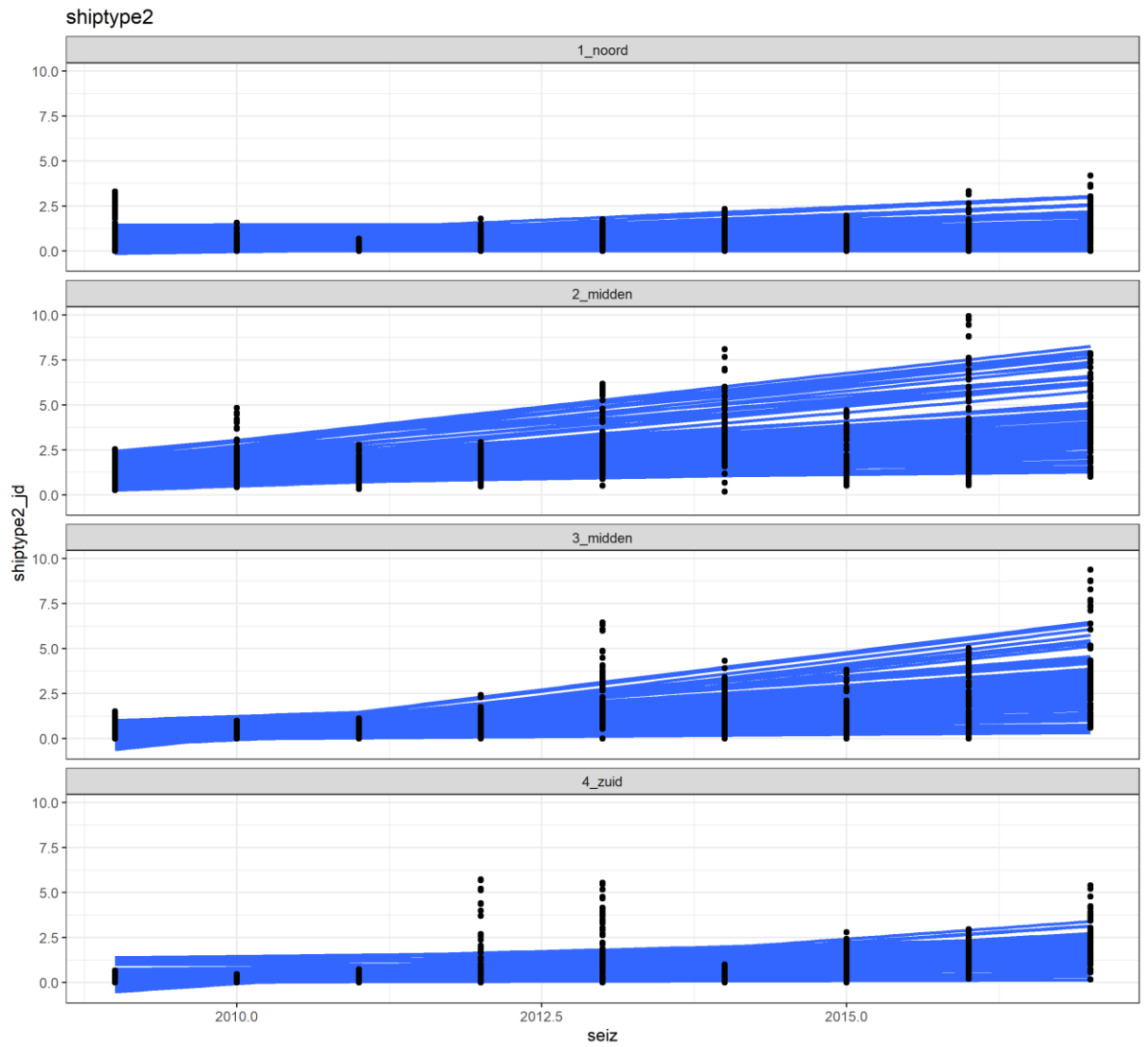


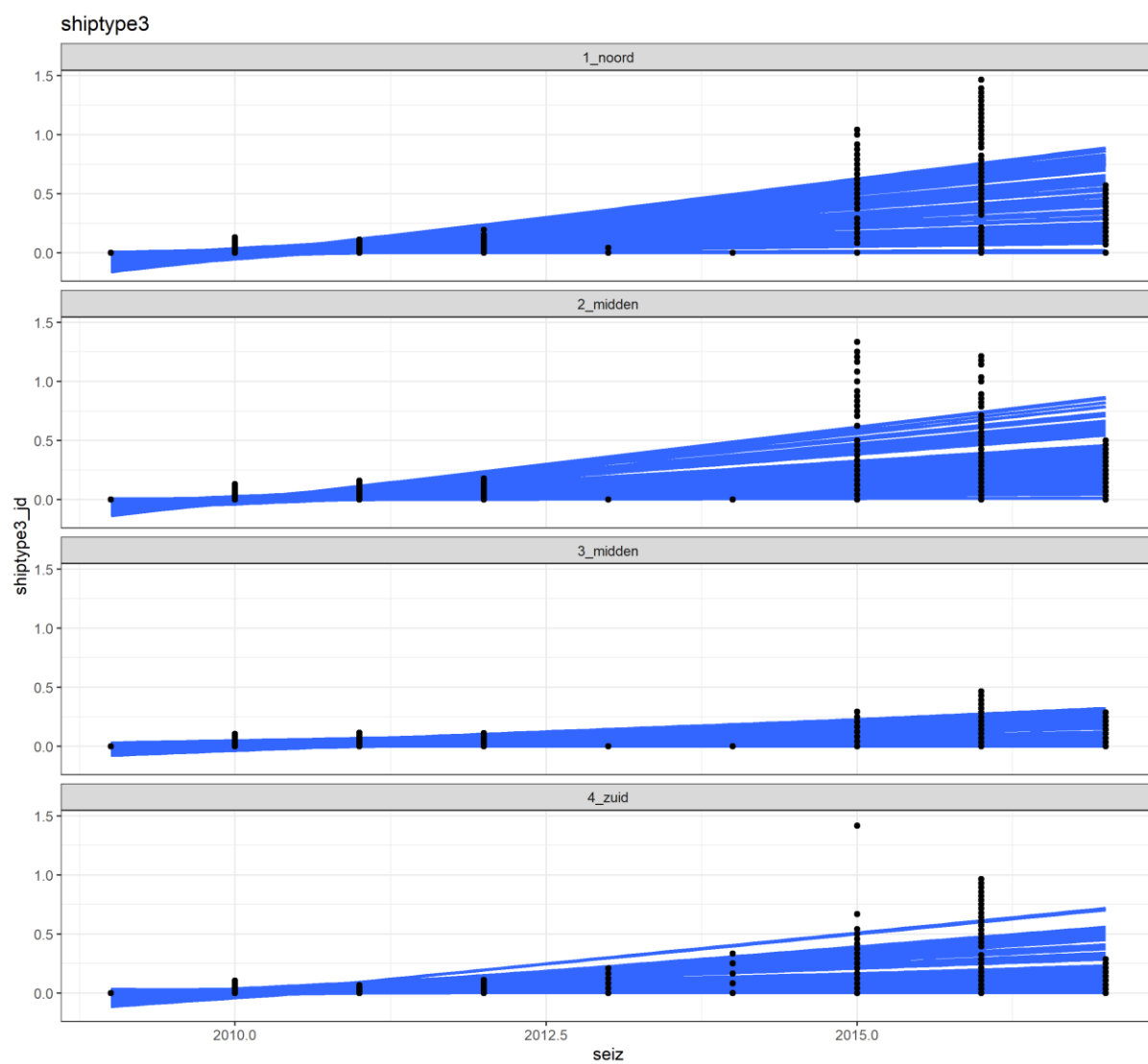


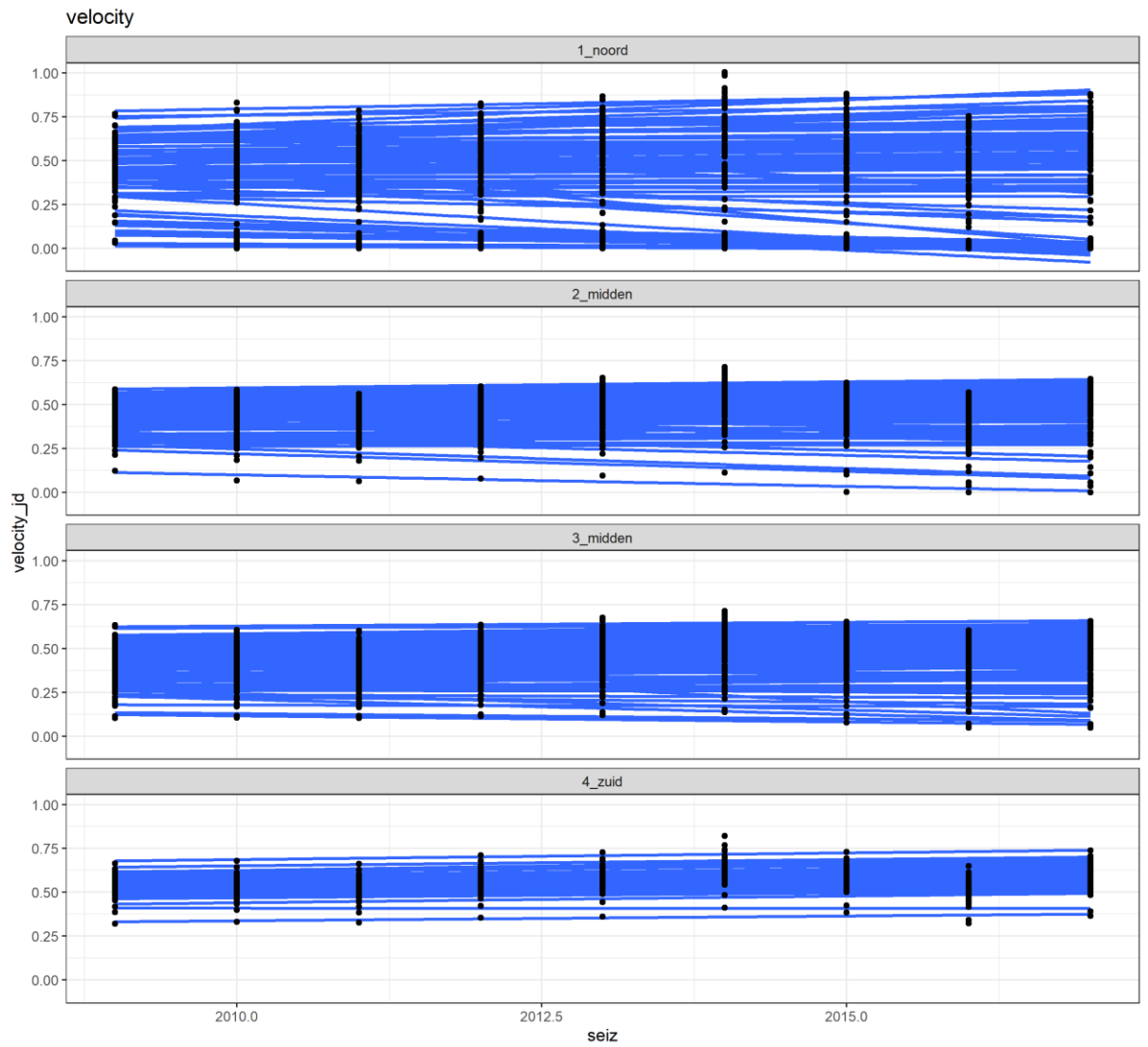












Adres
Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl

