Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Ruimtelijke analyses van zeevogels:

verspreiding van de Noordse Stormvogel op het Nederlands Continentaal Plat

Cor M. Berrevoets [1)]
Floor A. Arts [2)]

Rapport RIKZ/2001.024

[1)] Rijksinstituut voor Kust en Zee
Postbus 8039
4330 EA Middelburg

[2)] Delta ProjectManagement
Postbus 315
4100 AH Culemborg

Middelburg, juni 2001

ISBN 90-369-3495-8

INHOUD

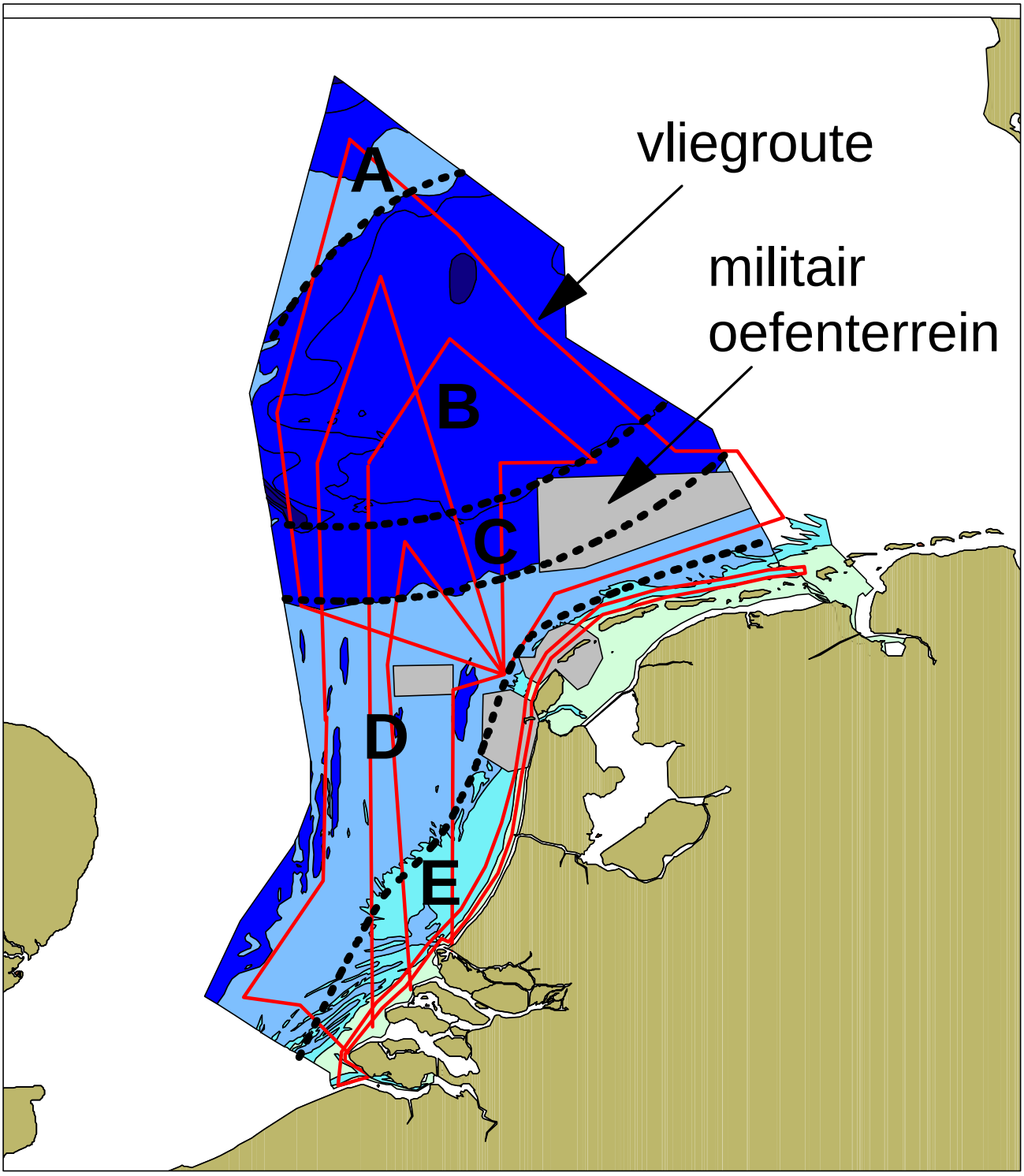
SAMENVATTING	**5**
1. INLEIDING	**7**
2. METHODE	**11**
2.1 Organisatie en uitvoering	11
2.2 Recente veranderingen in uitvoering en analyse	13
3. ANALYSE	**15**
3.1 Volledigheid dataset	15
3.2 Exploratieve data-analyse	19
3.3 Ruimtelijke statistiek	21
4. NOORDSE STORMVOGEL 1991 - 2000	**27**
4.1 Modelkeuze	27
4.2 Verspreiding Noordse Stormvogel op het NCP	28
4.3 Seizoenspatronen en trend	33
4.4 Betrouwbaarheid modelvoorspellingen	35
4.5 Vergelijking met andere rapportages	35
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	**37**
5.1 Methodische aanpassingen	37
5.2 Voorkomen Noordse Stormvogel 1991-2000	37
5.3 Resterende knelpunten	38
LITERATUUR	**39**
BIJLAGEN :	**40**
Bijlage 1: Dataverwerking	40
Bijlage 2: Calibratie telmethode	43
Bijlage 3: Intermezzo’s statistiek	47
Bijlage 4: Figuren verspreiding Noordse Stormvogel	52

Samenvatting

Voor tellingen van zeevogels met een vliegtuig is een nieuwe analyse methode ontwikkeld. Door middel van ruimtelijke statistiek worden striptransect tellingen omgezet in een verspreidingsbeeld (aantal/km²). Belangrijk is dat naast de voorspelde dichtheid ook een betrouwbaarheid van de schatting gegeven wordt. De belangrijkste statistische technieken die hiervoor worden gebruikt zijn Gegeneraliseerd Lineair Modellen (GLM) , variogrammen en block-kriging. In deze rapportage wordt aangegeven hoe deze technieken worden gebruikt.

De techniek wordt gedemonstreerd aan de hand van een analyse van de ruimtelijke verspreiding van de Noordse Stormvogel op het NCP. Voor de jaren 1991 - 2000 zijn de gemiddelde dichtheden berekend per tweemaandelijkse periode. In de maanden met de hoogste dichtheden is onderzocht of een verschillen in de tijd waarneembaar zijn. Daarnaast is - als voorbeeld - een tweetal jaren onderzocht op significante verschillen in voorspelde dichtheden tussen de jaren.

De Noordse Stormvogel komt vooral in de maanden augustus/september en oktober/november in hogere dichtheden voor op het NCP. In de overige maanden worden altijd Noordse Stormvogels gezien maar in lage dichtheden. Het voorkomen van de hoge dichtheden is vooral beperkt tot het gebied dieper dan 30-40m (Oestergronden). De gemiddelde dichtheden waren gedurende de laatste vier seizoenen iets lager dan in de eerste vijf seizoenen. De verschillen tussen de jaren onderling zijn groot, en er is geen sprake van een duidelijke trend.



Figuur 1. Vliegroutes en deelgebieden op het NCP
A) Doggersbank
B) Oestergronden
C) Friese Front
D) Zuidelijke bocht en Bruine Bank
E) Kustzone (zone tot 20 meter dieptelijn)

1. Inleiding

Het Nederlands Continentaal Plat (NCP) is voor meerdere zeevogelsoorten een gebied van internationale betekenis (Baptist 2000). In 1984 is door het RIKZ een begin gemaakt met een routinematige aanpak van het inventariseren van zeevogels/ zeezoogdieren op het NCP (figuur 1). Er is destijds een bewuste keuze gemaakt om deze vorm van monitoring vanuit een vliegtuig uit te voeren. De keuze voor het vliegtuig is vaak uitgelegd als een “quick and dirty” aanpak. In tegenstelling tot de meer gangbare zeevogel monitoring vanaf boten geeft een vliegtuig het voordeel om een groot gebied in korte tijd te doorkruisen. Aan de andere kant is het moeilijker om kleine vogels te determineren. Vliegend op een hoogte van 150 meter is de minimale afstand tot de dichtstbijzijnde foeragerende vogel ruim 170 meter (figuur 2). De zeevogelsoorten die op de Noordzee talrijk voorkomen zijn gelukkig relatief groot en goed herkenbaar. Sommige soorten zoals Alk en Zeekoet zijn echter niet als individuele soorten herkenbaar.

In 1984 werd eerst getracht om maandelijks een telsessie uit te voeren. Dit bleek niet haalbaar omdat een dergelijk hoge telfrequentie alleen mogelijk is bij goede weersomstandigheden in combinatie met een zeer flexibele inzet van personeel en materiaal. Na 1989 zijn daarom alleen nog tellingen binnen periodes van twee maanden uitgevoerd. Vanaf 1989 is het telprogramma een onderdeel van het biologisch monitoring-programma van het RIKZ dat uitgevoerd wordt in het kader van de Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand van het Land (MWTL). De doelstelling van ons telprogramma is om veranderingen in verspreiding en dichtheden van zeevogelsoorten op de Noordzee te beschrijven en te signaleren. Vanaf 1990 is een team van vaste tellers opgeleid, deze tellers zijn inmiddels goed bekend met de telmethodiek.

Ook de gebruikte analysetechnieken zijn sinds 1984 diverse malen aangepast doordat nieuwe inzichten ontstonden en doordat steeds snellere computers en speciale software beschikbaar kwamen. Het voorliggende rapport maakt andermaal gebruik van diverse nieuwe technieken (Pebesma *et al.* 2000).

Dit rapport heeft als doel het verschaffen van inzichten in de nieuwste analysetechnieken en vooral ook de uitkomsten van deze bewerkingen. Daarbij is gekozen voor een tweezijdige benadering; aan de ene kant worden de onderdelen van de nieuwe technieken/methode belicht en daarnaast is bewust gekozen voor het daadwerkelijk analyseren van een vogelsoort: de Noordse Stormvogel.

De voorliggende rapportage kan worden gezien als een eerste stap naar een opvolger van de “Atlas van de vogels van het Nederlands Continentaal Plat” (Baptist & Wolf 1993).

Gebruikte termen en begrippen

In deze rapportage worden een aantal vaktermen (“jargon”) en geografische aanduidingen regelmatig gebruikt.

- Oestergronden: een groot diep water (>30m) gebied dat ca. ¼ van het gehele NCP beslaat.

-Doggersbank: een relatief ondiep gebied (<20m) aan de noordwestpunt van het NCP

-Bruine Bank; de westelijk rand van het NCP ter hoogte van de Hollandse kust.

-Telperiode: een periode van twee maanden waarbinnen de tellingen worden verricht. Zo wordt de eerste telperiode aangeduid als augustus/september.

-Seizoen: in plaats van kalenderjaren wordt met seizoenen gewerkt, een seizoen begint op 1 augustus en eindigt op 31 juli. Bijvoorbeeld seizoen 1999/2000 loopt van 1 augustus 1999 t/m 31 juli 2000.

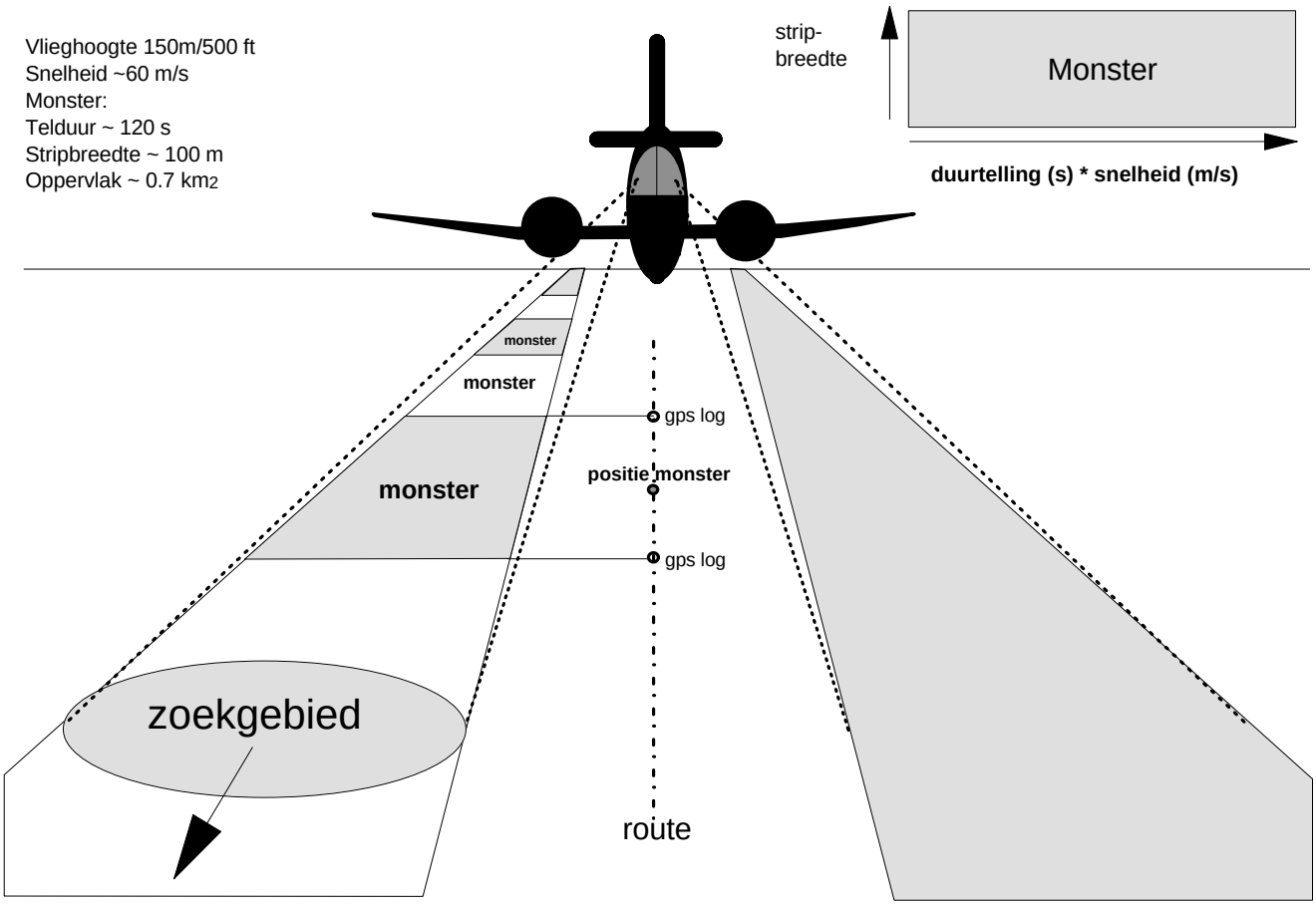
- effectieve stripbreedte: de breedte van de strook waarbinnen de tellers zeevogels/zeezoogdieren waarnemen.

-associatie: het samen voorkomen van vogels van diverse soorten op één plaats of het voorkomen van vogels t.g.v. nabij gelegen objecten (vissersboten, boorplatforms).

Dankwoord

De productie van dit rapport was niet mogelijk geweest zonder de inzet van veel personen. Allereerst Henk Baptist die midden jaren tachtig de stap naar deze vorm van monitoring aandurfde en er voor zorgde dat een goed team werd opgeleid. Ten tweede de tellers die onder wisselende en niet altijd even plezierige omstandigheden meehielpen tijdens de tellingen. Het zou te ver gaan om alle tellers hier te noemen, in het verleden werd veel met vrijwilligers gewerkt. De laatste jaren werd het overgrote deel van de tellingen verricht door Henk Baptist, Sander Lilipaly, Richard Witte en Pim Wolf. Ook onze “vaste” piloot Jaap de Visser van Zeeland-Air verdient een woord van dank. Hij was vaak ook op lastige momenten beschikbaar om ons team veilig rond te vliegen over de Noordzee.

Commentaar op een eerste versie van dit document werd ontvangen van: Henk Baptist, Richard Duin (RIKZ), Richard Witte (Bureau Waardenburg) , Rob Strucker (DPM), Pim Wolf (DPM) en Edzer Pebesma (Rijksuniversiteit Utrecht).



Figuur 2. Schema monstername op de Noordzee

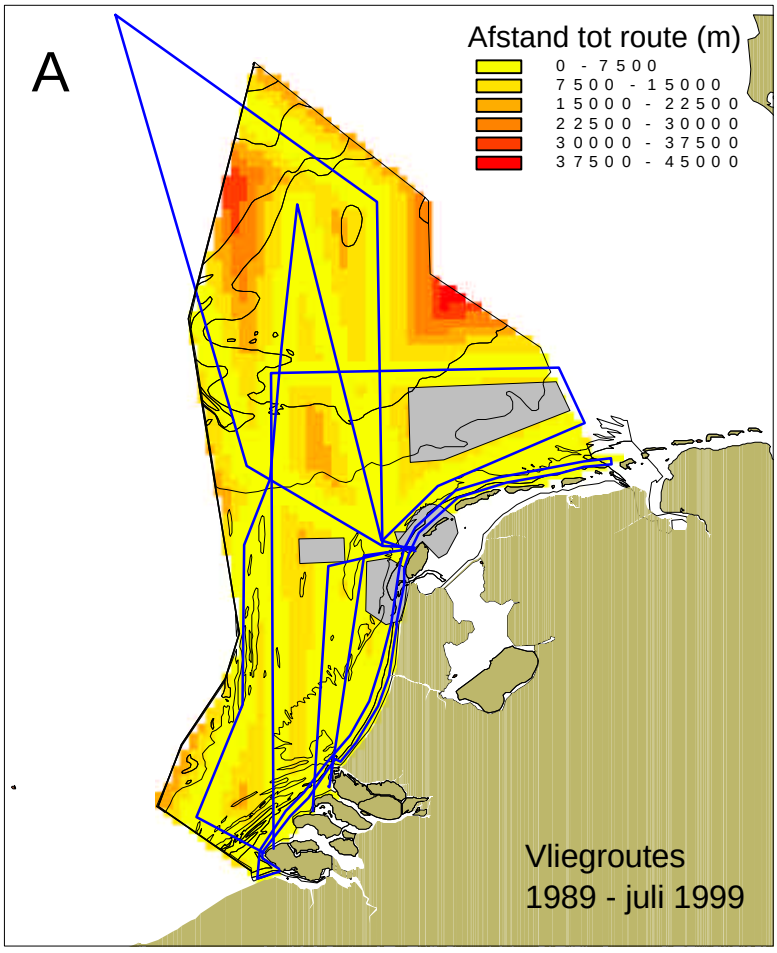
2. METHODE

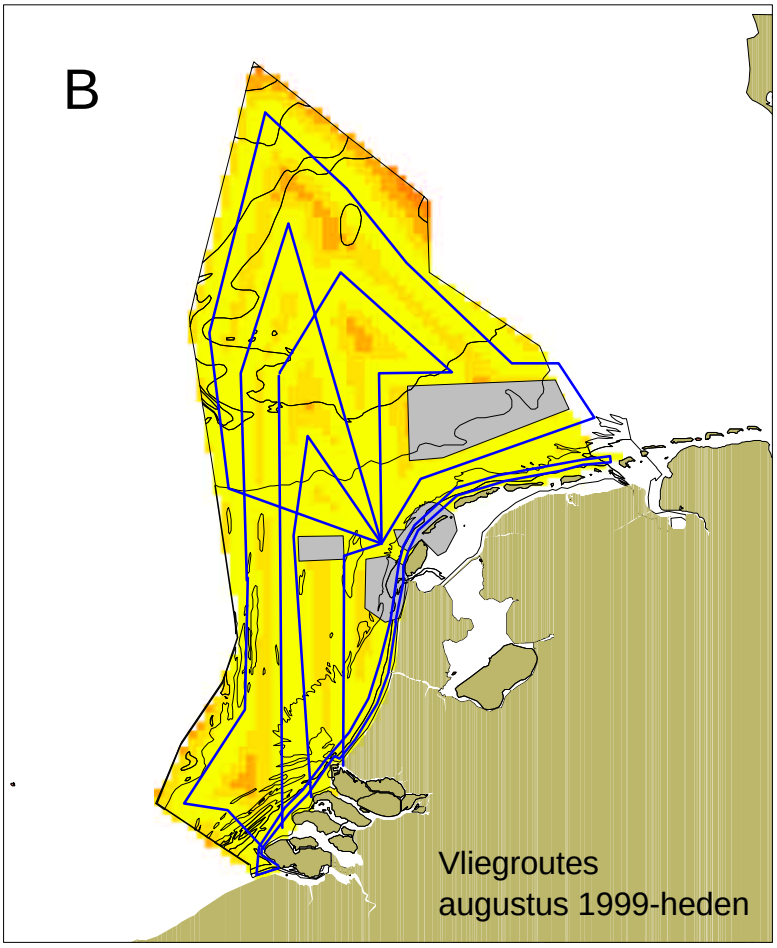
2.1 Organisatie en uitvoering

Het Nederlandse deel van de Noordzee, het Nederlands Continentaal Plat (NCP), omvat *c.* 60 000 km². Het monitoren van zeevogels en zeezoogdieren op het NCP wordt door middel van steekproeftellingen uitgevoerd. Een telsessie bestaat uit drie tellingen die bij voorkeur op aaneengesloten dagen worden uitgevoerd. Er wordt gebruik gemaakt van een team van speciaal opgeleide tellers. De vliegroutes - één langs de kust en twee offshore (figuur 1) - zijn zo ontworpen dat een optimale ruimtelijke dekking binnen het NCP wordt gehaald (paragraaf 2.2, figuur 3). Beperkingen zijn o.a. maximale vliegduur, afstanden tot vliegvelden en zogenaamde “no fly zones”. Per teldag worden twee tellers ingezet die elk aan een zijde van het vliegtuig tellen. Een seizoen bestaat uit zes tweemaandelijkse telsessies. Het seizoen begint in augustus/september en duurt tot juni/juli van het volgende jaar. Om de vergelijkbaarheid tussen tellingen te vergroten wordt zoveel mogelijk vanaf de twintigste dag in de eerste maand van de telperiode gestart met de telsessie. De dagen waarop de tellingen worden uitgevoerd zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van het personeel, het vliegtuig en de weersomstandigheden. Er wordt niet geteld bij windsnelheden hoger dan 20 knopen (windkracht 5), bij een zicht van minder dan 5 km of bij bewolking lager dan 700 voet.

De telmethode die wordt gebruikt is de zogenaamde striptransect-telling (figuur 2). Het vliegtuig vliegt op een hoogte van 500 voet (ongeveer 150 meter). Door zo steil mogelijk naar beneden te kijken kan een waarnemer een strook van ongeveer 100 meter breedte op vogels afzoeken. Afhankelijk van lichtomstandigheden (tegenlicht, reflecties) wordt getracht om aan beide zijden van het vliegtuig tegelijk te tellen. In tijdsblokken van twee minuten worden alle waarnemingen van zeevogels/zeezoogdieren geregistreerd.

Een gedetailleerde bespreking van de telmethode is te vinden in bijlage 1 & 2. In bijlage 1 wordt het hele proces van dataverwerking beschreven. Bijlage 2 behandeld de calibratie van de telmethode, daar komen aan bod de stripbreedte en zichtbaarheid/ herkenbaarheid van vogelsoorten en zeezoogdieren vanuit het vliegtuig.





Figuur 3. Oude(A) en nieuwe (B) vliegroutes en de afstand tussen de gridcellen en vliegroutes in meters.

2.2 Recente veranderingen in uitvoering en analyse

2.2.1 Uitvoering

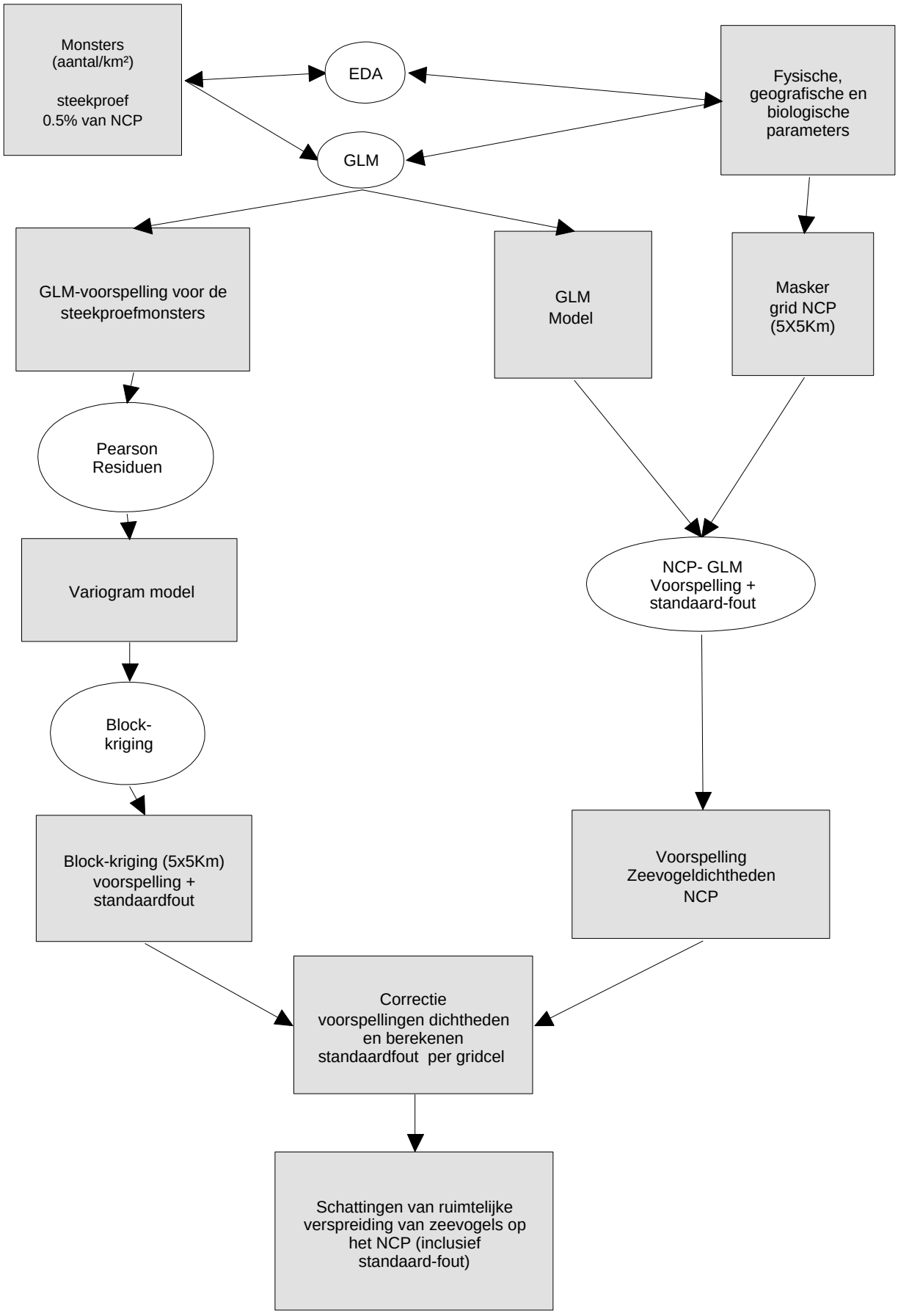
Met ingang van augustus 1999 zijn de “vaste” vliegroutes gewijzigd. Vorige routes (figuur 3a) gingen op het noordelijkste deel van het onderzoeksgebied nog buiten de grenzen van het NCP. De huidige routes (figuur 3b) leveren bij een vergelijkbare inspanning -in vlieguren- een betere ruimtelijke dekking op het NCP. Daar de gebruikte modeltechnieken de ruimte tussen de vliegroutes trachten te overbruggen is een kleinere te voorspellen ruimte tussen de routes ideaal. Tot 1999 zijn er nog diverse delen van het NCP die op 40 km van de vliegroutes vandaan liggen. Bij de huidige opzet is dit maximaal 20 km. De dekking benoorden de Waddeneilanden is in de huidige opzet nog steeds niet optimaal omdat daar een groot - voor vliegtuigen gesloten - militair oefengebied ligt.

Vanaf 1999 hebben de tellers tijdens het veldwerk informatie verzameld die gebruikt kan worden om de “effectieve stripbreedte” te schatten. Daartoe hebben de tellers op overheadsheets ingetekend welk deel van het gebied zij als telgebied beschouwen. Daarnaast zijn additionele metingen verricht op de grond (hangar). In bijlage 2 is meer over deze metingen te lezen.

Vanaf het najaar van 1998 wordt de positie van het vliegtuig vastgelegd met een GPS (Global Positioning System). De gegevens worden elke twee seconden ingelezen in een Palmtop-computer (PSION), ook wordt elke tien seconden een positie opgeslagen in het geheugen van de GPS. Als laatste back-up schrijven de tellers het tijdstip op waarop een keerpunt in de route bereikt wordt.

2.2.2 Analyses

In de vorige rapportage over zeevogels op de Noordzee (Baptist & Wolf 1993) is gebruik gemaakt van een presentatievorm waarbij de dichtheden per mijnbouwvak werden gepresenteerd. Ook werden er totalen per soort voor MANS (Management Analysis North Sea) - gebieden berekend. Voor deze berekeningen werd gebruik gemaakt van ruimtelijke extrapolatie-technieken (kriging). Vooral op dit laatste terrein is de analyse aanzienlijk aangepast. De huidige analysetechniek (zie hoofdstuk 3) probeert de gegevens te beschrijven aan de hand van diverse parameters. De modelbeschrijving wordt daarna samen met de ruimtelijke afhankelijkheid van de verzamelde monsters gebruikt om voor het NCP een voorspelling te maken.



Figuur 4. Stroomschema ruimtelijke analyses

3. Analyse

Analyses van de tellingen op de Noordzee zijn opgedeeld in twee fasen (Lam *et al.* 2001). De eerste fase omvat de Exploratieve Data Analyse (EDA). In deze fase wordt de dataset gescreend op bruikbaarheid voor de tweede fase. De tweede fase omvat de ruimtelijke statistiek (figuur 4). Voordat met de daadwerkelijk analyse wordt begonnen wordt eerst de volledigheid van de dataset onderzocht.

3.1 Volledigheid dataset

Ontbrekende en afwijkende data moeten inzichtelijk worden gemaakt omdat die van invloed kunnen zijn op de uitkomsten van de analyses.

3.1.1 Volledigheid van de dataset

Een telsessie bestaat uit drie routes. Voor een ruimtelijke analyse is het belangrijk dat daadwerkelijk alle routes zijn gevlogen om een maximale dekking op de Noordzee te verkrijgen. Modeluitkomsten kunnen sterk beïnvloed worden door ontbrekende monsters. Een ruimtelijke analyse is vrijwel niet mogelijk bij het ontbreken van twee van de drie vliegroutes. Bij het ontbreken van één route is een analyse - afhankelijk van de soort - soms nog mogelijk.

Tabel 1. Gevlogen routes (gearceerd) per telperiode (1 = augustus/september, 2 = oktober/november, 3 = december/januari, 4 = februari/maart, 5 = april/mei, 6 = juni/juli, k = kustroute, o1= offshore route 1, o2= offshore route 2).

	1			2			3			4			5			6		
Seizoen	k	o1	o2	k	o1	o2	k	o1	o2	k	o1	o2	k	o1	o2	k	o1	o2
1991/92																		
1992/93																		
1993/94																		
1994/95																		
1995/96																		
1996/97																		
1997/98																		
1998/99																		
1999/2000																		

Omdat één of meerdere routes van een telsessie ontbreken kunnen 6 van de 45 tellingen niet of moeilijk worden gemodelleerd (tabel 1). Met name in de wintermaanden is het vaak wachten op geschikte dagen om te vliegen, de weersomstandigheden zijn vaak te ongunstig om te tellen.

Doordat soms storingen in de navigatieapparatuur of geluidsdragers voorkomen is het mogelijk dat een deel van de telling van een route mislukt. Afhankelijk van de grootte van het ontbrekende deel kunnen ruimtelijke analyses nog wel worden uitgevoerd.

Het totaal bemonsterde oppervlak per telperiode is de som van alle monsters die zijn verzameld (tabel 2). Verschillen in de grootte van het bemonsterde oppervlak worden vaak veroorzaakt door weersomstandigheden. Wanneer het erg zonnig is kan vaak maar aan één zijde worden geteld (schittering). Bij geheel bewolkt weer kan vaak aan beide zijden van het vliegtuig worden geteld. In het algemeen geldt dat bij een groter aantal monsters de verklaarde variantie om het model ook toeneemt.

Tabel 2. Totaal bemonsterde oppervlakte (km²) per telperiode en totaalsom in de seizoenen 1991/92-1999/2000 (onderstreept = niet volledige tellingen)

Seizoen	augustus/ september	oktober/ november	december/ januari	februari/ maart	april/ mei	juni/ juli	Totaal
1991/92	310	276	388	244	0	189	1407
1992/93	300	299	211	365	235	286	1696
1993/94	293	219	0	54	316	292	1174
1994/95	289	354	254	370	294	283	1843
1995/96	293	378	94	372	326	323	1786
1996/97	303	314	366	290	396	324	1992
1997/98	310	303	357	407	401	317	2095
1998/99	364	344	352	573	296	519	2449
1999/2000	485	77	442	475	543	427	2448

3.1.2 Afwijkende tellingen

In een telsessie wordt op drie verschillende dagen gevlogen, voor de vergelijkbaarheid van de tellingen is het van belang dat de intervallen tussen die tellingen zo klein mogelijk zijn (tabel 3). De ideale situatie is drie dagen op rij.

Tabel 3. Aantal dagen tussen de eerste en laatste telling per telperiode voor de seizoenen 1991/92-1999/2000.

Seizoen	augustus/ september	oktober/ november	december/ januari	februari/ maart	april/ mei	juni/ juli
1991/92	3	4	8	15	n.v.t.	6
1992/93	18	7	20	3	9	28
1993/94	10	10	n.v.t.	n.v.t.	5	3
1994/95	18	4	n.v.t.	4	4	3
1995/96	6	8	n.v.t.	8	3	4
1996/97	4	24	18	4	6	12
1997/98	8	7	3	6	3	3
1998/99	14	14	41	7	7	18
1999/2000	7	n.v.t.	8	33	8	11

In de bovenstaande seizoenen kostte het gemiddeld 10 dagen om alle routes van een telsessie te voltooien. Voor de analyses van de

Noordse Stormvogel is vooral het aantal dagen tussen de twee pelagische (offshore) tochten van belang. Uit de dataset blijkt deze tochten in de meestal kort na elkaar zijn gevlogen (tabel 4).

Het gebeurt wel eens dat tijdens een telling door uitzonderlijk slechte weersomstandigheden, bijvoorbeeld een buienfront, het tijdelijk niet mogelijk is te tellen. In de meeste gevallen wordt dan een deel van de route afgesneden of overgeslagen. In dit soort gevallen is het belangrijk dat er geen grote “gaten” ontstaan in de ruimtelijke dekking op het NCP.

Extreem hoge dichtheden (uitschieters) in een monster kunnen leiden tot rare modeluitkomsten. Het is dus van belang eerst te controleren hoe deze uitschieters tot stand zijn gekomen.

Tabel 4. Aantal dagen tussen de twee offshore routes voor de seizoenen 1991/92-1999/2000.

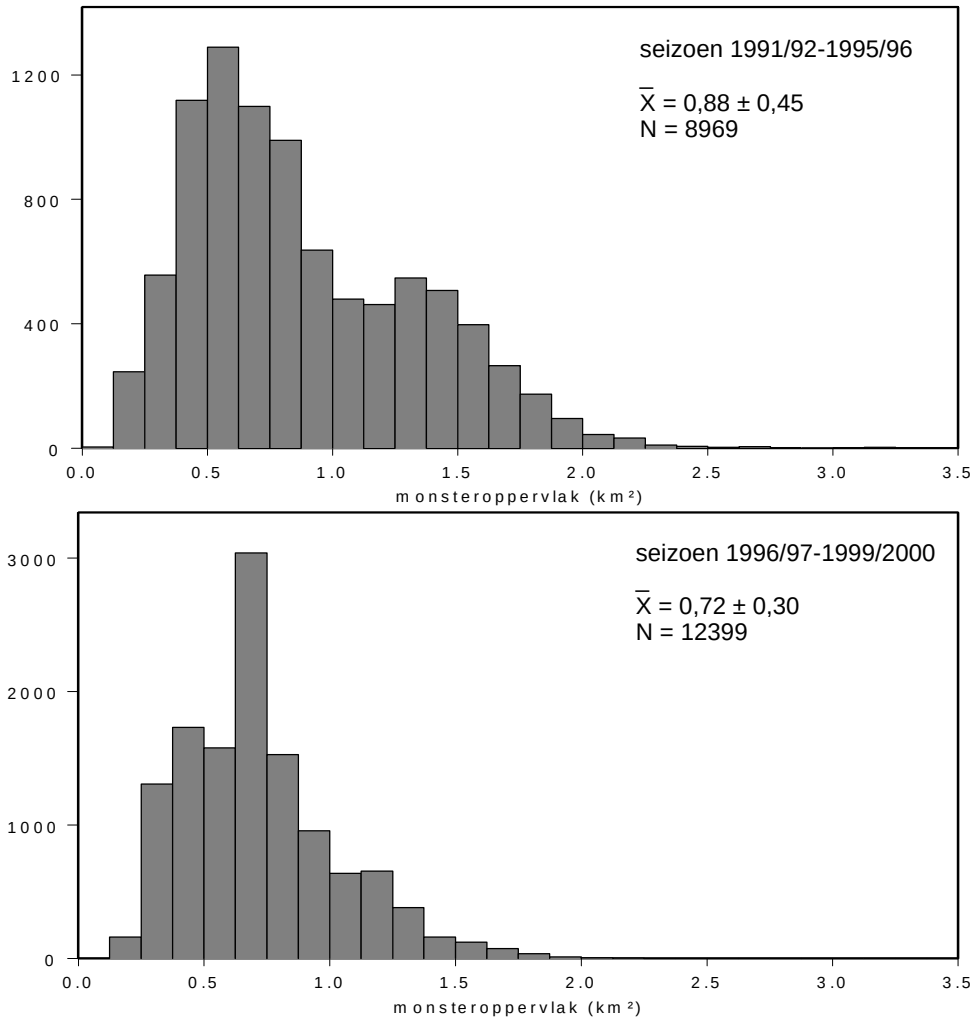
Seizoen	augustus/ september	oktober/ november	december/ januari	februari/ maart	april/ mei	juni/ juli
1991/92	1	1	1	14	n.v.t.	3
1992/93	16	4	5	1	1	1
1993/94	8	7	n.v.t.	n.v.t.	1	1
1994/95	4	1	n.v.t.	3	1	1
1995/96	1	3	n.v.t.	6	1	1
1996/97	2	14	8	3	2	1
1997/98	6	1	1	1	1	1
1998/99	7	1	1	1	6	6
1999/2000	1	n.v.t.	1	2	1	2

3.1.3 Aantal waarnemingen van een soort

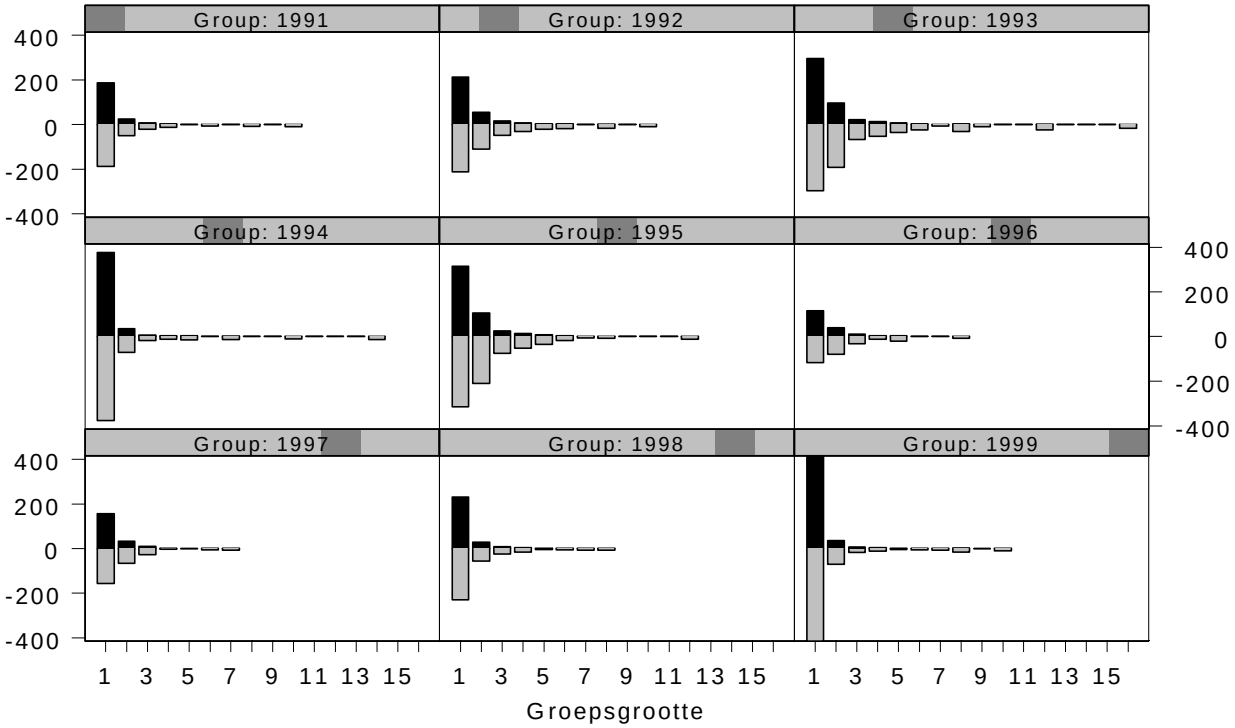
Bij een klein aantal monsters waarin een soort voorkomt (<30) is het vaak niet zinvol/mogelijk om een dergelijke bemonstering te modelleren. De modelanalyse zal dan meestal niet tot een betrouwbaar resultaat leiden. Dit valt echter vrijwel altijd samen met periodes waarin een soort vrijwel ontbreekt.

Tabel 5. Aantal monsters en percentage van het totaal aantal monsters waarin de Noordse Stormvogel is waargenomen (onderstreept = N<30).

Seizoen	augustus/ september	oktober/ november	december/ januari	februari/ maart	april/ mei	juni/ juli
1991/92	63 (23%)	*25 (10%)*	*28 (8%)*	32 (11%)	*0*	*20 (13%)*
1992/93	77 (28%)	100 (35%)	*14 (7%)*	66 (20%)	*10 (4%)*	38 (15%)
1993/94	60 (21%)	63 (28%)	*0*	*0*	30 (11%)	*18 (7%)*
1994/95	88 (26%)	56 (13%)	64 (18%)	*17 (5%)*	43 (10%)	55 (17%)
1995/96	82 (28%)	118 (15%)	*0*	53 (9%)	*16 (5%)*	*13 (3%)*
1996/97	54 (18%)	68 (16%)	43 (9%)	67 (16%)	74 (15%)	42 (10%)
1997/98	78 (18%)	52 (13%)	81 (19%)	118 (30%)	*22 (5%)*	62 (17%)
1998/99	116 (19%)	102 (20%)	51 (9%)	43 (7%)	*19 (5%)*	*15 (2%)*
1999/2000	169 (23%)	*8 (9%)*	72 (12%)	46 (7%)	*28 (3%)*	*17 (2%)*



Figuur 5a. Monstergrootte; histogrammen voor de seizoenen 1991/92-1995/96 en 1996/97-1999/2000.



Figuur 5b. Groepsgrootte; Noordse Stormvogel in augustus-september voor de seizoenen 1991/92-1999/2000. Positieve Y-as aantal groepen per klasse, negatieve Y-as aantal vogels per klasse (aantal groepen x groepsgrootte)

3.2 Exploratieve data-analyse

In deze fase worden de relaties met individuele parameters (zoals o.a. diepte en afstand tot de kust) en eventuele verbanden tussen parameters onderzocht. Voor de modelkeuze binnen de ruimtelijke analyses is het van belang te weten hoe je dataset is opgebouwd (mate van clustering). Dit wordt vooral gedaan om een beter inzicht in de datasets te krijgen. Aan de hand van de resultaten van deze analyses kunnen soms problemen/oplossingen al in een vroeg stadium worden ontdekt.

3.2.1 Verdelingen monstergrootte

De monstername heeft als uitkomst een dataset met dichtheden van zeevogels en zeezoogdieren, dus aantallen per km². De gemiddelde oppervlakte van een monster voor de dataset in de seizoenen 1992/93-1995/96 is 0.88 km² en voor de seizoenen 1996/97- 1999/2000 bedraagt deze 0.72 km² (figuur 5a).

3.2.2 Verdelingen groepsgrootte

Om inzicht te verkrijgen in de mate van clustering van de vogels worden de groepsgroottes weergegeven in een frequentiediagram (histogram). Op de positieve y-as staat daarbij de verdeling van de groepsgroottes en op de negatieve y-as het aantal vogels die bij een dergelijke klasse behoren (groepsgrootte maal aantal groepen).

Van de belangrijkste periode voor de Noordse Stormvogel; augustus/september, is zo'n histogram afgebeeld (figuur 5b). Noordse Stormvogels op open zee zijn meestal solitaire vogels maar komen soms ook in kleine groepjes voor. Groepen van meer dan 5 vogels zijn zeldzaam. Er zijn kleine verschillen tussen de jaren.

3.2.3 Relaties met fysische, geografische of biologische parameters

De tellingen van zeevogels en zeezoogdieren worden uitgevoerd op vaste routes, maar men is eigenlijk geïnteresseerd in de verspreiding over het hele NCP. Modellen voor de voorspelling van verspreiding van zeevogels kunnen daarbij worden gebaseerd op relaties tussen gemeten dichtheden en fysische, geografische of biologische parameters. De voorspellende waarde van dergelijke modellen wordt groter naarmate de correlaties met de parameters groter zijn. Om een model te maken dat enige voorspellende waarde heeft is de eerste stap het zoeken naar bruikbare parameters. Een elegante techniek die bij deze verkenning wordt gebruikt wordt is "Bootstrapping" (bijlage 3).

De bruikbaarheid van een parameter in de modellen wordt bepaald door een aantal voorwaarden:

1) Volledige dekking NCP.
Parameters die slechts gedeeltelijk voor het NCP bekend zijn, zijn niet bruikbaar omdat de analyse als doel heeft om het gehele NCP te beschrijven.

2) Tijdfactor bij dynamische parameters.
Fysische, natuurlijke en biologische processen op de Noordzee zijn dynamisch en deels verantwoordelijk voor de verspreiding van zeevogels op de Noordzee. Wil men de verspreiding goed modelleren (beschrijven/verklaren) dan moeten parameters gemeten worden binnen vergelijkbare tijdsperioden. Dit geldt met name voor biologische parameters. Vaak is deze informatie alleen voor een (beperkt) aantal monsterpunten beschikbaar.

3) Verdeling monsters over de parameter -ruimte
In een ideale situatie is het aandeel monsters behorende bij een klasse van een parameter (b.v. gebied 10-20 meter diep) vergelijkbaar groot als het aandeel van deze klasse binnen het NCP. Indien 10% van de monsters behoort bij een klasse die bijvoorbeeld meer dan 30% van het oppervlak van het NCP beslaat is deze klasse ondervertegenwoordigd in de bemonstering. Bij een erg ongelijke verdeling van de monsters over de parameter-ruimte is de betrouwbaarheid van de modeluitkomsten kleiner en zal het moeilijker zijn om een relatie te beschrijven tussen de parameter en de dichtheden. Daarom is het noodzakelijk de vliegroutes optimaal te spreiden (ruimtelijk) over het gehele NCP.

De volgende parameters zijn tijdens de analyse van de Noordse Stormvogel gebruikt: diepte en afstand tot de kust. Deze parameters zijn gekozen omdat ze voor het gehele NCP beschikbaar zijn. Bootstrapping laat zien dat de dichtheid van de Noordse Stormvogel zowel met de diepte als de afstand tot de kust een duidelijke relatie heeft (figuur 7). De relaties tussen gemeten dichtheden en parameters zijn zichtbaar gemaakt met zogenaamde “trellis”-grafieken. Het voordeel van deze wijze van presenteren is dat men inzicht krijgt in de variatie tussen de verschillende jaren.

3.3 Ruimtelijke statistiek

Indien met de exploratieve data analyse aangetoond is dat een dataset geschikt is om verder te analyseren kan een ruimtelijke analyse worden uitgevoerd. De ruimtelijke analyse verloopt in een aantal duidelijk definieerbare stappen (figuur 4). Een uitgebreidere bespreking van deze techniek is te vinden in Pebesma *et al.* 2000. In figuur 6 zijn de resultaten van een aantal van deze stappen zichtbaar gemaakt. Linksboven staan de gemeten dichtheden per monster in de vorm van een stippenkaart weergegeven. Rechtsboven staan nogmaals deze metingen maar nu samen met de voorspelling van het GLM-model. In gebieden met relatief grote stippen voorspelt de GLM de hoogste dichtheden. In de figuur linksonder is de ruimtelijke afhankelijkheid verwerkt door middel van een variogram/block-kriging analyse. Het grote verschil met het GLM-model is vooral te zien in een hogere concentratie midden op de Oestergronden.

3.3.1 Gegeneraliseerde Lineaire Modellen (GLM)

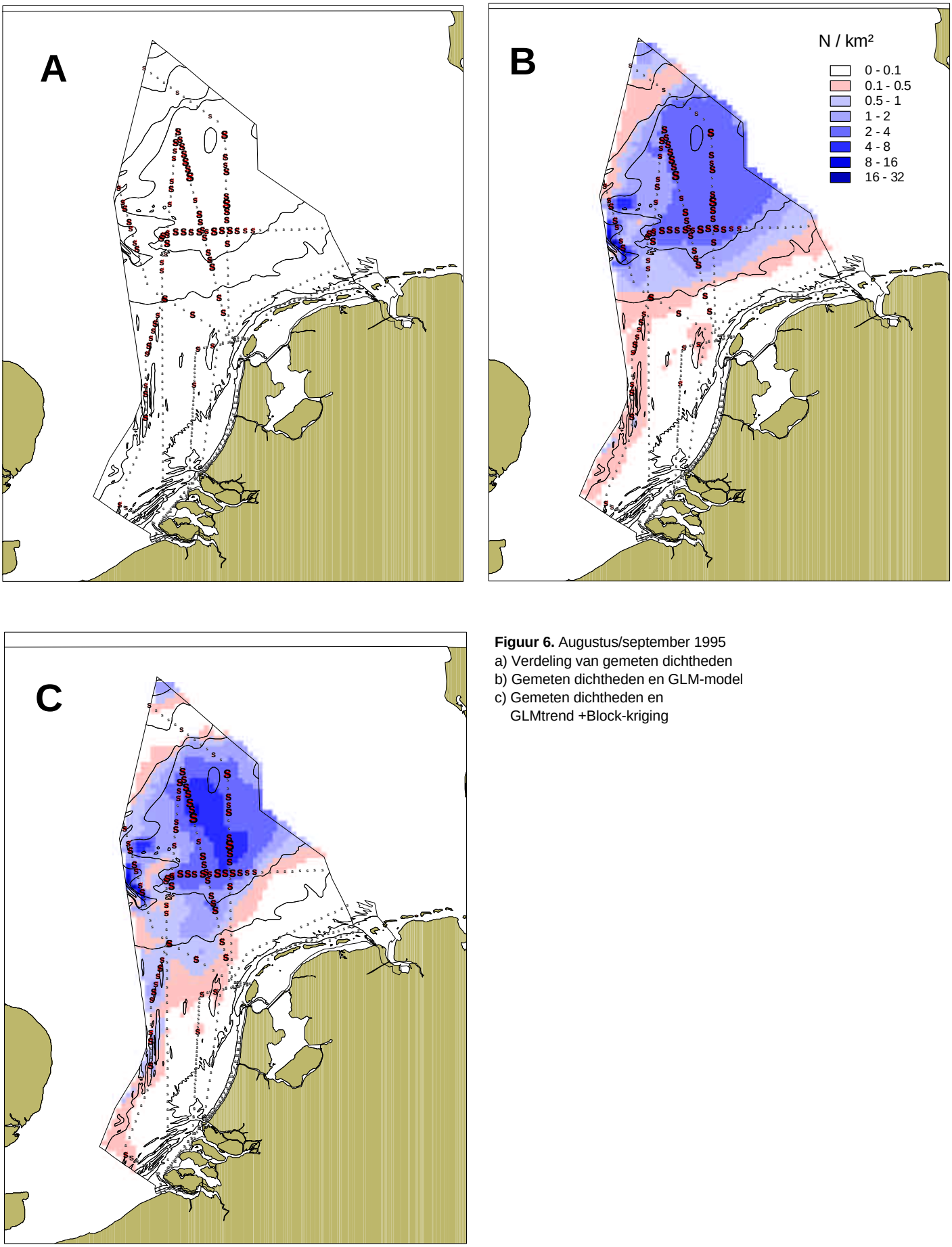
In de eerste stap wordt een regressiemodel gemaakt dat de relatie beschrijft tussen de dichtheid van een zeevogel en een aantal parameters (bijlage 3). Het gebruikte GLM-model houdt rekening met de aard van de monstername en is bij onze analyses altijd een Poisson-model. De uitkomst van deze bewerking is een model dat voor elke parameter aangeeft in hoeverre deze significant bijdraagt tot een beschrijving van de gemeten dichtheden. Voor elke gemeten dichtheid kan het model nu een voorspelling geven.

-Tabel met modelvoorspelling
Voor alle monsterpunten is met het beschreven model een dichtheid voorspeld. Daarnaast zijn voor alle waarnemingen ook de standaardfout van de voorspelde waarde, het logaritme van de voorspelde waarde en de “Pearson residual” berekend. Deze laatste waarde is een maat voor het verschil tussen de voorspelling en de meting en wordt later gebruikt in de variogrammen om de ruimtelijke afhankelijkheid te modelleren.

-Rapport met model-resultaten
De modelparameters en eventuele interacties tussen parameters kunnen op diverse manieren worden gekozen. In de huidige opzet is er standaard gewerkt met een Poisson-model wat rekening houdt met overdispersie (clustering).

3.3.2 Variogram

De volgende stap in de ruimtelijke analyse is het beschrijven van de ruimtelijke afhankelijkheid tussen de monsters; het variogram (bijlage 3). Deze techniek is vooral bedoeld om tijdens de uiteindelijke voorspelling voor het NCP zoveel mogelijk rekening te kunnen houden met ruimtelijke samenhang die in de monsters is gevonden. Uitgangspunt daarbij is het feit dat wanneer in een monster een hoge dichtheid is gemeten het te verwachten is dat in nabijgelegen monsters vaak ook hogere dichtheden voorkomen.



Figuur 6. Augustus/september 1995
a) Verdeling van gemeten dichtheden
b) Gemeten dichtheden en GLM-model
c) Gemeten dichtheden en GLMtrend +Block-kriging

Op basis van de ecologie van zeevogels zijn een aantal uitgangspunten gedefinieerd waaraan het model moet voldoen:

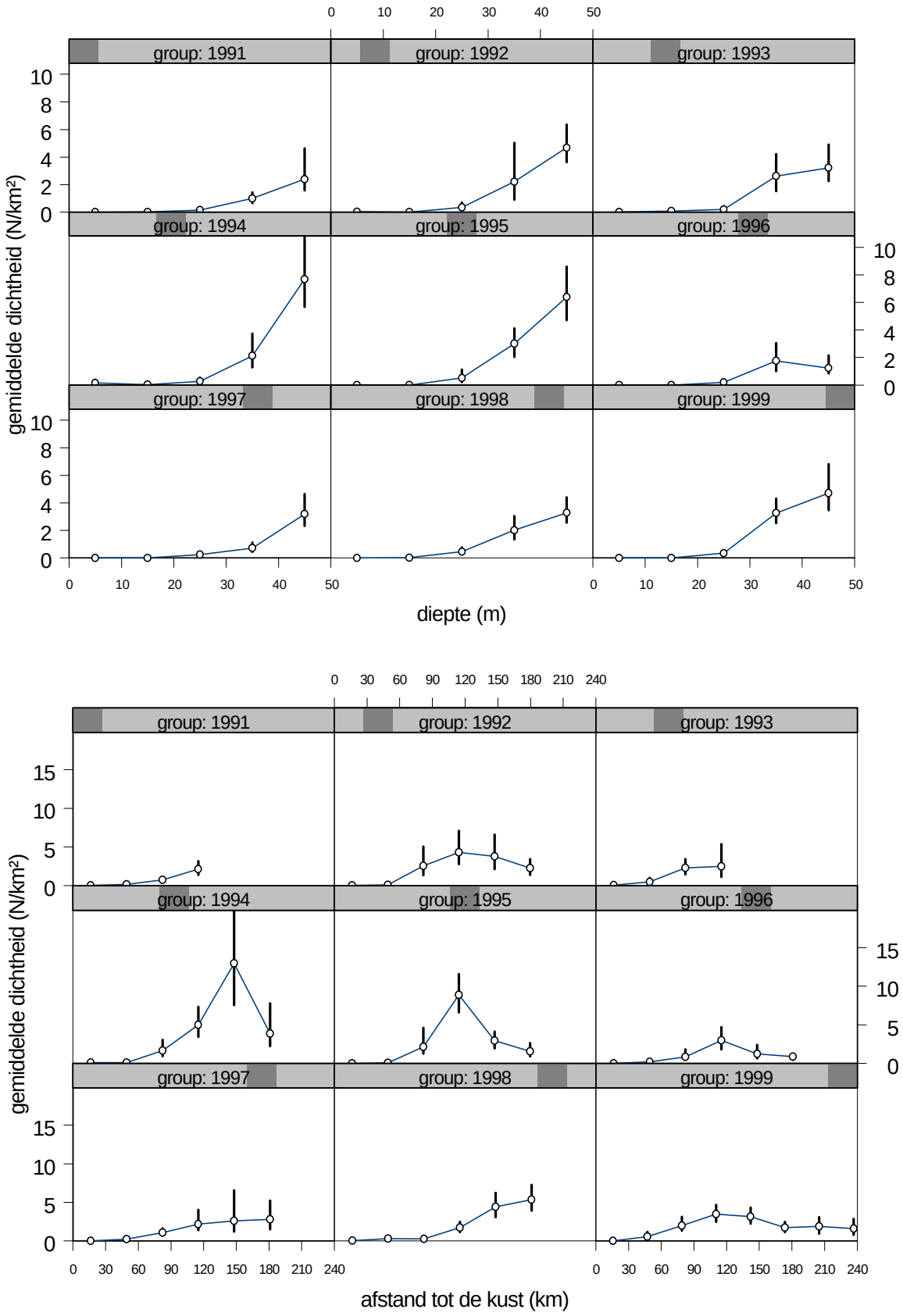
- monsterpunten die dicht bij elkaar liggen hebben vergelijkbare dichtheden
- verder uit elkaar gelegen monsterpunten hebben minder vergelijkbare dichtheden
- na een bepaalde afstand is er geen relatie meer te verwachten tussen de monsterpunten

Het variogram gebruikt de tabel met de verschillen (Pearson-residuen) tussen de voorspelling en de metingen die tijdens de GLM-analyse is aangemaakt. Omdat variogrammen erg gevoelig zijn voor extreme waarden worden alle monsters met een “Pearson-residu” groter dan 5 of kleiner dan -5 uit deze bewerking verwijderd. In de eindbewerking (block-kriging) worden deze monsters weer toegevoegd.

Allereerst wordt een empirisch variogram gemaakt, dit is een weergave van de ruimtelijke relatie tussen de dichtheden van de monsterpunten. Door een model (sferisch, lineair, gaussian) voor de ruimtelijke afhankelijkheid te kiezen wordt een theoretisch variogram verkregen.

3.3.3 Block-kriging

De laatste stap in de analyse is block-kriging, een optimale methode voor interpolatie. Kriging is een techniek die extra informatie uit de ruimtelijke samenhang (variogram) van de monsterpunten benut om tot een betere voorspelling te komen. Met het GLM-model, het theoretisch variogram en parameters van het NCP wordt voor elke gridcel (5x5 km) op het NCP de dichtheid van de geanalyseerde soort geschat. Daarnaast geeft deze analyse een standaardfout bij de schatting, de Kriging-variantie. De Kriging-variantie is een maat voor de kwaliteit van de ruimtelijke interpolatie. De Kriging-variantie is nul op de meetpunten en wordt groter naarmate een voorspelling verder van de meetpunten ligt.



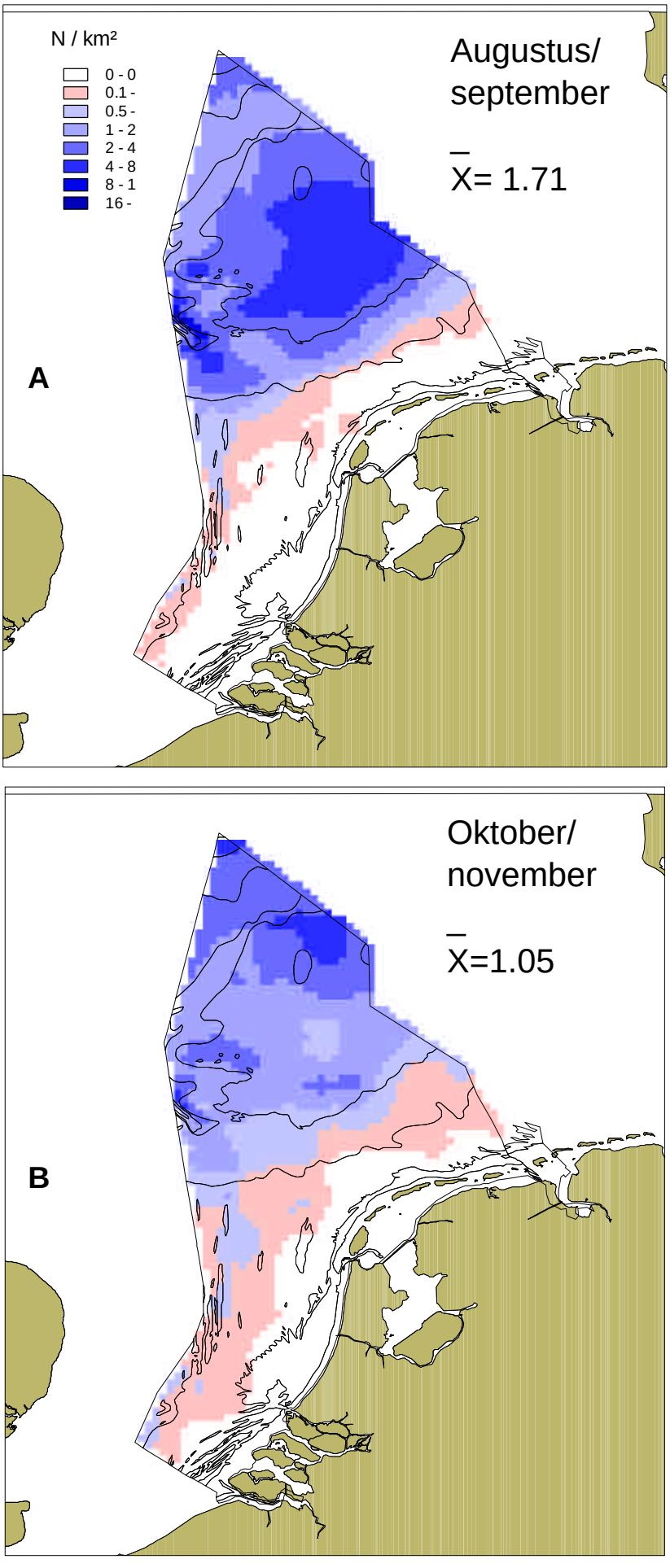
Figuur 7. Bootstrapping; voorbeeld Noordse Stormvogel (augustus/september 1991/92 - 1999/2000).
-bovenste figuur gemiddelde dichtheid per diepteklasse (klassebreedte = 10m)
-onderste figuur gemiddelde dichtheid voor diverse afstanden tot de kust (klassebreedte = 30Km)

Voorbeeld Noordse Stormvogel

De meeste Noordse Stormvogels worden waargenomen in de periode augustus/september, het is dus logisch dat in eerste instantie deze periode eruit gelicht wordt om te analyseren of er een relatie bestaat met externe parameters.

In figuur 7a is voor augustus/september een bootstrap analyse uitgevoerd met als variabele de diepte gegroepeerd per seizoen. In alle jaren is er een duidelijke relatie tussen de diepte en de gemeten dichtheden van de Noordse Stormvogel. Het patroon is voor vrijwel alle jaren vergelijkbaar; tot 30 meter diepte komen er weinig of geen Noordse Stormvogels voor en in het diepere deel van de Noordzee nemen de dichtheden toe. De verticale balkjes in de grafieken geven het 95% betrouwbaarheidsinterval van de gemiddelde dichtheid per diepteklasse aan. Voor meerdere jaren zijn de verschillen tussen de diepteklassen significant. Deze figuren zijn ook gemaakt voor de oktober/november t/m juni/juli (niet weergegeven) Oktober/november geeft hetzelfde beeld als augustus/september. In periode december/januari t/m juni/juli lijken dezelfde relaties te gelden maar door het relatief kleine aantal waarnemingen van Noordse Stormvogels in die perioden is de betrouwbaarheid erg klein.

In figuur 7b is voor augustus/september een bootstrap analyse uitgevoerd met als variabele de afstand tot de kust andermaal gegroepeerd per seizoen. Ook hier zien we een duidelijke relatie tussen deze parameter en de dichtheden van de Noordse Stormvogel. Het patroon verschilt wel tussen de jaren. Met name op grote afstanden tot de kust zijn er grote verschillen te zien. Op korte afstand tot de kust worden vrijwel geen Noordse Stormvogels waargenomen vanaf ongeveer 50 km uit de kust nemen de aantallen toe bij een grotere afstand tot de kust en vanaf ongeveer 150 km uit de kust zijn in de meeste jaren de dichtheden lager. Tot ongeveer 180 km zijn de verschillen tussen de klassen meestal significant, daarna is de spreiding groot. Wat in de grafieken opvalt is het regelmatig voorkomen van iets hogere dichtheden in de zone van 100-150 km. Deze relatie is voor de overige telperiodes minder duidelijk, dat wordt met name veroorzaakt door een klein aantal waarnemingen van Noordse Stormvogels waardoor de betrouwbaarheid gering is.



Figuur 8.Gemiddelde modelvoorspellingen (per 5x5 km gridcel) voor augustus/september en oktober/november in 1991/92 - 1999/2000.

4. Noordse Stormvogel 1991 - 2000

In deze rapportage is gekozen om het voorkomen van de Noordse Stormvogel te beschrijven. Dit is een uitgesproken zeevogel die vanuit het vliegtuig goed is waar te nemen. Alle Noordse Stormvogels die een duidelijk relatie met visserij-activiteiten vertoonden (soms grotere groepen) zijn niet in de analyses gebruikt. Voor minder dan 2% van alle monsters met Noordse Stormvogels is dit van toepassing.

4.1 Modelkeuze

Tijdens het bewerken van de gegevens bleek dat twee parameters (diepte en de afstand tot de kust) een relatief goede beschrijving van de gemeten dichtheden geven. De gebruikte modellen zijn beschrijvend en hebben niet als doel een causale verklaring van de gevonden verspreiding te geven.

In tabel 6 staat een overzicht van de verklaarde variantie zoals die uit de GLM-modellering is verkregen. Een hogere verklaarde variantie staat daarbij voor een beter beschrijvend model. In augustus/september en oktober/november werken de modellen duidelijk het beste, in veel gevallen wordt dan meer 50% van de variantie in de monsters verklaard door het model. In de andere maanden is dat duidelijk lager. Dit heeft alles te maken met het feit dat de dichtheden in deze maanden beduidend lager zijn. Daarmee neemt de trefkans - en daardoor het aantal monsters waarin Noordse Stormvogels worden gezien - sterk af. Bij een gering aantal monsters (<30) waarin Noordse Stormvogels zijn gezien werken de modellen vrijwel niet meer. De dichtheden in die periodes zijn echter ook laag (tabel 7).

Tabel 6. Percentage verklaarde variantie voor de model-analyses (n= monstergrootte; n.v.t. = model niet gemaakt)

Seizoen	augustus/ september	oktober/ november	december/ januari	februari/ maart	april/ mei	juni/ juli
1991/1992	60%(n=275)	68%(n=254)	43%(n=370)	19%(n=298)	n.v.t.	18%(n=156)
1992/1993	59%(n=278)	54%(n=285)	n.v.t.	30%(n=331)	30%(n=227)	36%(n=262)
1993/1994	56%(n=280)	61%(n=221)	n.v.t.	n.v.t.	18%(n=283)	28%(n=251)
1994/1995	57%(n=339)	52%(n=420)	44%(n=356)	12%(n=340)	44%(n=444)	19%(n=320)
1995/1996	74%(n=286)	33%(n=802)	n.v.t.	22%(n=577)	n.v.t.	16%(n=412)
1996/1997	47%(n=289)	39%(n=416)	26%(n=459)	10%(n=417)	45%(n=496)	25%(n=410)
1997/1998	51%(n=420)	42%(n=410)	24%(n=425)	22%(n=388)	26%(n=477)	27%(n=370)
1998/1999	59%(n=595)	46%(n=517)	34%(n=533)	21%(n=600)	21%(n=416)	42%(n=656)
1999/2000	58%(n=730)	n.v.t.	13%(n=592)	19%(n=689)	7%(n=1046)	22%(n=860)

Tabel 7. Gemiddelde voorspelde dichtheid (N/km²) voor het NCP
(* = model niet voor gehele NCP toegepast, n.v.t. = te weinig monsters om model te vormen)

Seizoen	augustus/ september	oktober/ november	december/ januari	februari/ maart	april/ mei	juni/ juli
1991/1992	1.00	0.84	0.18	0.25*	n.v.t.	0.23
1992/1993	2.07	1.93	n.v.t.	0.46	0.07	0.35
1993/1994	1.35	2.16*	n.v.t.	n.v.t.	0.32	0.15
1994/1995	3.09	0.65	0.66	0.13	0.82	0.47
1995/1996	2.31	1.31	n.v.t.	0.41	n.v.t.	0.06
1996/1997	0.75	0.83	0.22	0.54	0.86	0.43
1997/1998	1.04	0.56	0.63	0.75	0.18	0.48
1998/1999	1.80	1.29	0.34	0.17	0.12	0.09
1999/2000	1.98	n.v.t.	0.37	0.30	0.06	0.09
1991-1995	1.96	1.18	n.v.t.	0.31	0.41	0.25
1996-1999	1.39	0.90	0.39	0.44	0.31	0.27
1991-1999	1.71	1.05	0.40	0.37	0.35	0.26

4.2 Verspreiding Noordse Stormvogel op het NCP

De hierna beschreven analyses zijn gebaseerd op de monsters die tussen 1991/1992 en 1999/2000 zijn verzameld (>21000). In bijna 2700 (12%) van deze monsters zijn Noordse Stormvogels waargenomen.

Bij de beschrijving van de verspreiding van Noordse Stormvogels is steeds uitgegaan van de kaartbeelden die de gemiddelde dichtheid per 5x5km gridcel op de Noordzee weergeven. Deze dichtheden zijn berekend als het rekenkundig gemiddelde van de modelvoorspellingen voor de gridcellen tussen 1991/92-1999/2000 (figuur 8 en 9). Daarnaast is gebruik gemaakt van gemiddelde kaartbeelden voor twee periodes; nl. 1991/92-1995/96 en 1996/97-1999/2000. Deze kaartbeelden zijn terug te vinden in bijlage 4.

4.2.1 Augustus/september

De gemiddelde verspreiding over de jaren 1991-1999 is vrijwel beperkt tot het gebied ten noorden van de lijn 53°30' N (figuur 8a). De hoogste dichtheden zijn in vrijwel alle jaren op de Oestergronden en het Friese Front (vooral dieper dan 40m) gemeten. In gebieden ondieper dan 30 meter zijn Noordse Stormvogels minder algemeen.

Gedurende de seizoenen 1991/92-1995/96 worden de hoogste dichtheden vrijwel altijd op de oostrand van de Oestergronden vastgesteld (uitgezonderd 1993). Na 1995/96 is er sprake van een vrijwel jaarlijks wisselend beeld. Vooral in 1996/97 is de verspreiding erg afwijkend, met een concentratie rondom de Klaverbank (westzijde). Maar ook in 1998 is de verspreiding andermaal afwijkend, de dichtheden zijn dan vooral op de Doggersbank hoog. In 1997/98 en 1999/2000 is het beeld meer vergelijkbaar met de eerdere jaren.
De gemiddelde dichtheid voor het NCP over alle jaren (excl. 1993) bedraagt 1.71/km^2 . Deze varieert van slechts 0.75/km^2 (1996) tot

3.09/km^2 (1994). De gemiddelde dichtheid over de seizoenen 1991/92-1995/96 is 1.96/km^2 en over 1996/97-1999/2000 is deze 1.39/km^2.

4.2.2 Oktober/november

Concentraties komen in deze maanden noordelijker op de Noordzee voor dan in augustus/september (figuur 8b). Vaak worden de concentraties op of net ten zuiden van de Doggersbank waargenomen. Ook rondom de Bruine Bank in de Zuidelijke bocht worden aanzienlijk meer Noordse Stormvogels waargenomen dan in de voorgaande periode. Het seizoen 1993 is afwijkend omdat er een concentratie aan de zuidzijde van de Oestergronden is te vinden. Zowel de dichtheden als de verspreiding lijken daarbij meer op de “normale” verspreiding in augustus/september. Het model in seizoen 1993 is echter niet voor het hele NCP te gebruiken omdat één van de tellingen is uitgevallen.

Het gebied met dichtheden hoger dan 0.1/km^2 is in deze periode duidelijk groter dan in augustus/september. Het gebied met hogere concentraties is echter kleiner geworden.

De verschillen tussen de seizoenen zijn andermaal erg groot, zo werden in het seizoen 1997/98 alleen in het noordelijkste deel van het NCP Noordse Stormvogels waargenomen en zaten ze in 1992 en 1993 relatief dicht bij de kustlijn.

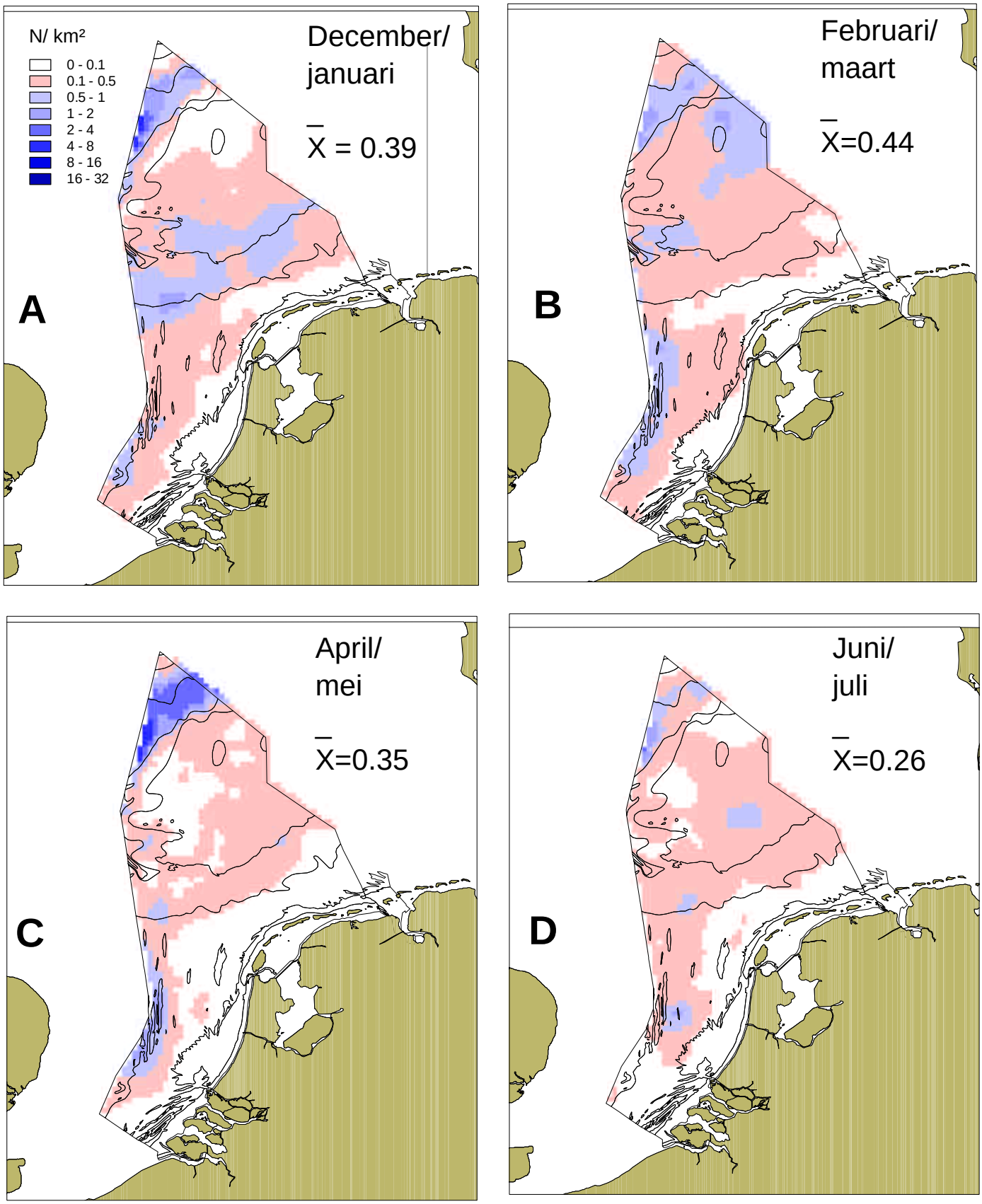
De gemiddelde dichtheid over alle jaren (excl. 1993) bedraagt 1.05/km², en varieert van slechts 0.56/ km^2 in 1997 tot 2.16/ km^2 in 1993. Over de eerste seizoenen (1991/92-1995/96 (excl. 1993/94)) was de dichtheid gemiddeld 1.18/km², over de seizoenen 1996/97-1998/99 bedroeg deze 0.90/km²,.

4.2.3 December/januari

In vergelijking met de voorgaande maanden is er vanaf dit moment geen sprake meer van duidelijke concentraties (figuur 9a). Over een groot deel van de Noordzee komen Noordse Stormvogels voor in lage dichtheden. Het gebied met dichtheden >0.1/ km^2 is nog steeds vergelijkbaar groot met oktober/november.

De verspreiding is jaarlijks verschillend en kenmerkt zich door wisselende kleine gebieden met concentraties. In sommige jaren worden Noordse Stormvogels over een groter deel van het gebied waargenomen, in andere jaren in een zeer beperkt gebied. De jaarlijkse dichtheden variëren van 0.18/km^2 (1991) tot 0.66/km^2 (1994).

De gemiddelde dichtheid over de seizoenen 1996-99 bedroeg 0.39/km^2. Een vergelijking met eerdere jaren is niet goed mogelijk omdat er slechts twee tellingen vóór 1996 beschikbaar zijn (1991 en 1994). Het gemiddelde voor deze seizoenen is 0.42/km^2 en daarmee wel vergelijkbaar hoog.



Figuur 9. gemiddelde modelvoorspellingen (per gridcel) voor de maanden december/januari - juni/juli over de seizoenen 1991/92 - 1999/2000

4.2.4 Februari/maart

Evenals in december/januari is er alleen sprake van een groot gebied met lage dichtheden en zijn er geen duidelijke concentraties (figuur 9b). De grootte van het gebied met lage dichtheden lijkt te zijn toegenomen in vergelijking met de voorgaande maanden

De onderliggende verspreidingspatronen zijn jaarlijks verschillend. In sommige jaren zijn er relatief grote gebieden waar Noordse Stormvogels werden aangetroffen, in andere jaren betreft het een zeer klein deel van de Noordzee. De jaarlijkse dichtheden variëren tussen 0.13/km^2 (1994) en 0.75/km^2 (1997).

De gemiddelde dichtheid over alle jaren (excl. 1992) bedraagt 0.39/km^2. In de jaren 1992-1995 bedroeg het gemiddelde 0.33/km^2 en in de jaren 1996-99 0.44/km^2.

4.2.5 April/mei

Het beeld in deze maanden is enigszins afwijkend van de voorgaande maanden(figuur 9c). Andermaal is er sprake van een groot gebied met voornamelijk lage dichtheden. Nu is echter wel een duidelijke concentratie aan te geven. Op de Doggersbank worden hogere dichtheden aangetroffen dan in de voorgaande periodes. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat er zowel in 1994/95 als in 1996/97 in dat gebied opmerkelijk hoge dichtheden zijn waargenomen. In 1994/95 en in minder mate in 1996/97 zaten er daarnaast ook nog relatief hoge dichtheden op de Bruine Bank. In de overige jaren is sprake van zeer lage dichtheden (soms vrijwel geen vogels). De dichtheden variëren van 0.06/km^2 in 1999/2000 tot 0.86/km^2 in 1996/97.

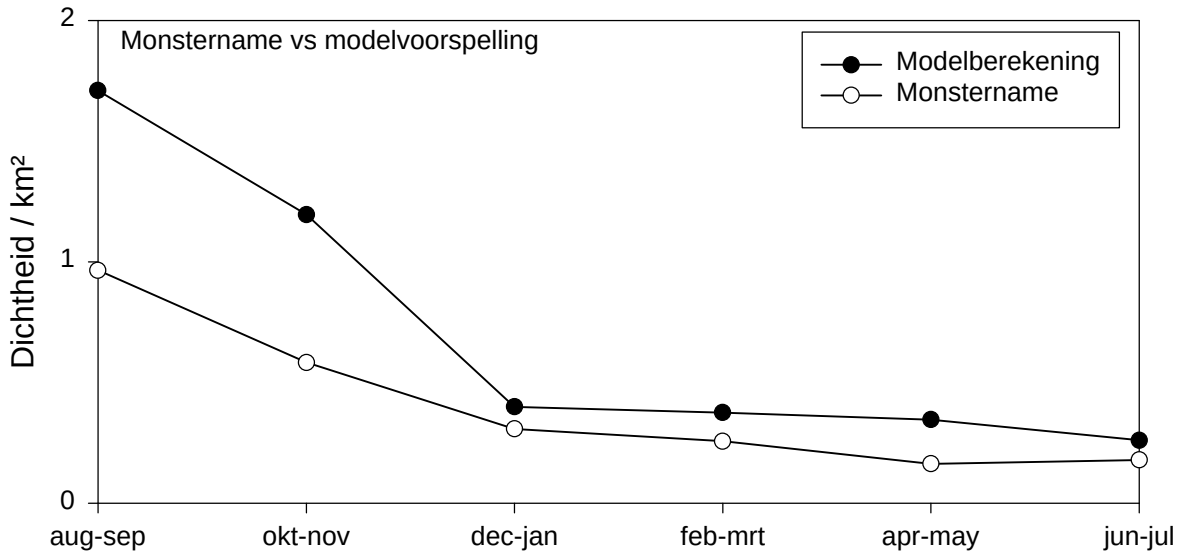
De gemiddelde dichtheid over alle jaren is 0.35/km^2, indien de twee jaren met hoge concentraties niet worden meegenomen is de dichtheid slechts 0.17/km^2. In de seizoenen 1992-1994 was de gemiddelde dichtheid 0.41/km^2 (excl. 1994, 0.19/km^2) en in 1996/97-1999/2000 was deze 0.31/km^2 (excl. 1996 0.12/ km^2).

4.2.6 Juni/juli

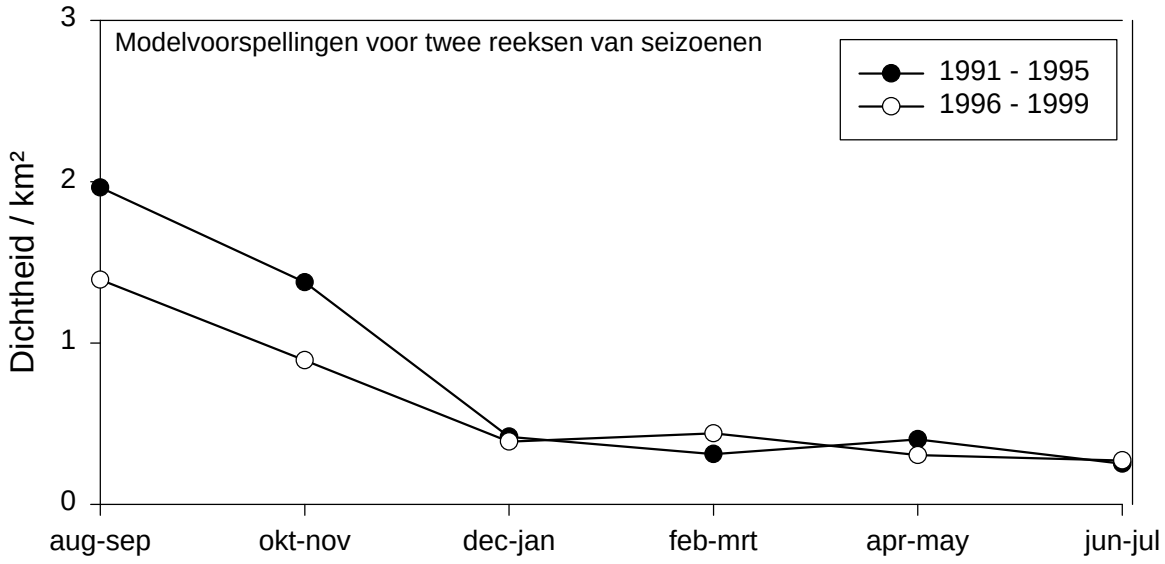
Ook in deze maanden is sprake van een groot gebied waar lage dichtheden voorkomen (figuur 9d). Van concentraties is dus andermaal geen sprake.

De verschillen tussen jaren zijn minder groot dan in de voorgaande twee maanden, met als laagste dichtheid 0.06/km² (1995/96) en als hoogste 0.48/km² (1997/98). In de meeste jaren zijn slechts enkele groepjes Noordse Stormvogels verspreid over het NCP gezien.

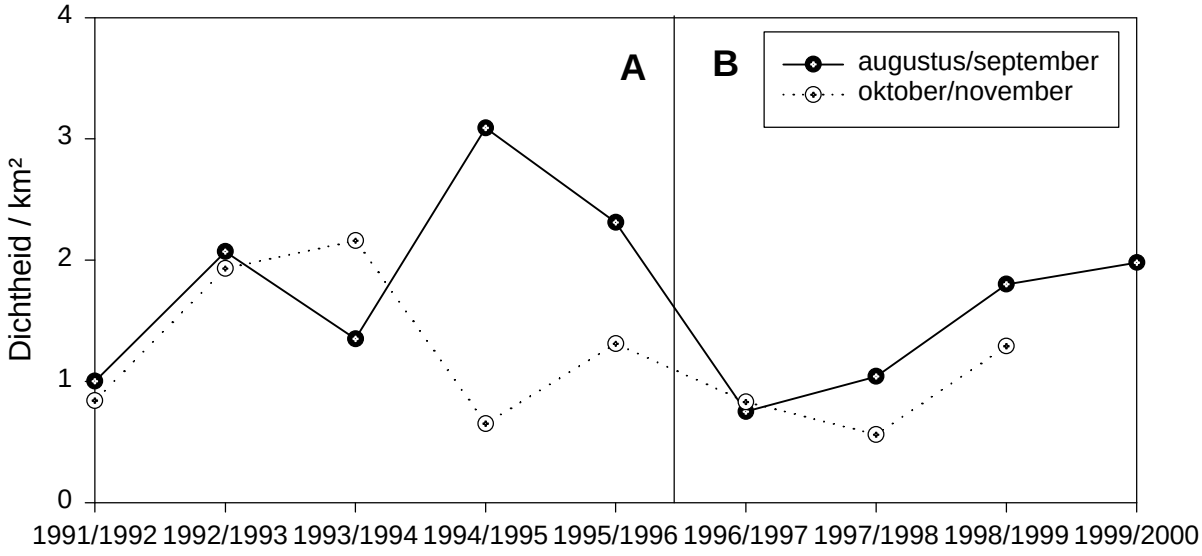
De gemiddelde dichtheid is het laagste over alle periodes, over de seizoenen 1991/92-1999/2000 bedraagt deze 0.26/km^2. In de seizoenen 1991/92-1995/96 was dit 0.25/km^2 en in de periode 1996/97-1999/2000 was het 0.27/km^2.



Figuur 10a. Gemiddelde dichtheid per tweemaandelijkse telperiode voor de monstername en de modelvoorspellingen (gridcellen)



Figuur 10b. Gemiddelde modelvoorspelling per twee maandelijkse telperiode voor 1991/92-1995/96 en 1996/97-1999/2000



Figuur 10c. Gemiddelde modeldichtheid voor augustus/september en oktober/november)

4.2.7 Algemeen seizoenspatroon

Na het broedseizoen (in augustus/september) komen vooral in het noordelijke deel van het NCP hoge dichtheden van Noordse Stormvogels voor. De concentratie van het gebied met hoge dichtheden ligt centraal op de Oestergronden. In de periode oktober/november is de concentratie verder noordelijk (nabij de Doggersbank) op het NCP gelegen. Het gebied waarin de dichtheden hoger zijn dan 0.1/km^2 is beduidend groter dan in augustus/september. Na november nemen de gemiddelde dichtheden snel af, het verspreidingsgebied blijft grotendeels vergelijkbaar maar er komen geen duidelijke concentraties meer voor. Dit beeld blijft grotendeels hetzelfde tot in april/mei, dan komen opnieuw (althans in sommige jaren) concentraties voor boven de Doggersbank en rondom de Bruine Bank. In juni/juli zijn de dichtheden het laagst maar blijft het verspreidingsgebied nog steeds erg vergelijkbaar.

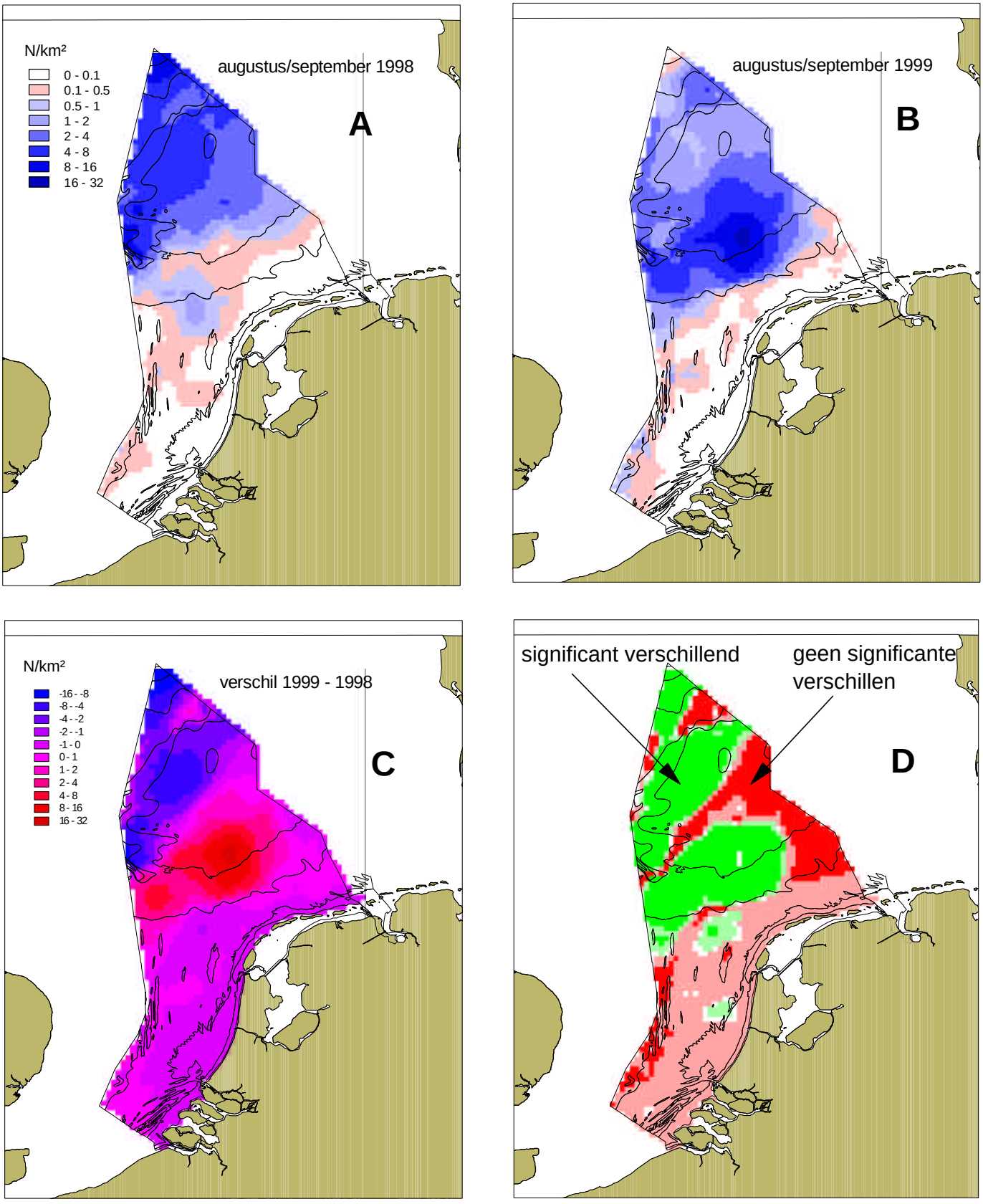
4.3 Seizoenspatronen en trend

4.3.1 Seizoenspatronen

Om een vergelijking te maken is de set van negen seizoenen gesplitst in twee delen.
Deel A staat voor 1991/92-1995/96 (5 seizoenen) en deel B voor de seizoenen 1996/97- 1999/2000 (4 seizoenen). Zowel de gemiddelde dichtheid van de monsters als de modelvoorspellingen laten een duidelijke piek zien in augustus/september (figuur 10a). Over alle seizoenen bedroeg de gemiddelde dichtheid van de monsters in deze telperiode 0.97/km^2, de modellen voorspellen een gemiddelde dichtheid van 1.71/km^2. Dit laatste is niet onverwacht, de relatief veel monsters worden namelijk dicht bij de kust verzameld en daar zijn Noordse Stormvogels meestal afwezig. Daardoor zijn lage dichtheden oververtegenwoordigd in de monstername. Ook de gevonden seizoenpatronen (monsters - modellen) wijken daardoor van elkaar af. De modellen voorspellen hogere dichtheden dan de metingen en het verschil daartussen is zowel relatief als absoluut gezien niet constant.

4.3.2 Trends

Indien we de modelvoorspellingen uit de seizoenen 1991-1995 en 1996-1999 vergelijken valt op dat de dichtheden in de periode december/januari tot juni/juli over beide periodes erg vergelijkbaar zijn (figuur 10b). Daarentegen zijn de dichtheden in augustus/september en oktober/november in de periode 1991-95 30-40% hoger dan in de periode 1996-99 (figuur 10c). Dit verschil is zowel voor augustus/september als voor oktober/november aanwezig en daarmee is het waarschijnlijk dat dit verschil realistisch is. In hoeverre sprake is van een significant verschil is vooralsnog niet aan te geven.



Figuur 11. a) modelvoorspelling augustus/september 1998
b) modelvoorspelling augustus/september 1999
c) verschillen tussen modelvoorspellingen 1999 en 1998
d) significante verschillen

4.4 Betrouwbaarheid modelvoorspellingen

Naast modelvoorspellingen levert de ruimtelijke analyse ook een standaardfout voor iedere voorspelde gridcel (5x5km). Bij een normaal verdeelde parameter is de 95%-betrouwbaarheid van de voorspellingen te bereken door de standaardfout met twee te vermenigvuldigen en deze bij de voorspelde waarde op te tellen dan wel af te trekken.

In de figuur 11a-d staat weergegeven in hoeverre de modellen van augustus/september 1998 verschillen van die voor de periode augustus/september 1999.

Allereerst is daartoe de voorspelde waarde van 1998 van de waardes in 1999 afgetrokken (figuur 11c). Duidelijk is te zien dat in het rode (hogere dichtheid in 1999) en blauwe (lagere dichtheid in 1999) gedeelte de dichtheden zijn veranderd. De standaardfout van het verschil is de wortel van de som van de varianties.

Waar het betrouwbaarheidsinterval kleiner is dan het verschil tussen 1998 en 1999 is sprake van een significant verschil tussen deze jaren (groen gebied in figuur 11d). Het verschil is significant als het verschil plus 2x standaard fout en het verschil minus 2x standaard fout beiden positief of beiden negatief zijn.

In figuur 11d is te zien dat alle grotere verschillen tussen die jaren (rood en blauw gebied in figuur 11c) significant zijn.

4.5 Vergelijking met andere rapportages

Rapportages die specifiek over het voorkomen van Noordse Stormvogels op het Nederlands Continentaal Plat handelen zijn schaars (Baptist & Wolf 1993, Camphuysen & Leopold 1994).

Alleen de periode augustus/september en oktober/november (piek in de dichtheden) wordt hieronder vergeleken met andere bronnen.

Baptist & Wolf (1993) noemen voor de periode augustus tot november zowel in de jaren 1985 - 1988 als voor 1989 - 1992 een totaal van 80 000 individuen. Camphuysen & Leopold (1994) komen tot een iets hogere waarde. Zij noemen voor de periode 1985 - 1993 een totaal van 114 000 Noordse Stormvogels. De door ons geschatte gemiddelde dichtheid van 1.71/km² komt overeen (NCP = 59 300 km²) met 101 000 Noordse Stormvogels.

Voor de periode oktober/november schatten Baptist & Wolf(1993) het totaal op ruim 30 000. Camphuysen & Leopold (1995) noemen een totaal van 43 400 ex. De door ons geschatte dichtheid in die periode is 1.05/km² overeenkomend met een totaal van 62 200 ex.

5. Conclusies en aanbevelingen

Nieuwe technieken in de ruimtelijke analyses en aanpassingen in de telmethodiek hebben het mogelijk gemaakt schattingen te geven van de verspreiding en dichtheden van zeevogels op het NCP.

5.1 Methodische aanpassingen

Door aanpassingen in de telmethode heeft een verdere optimalisatie van de bemonsteringen plaatsgevonden.

- De routes zijn in 1999 aangepast om een optimale ruimtelijke dekking op de Noordzee te verkrijgen met een zelfde inspanning(vlieguren).
- Door een GPS te gebruiken is een nauwkeurige plaatsbepaling mogelijk.
- Door additioneel onderzoek zijn de stripbreedtes per teller gecalibreerd hetgeen leidt tot een betere schatting van het bemonsterd oppervlak.
- Door de opdeling van de telstrip in twee stroken is een beeld ontstaan van de “telbaarheid” van de afzonderlijke soorten. Bij de huidige analyses is hier nog geen gebruik van gemaakt. Door deze opdeling ontstaat een verdubbeling van het aantal monsters hetgeen voor toekomstige analyses gunstig is.
- In het komend jaar zullen monsters in plaats van twee minuten nog slechts één minuut beslaan. Andermaal wordt daardoor het aantal monsters verdubbeld.

5.2 Voorkomen Noordse Stormvogel 1991-2000

- Hoge dichtheden van Noordse Stormvogels komen vooral voor in het diepere deel (>30 meter) van het NCP.
- Hoge dichtheden worden in augustus/september(1.71/km²) gemeten, maar in ook oktober/november (1.05/km²) zijn nog relatief hoge dichtheden aanwezig.
- Vanaf december tot juli zijn de dichtheden veel lager (gem. 0.26 - 0.44/km²).
- De verschillen tussen individuele jaren binnen één telperiode zijn groot.
- De concentraties van Noordse Stormvogels in augustus/september en oktober/november zijn op verschillende plaatsen van het NCP aanwezig.
- De dichtheden in augustus/september en oktober/november zijn in de seizoenen 1996-1999 gemiddeld lager dan in de seizoenen 1991-1995. Of dit een gevolg is van natuurlijke fluctuaties of een trend is nog niet duidelijk.

5.3 Resterende knelpunten

Tijdens het analyseren kwamen een aantal zaken aan het licht waarmee in de toekomst rekening dient te worden gehouden:

- Eén van de grootste knelpunten om tot betere modellen te komen is het ontbreken van NCP-dekkende fysische, geografische en biologische parameters. Vooral deze laatste zouden ook meer inzicht in eventuele causale verklaringen kunnen geven voor de gevonden verspreidingsbeelden.
- De verklaarde variantie was bij de analyses van Noordse Stormvogels vaak meer dan 50% hetgeen een prima resultaat is. Bij lage dichtheden neemt de verklaarde variantie echter duidelijk af. Bij soorten met lage dichtheden neemt daarmee in de meeste gevallen de betrouwbaarheid van de modeluitkomsten af.
- In de huidige analyses is nog niet getracht om trends te analyseren. Dit blijft wel een van de onderliggende doelstellingen van dit monitoring-programma.

Literatuur

Baptist H.J.M. & Wolf P. 1993. Atlas van de vogels van het Nederlands Continentaal Plat. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdenwateren. Rapport DGW- 93.013.

Baptist H.J.M. 2000. Ecosysteemdoelen Noordzee: Vogels. Werkdocument RIKZ/OS/2000.817x Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.

Witte R.H., Berrevoets C.M. & Baptist H.J.M. 2000. Monitoring zeevogels en zeezoogdieren op het NCP. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/IT/2000.838x

Camphuysen C.J., Leopold M.F. 1994. Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN research Report 94/6. NIOZ-report 1994-8. Institute for Forestry and Nature Research, Dutch Seabird Group and Netherlands Institute for Sea Research. Texel.

Lam L, Duin R.N.M. & Berrevoets C.M. 2001. Software t.b.v. vogelanalyse in S-PLUS. Werkdocument RIKZ/2001.018x. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Den Haag

Leaper G.M. 1995. Ecological profile of the Fulmar *Fulmarus glacialis*.

Stone C.J., Webb A., Barton C., Ratcliffe N., Teed T.C., Tasker M.L., Camphuysen C.J. & Pienkowski M.W. 1995. An atlas of seabird distribution in north-west European waters. Joint Nature Conservation Committee. Peterborough U.K.

Pebesma E.J., Duin R.N.M. & Bio A.M.F. 2000. Spatial interpolation of sea bird densities on the Dutch part of the North Sea. Universiteit Utrecht, Centre for Landscape Dynamics. ICG-rapport 00/10.

Bijlagen :

Bijlage 1: Dataverwerking

1. monsterpositie

In de seizoenen 1991/92-1997/98 werd de gevlogen route gereconstrueerd door de positie van het vliegtuig met bijbehorend tijdstip in het veld bij elke koerswijziging (keerpunt), op een formulier vast te leggen. Sinds het seizoen 1998 is de positiebepaling sterk verbeterd en wordt de positie elke tien seconden vastgelegd met een Global Positioning System (GPS). Daarnaast worden de navigatie-gegevens (backup) ook nog steeds genoteerd op elk keerpunt. De teller legt begin en eindtijd van zijn monster vast (recorder). Door uit de navigatie-gegevens de bijbehorende begin en eindposities te halen kan een monsterpositie (het midden) worden uitgerekend (figuur 2).

2. inwinnen teldata

Per monster worden genoteerd:
a) Teller en plaats in het vliegtuig (stuurboord of bakboord). Dit is belangrijk omdat de stripbreedtes per teller en per zijde van het vliegtuig verschillend zijn.
b) Begin tijdstip en duur monstername. Nodig om monstergrootte en monsterpositie te bepalen.
c) Soort. Vrijwel altijd worden de waargenomen zeevogels/ zeezoogdieren op soort gedetermineerd. Een aantal soorten zijn tot soortgroepen gecombineerd omdat ze vanuit een vliegtuig niet zijn te onderscheiden. Een voorbeeld daarvan is Alk en Zeekoet die niet te onderscheiden zijn vanuit een vliegtuig. Indien geen soorten worden gezien in een monster wordt een “leeg” monster aangemaakt; ook nulwaarnemingen zijn namelijk van belang bij de analyses.
d) Leeftijd. Indien een soort duidelijke leeftijdskenmerken heeft worden de gegevens in leeftijdscategorieën verzameld (o.a. Jan van Gent)
e) Aantal. Om de gemiddelde groepsgrootte en frequentieverdeling van groepsgrootte te kunnen analyseren worden de getelde zeevogels/zeezoogdieren per groep genoteerd. In één monster kan één soort daardoor meerdere malen voorkomen.
f) Associatie. Indien er oorzaken aan te geven zijn waardoor vogels als groep voorkomen noemen we dat een associatie. Dat kan een vissersboot zijn die zeevogels aantrekt, maar ook groep van zeevogels (diverse soorten) die samen op één plaats zitten(foerageren).

3. monstergrootte

Voor de vertaling van getelde aantallen in een telstrook naar dichtheden is het bemonsterde oppervlak van belang; deze wordt bepaald door de duur van de monstername, de vliegsnelheid en de stripbreedte (figuur 2).

a) duur monstername
Het is voor de statistische analyse belangrijk om monsters te verzamelen met een vergelijkbare grootte (Pebesma *et al.* 2000). Daartoe is er voor gekozen om de tellingen te standaardiseren tot twee minuten. Binnenkort zal de duur verkleind worden tot één minuut, waardoor het aantal monsters zal verdubbelen.

b) vliegsnelheid
De kusttocht wordt gevlogen met een eenmotorig vliegtuig (Cessna 172), de beide offshore tochten met een tweemotorig toestel (Piper Navajo). Bij het tweemotorig toestel is de gemiddelde vliegsnelheid hoger (éénmotorig 167 km/uur, tweemotorig 228 km/uur). Afhankelijk van meewind of tegenwind wordt er respectievelijk harder of langzamer gevlogen. Het éénmotorige toestel is gevoeliger voor wind en de variatie in snelheden is daardoor groter dan bij het tweemotorige toestel.

c) stripbreedte

Een teller telt binnen een strip van ongeveer 100 meter breed alle zeevogels/zeezoogdieren. Om tot een constante stripbreedte per waarnemer te komen is ervaring nodig. Handige hulpmiddelen om zo constant mogelijk te werken zijn vaste referentiepunten (klinknagels) op de vliegtuigvleugel. Tijdens elke vlucht doen de tellers daarnaast enkele metingen om de getelde strookbreedte te schatten (figuur 12, bijlage 2).

4. dataverwerking

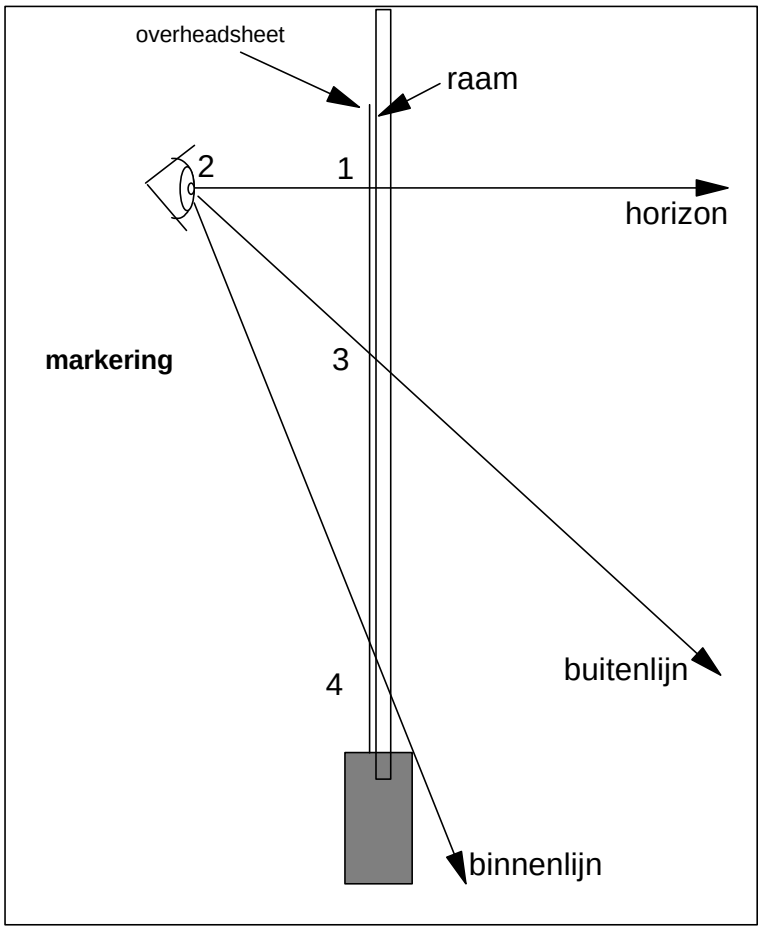
In het veld zijn telgegevens en navigatiegegevens verzameld. Deze worden ingevoerd in een database en vertaald naar twee datastructuren:
1) gesommeerde aantallen per soort per monster (diverse groepen)
- monsterposities worden aan de monsters gekoppeld en daarna opgeslagen.
2) dichtheden per monster per soort
- aan de hand van het geschatte monsteroppervlak en het totaal getelde aantal vogels in een monster wordt de dichtheid per soort uitgerekend.

5. controle invoer telgegevens

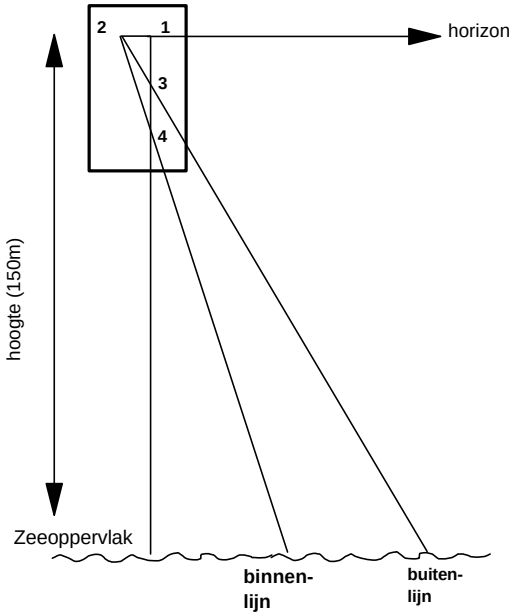
De navigatiegegevens en de telgegevens worden gecontroleerd. Navigatiegegevens worden gecontroleerd door ze allereerst als een route (lijn) te printen. Gekeken wordt of de gevlogen routes overeenkomen met de standaardroutes en of geen delen van de route (b.v. door het uitvallen van de GPS) ontbreken. De ingevoerde tellingen worden allemaal vergeleken met de originele telformulieren om invoerfouten op te zoeken. Na aanpassing van eventuele fouten worden alle velden in de database gecontroleerd op afwijkende waarden.

6. eindbewerking

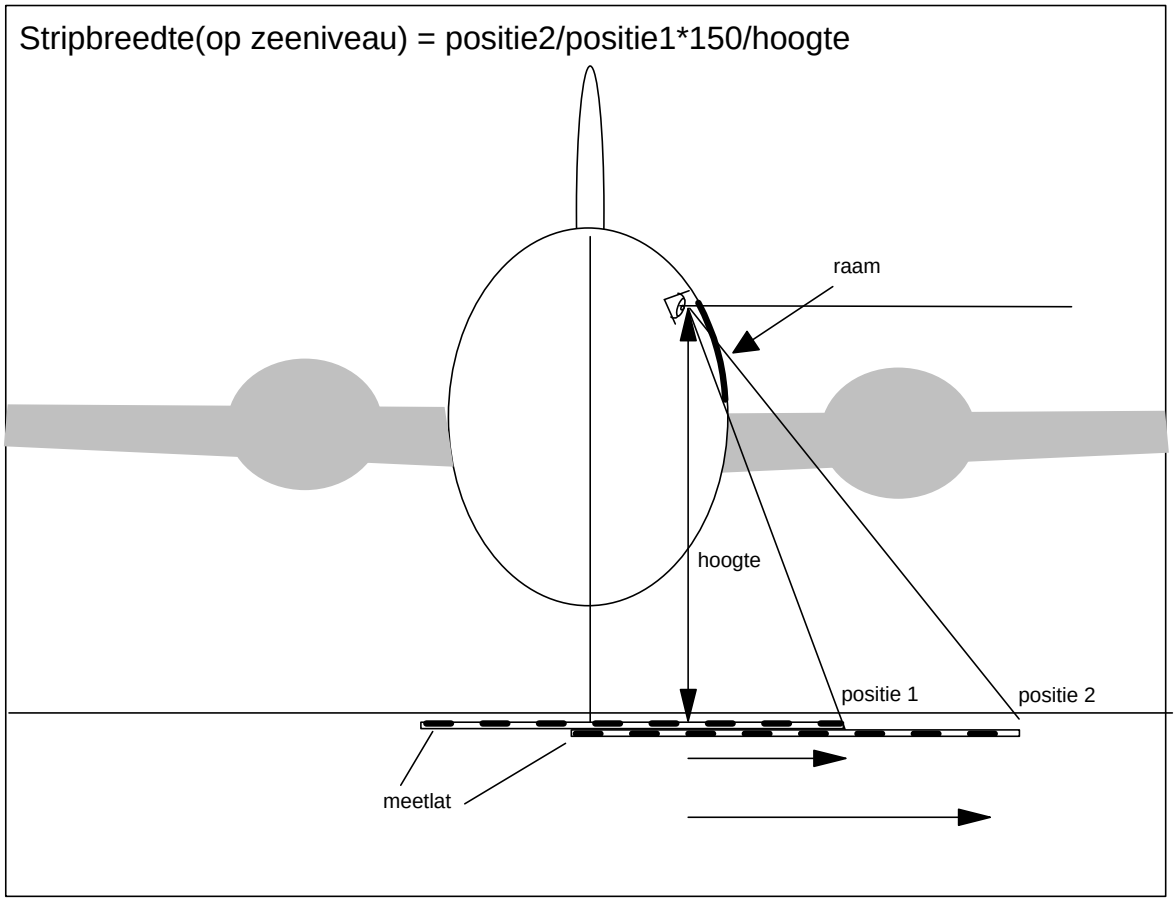
Na de controles worden de navigatiegegevens en de telgegevens samengevoegd tot één dataset. Elk monster krijgt daarbij een positie die berekend wordt uit de GPS informatie die het dichtst (voor en na) bij het monster is verzameld. Die positie wordt zowel voor het beginpunt als het eindpunt van een monster berekend. Uit deze posities is daarna de richting, snelheid en de lengte van een monster af te leiden. Waar deze snelheden extreem hoog of laag zijn is er vrijwel altijd sprake van een monster dat net voor een koerswijziging is begonnen en doorloopt na de koerswijziging (afgestoken hoek). Deze monsters worden altijd verwijderd. Hierna volgt nog een controle op extreem hoge dichtheden. Dit probleem kan ontstaan als in een klein monster toevallig een grote groep is waargenomen. Kleine monsters zijn vaak ontstaan doordat een telling net voor een keerpunt is afgebroken. Deze monsters kunnen eventueel worden samengevoegd tot een groter en minder afwijkend monster door ze samen te nemen met een voorgaand monster.



Figuur 12a. Gebruik van overheadsheets in het vliegtuig



Figuur 12b. Berekening van de stripbreedte op zee



Figuur 12c. metingen aan stripbreedte in een hangar

Bijlage 2: Calibratie telmethode

1. Stripbreedte

De informatie wordt verzameld op een manier die slechts gedeeltelijk te standaardiseren is. Alle “onmeetbare” parameters die van belang zijn moeten door middel van additioneel onderzoek ingeschat worden. De belangrijkste onbekende en niet direct meetbare parameter is de “effectieve stripbreedte”. Om dichtheden te berekenen moeten de getelde aantallen vogels namelijk gedeeld worden door het onderzochte oppervlak van het transect. De lengte van het transect is af te leiden uit de begin- en eindpositie (GPS) van de telling, de enige ontbrekende waarde is de stripbreedte.

In een eerdere fase is getracht de stripbreedte te schatten aan de hand van de hoek waaronder de tellers naar buiten keken. Daarbij werden merkpunten (klinknagels) op de vleugel als kenmerken gebruikt. Dit leidde tot een voorlopige inschatting van de stripbreedte. Aangezien deze parameter echter per waarnemer kan verschillen is met ingang van het najaar van 1999 op diverse manieren getracht hierin meer inzicht te verkrijgen.

Daartoe zijn in juli 1999 een aantal metingen uitgevoerd terwijl het vliegtuig in een hangar aan de grond stond. De waarnemers gingen in “telhouding” in het vliegtuig zitten. Zij keken naar de vloer van de hangar op een manier die vergelijkbaar is met de veldsituatie. Een meetlat werd vanonder het vliegtuig naar buiten geschoven (loodrecht op de as van het vliegtuig) totdat de waarnemer deze kon waarnemen (figuur 12c). Het punt waarop de lat zichtbaar werd is de binnenzijde van de strip die vanuit de waarneempositie waar te nemen is. De lat werd vervolgens verder naar buiten doorgeschoven totdat de waarnemer aangaf dat de lat de buitenzijde van zijn “virtuele” telstrip had bereikt. De vertaling van deze metingen vanaf de hangarvloer naar een stripbreedte op zee is eenvoudig. Als voorbeeld nemen we aan dat het oog van de waarnemer op 1.5 meter boven de grond zat in de hangar. Normaal wordt er op een hoogte van 150 meter gevlogen en daarmee is de stripbreedte op zee 100x groter dan die op de grond. De stripbreedte werd voor alle tellers aan beide zijden van een vliegtuig en op meerdere punten langs de as van het vliegtuig geschat (figuur 12c). Deze metingen zijn in januari 2001 herhaald. Uit de metingen bleek dat de plaatsing van de stoelen (hoogte) ten opzichte van het buitenraam kan leiden tot aanzienlijke verschillen in de getelde stripbreedte per vliegtuigtype en voor bakboord- en stuurboordzijde. Daarnaast zijn er duidelijke verschillen in de houding van de tellers die ook tot andere stripbreedtes leiden.

Er werd voor het inschatten van de gemiddelde stripbreedte voor de analyses vooral gebruik gemaakt van overheadsheets die tijdens de tellingen werden ingetekend. Vanaf het najaar 1999 hebben de tellers tijdens bijna alle vluchten één of meerdere malen een overheadsheet voor het raam geplaatst. Op deze sheets werd door de teller de positie van de horizon, de buitenzijde en de binnenzijde van hun getelde strip getekend (figuur 12a). Daarna is deze informatie omgerekend naar effectieve stripbreedtes (figuur 12b). Inmiddels zijn er per teller enige tientallen schattingen van de stripbreedte beschikbaar. Ook in deze overheadsheets bleken de verwachte opvallende en structurele verschillen tussen tellers/vliegtuigen en bakboord/stuurboord te bestaan. Aangezien een natuurlijke telhouding van de tellers belangrijk is worden geen aanpassingen nagestreefd.

In eerdere rapportages (Baptist & Wolf 1993) werd de stripbreedte geschat op gemiddeld 150 meter (140 -170 m) In de huidige dataset is de gemiddelde stripbreedte 92 meter voor het éénmotorige vliegtuig (Cessna) en 101 meter voor het tweemotorige toestel (Piper Navajo). In alle berekeningen zijn de monsteroppervlakken gebaseerd op de gemiddelde schattingen van de stripbreedte per teller/vliegtuig en bakboord/stuurboord. Deze schattingen variëren per vliegtuig en per zijde van het vliegtuig tussen 77 en 157 meter.

2. Telstrip A/B

Naast stripbreedte is met ingang van het najaar van 1999 ook gekeken naar de positie van vogels binnen het transect. Het is namelijk te verwachten dat sommige soorten op grotere afstand minder goed zichtbaar/herkenbaar zijn. Op de overhead sheets werd daartoe naast een binnen/buitengrens ook een middellijn getekend die de scheiding vormde van strook A (binnenzijde) en strook B (buitenzijde). De waarnemingen werden vanaf dat moment zoveel mogelijk voorzien van een A of B vermelding. In de dataset voor het seizoen 1999/2000 is meer dan 90% van de waarnemingen toegekend aan strook A of B.

Vrijwel alle tellers hadden op de overheadsheets dezelfde verhouding tussen strook A en B. Strook A beslaat daarbij 45% van de totale stripbreedte. Door nu te kijken hoeveel vogels door een teller in strook A respectievelijk B zijn waargenomen kan inzicht worden verkregen in een eventuele effect van afstand op de determinatie. In 1999/2000 zijn 7638 vogels van het kenmerk A of B voorzien, daarvan werden er 3418 (45%) in strook A waargenomen. Ook tussen drie tellers zijn de verschillen zeer gering, het percentage vogels in strook A varieerde van 44.6 tot 45.2%. Daarmee kan worden gesteld dat er geen verschillen zijn in de waargenomen verdeling en de verwachte verdeling van vogels in strook A.

De 45:55 verhouding tussen strook A en B werd echter niet voor alle soorten gevonden, de meest opvallende verschillen (>5%) werden gevonden bij:

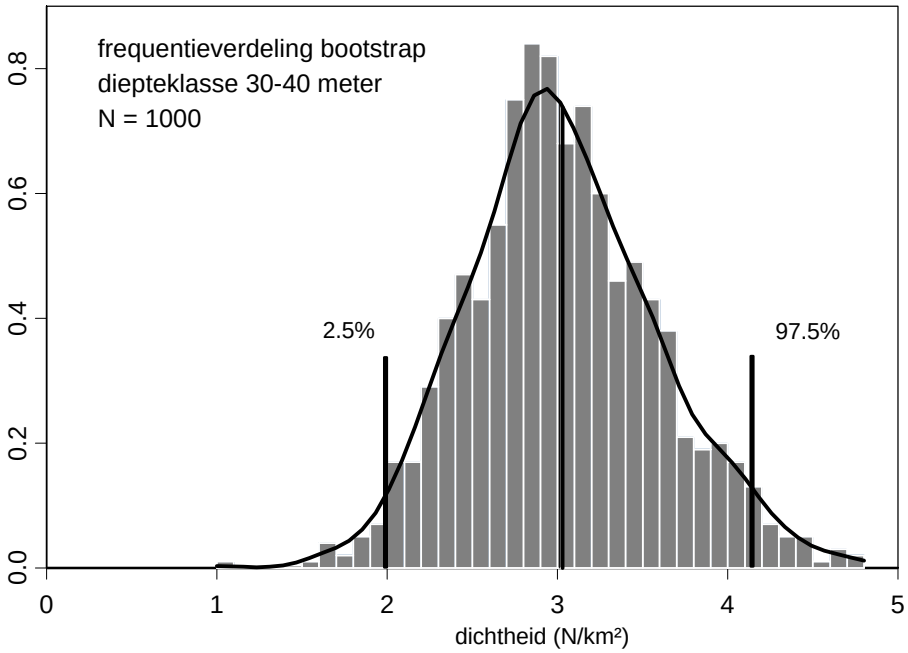
meer gezien nabij het vliegtuig
-Kokmeeuw : 18% meer dan verwacht in strook A
-Stormmeeuw: 7 % meer dan verwacht in strook A

minder gezien nabij het vliegtuig
-Alk/Zeekoet : 7 % meer dan verwacht in strook B
-Aalscholver: 18% meer dan verwacht in strook B
-Bruinvis: 18% meer dan verwacht in strook B

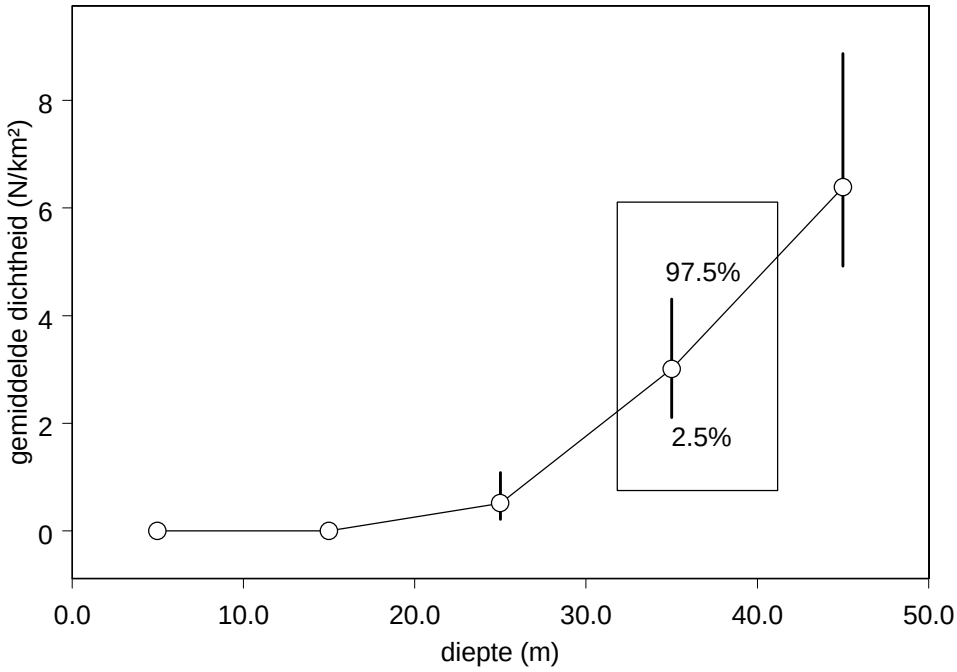
De laatste drie soorten worden (vrijwel) alleen in het water waargenomen. Een oververtegenwoordiging in strook B zou kunnen wijzen op :

- het uitwijken van zeevogels/Bruinvissen op de nadering van een vliegtuig.

- het snel onderduiken bij nadering van een vliegtuig van zeevogels/Bruinvissen nabij de as van de vliegroute



Figuur 13a. Bootstrap resultaten (n=1000) van een deel van onderstaande bootstrap analyse (Noordse Stormvogel, seizoen 1995, augustus/september, diepteklasse 30-40 meter)



Figuur 13b. Bootstrap van gemeten dichtheden en diepte (x-as) (Noordse Stormvogel seizoen 1995, augustus/september).

Bijlage 3: Intermezzo's statistiek

BOOTSTRAPPING INTERMEZZO

Wat is bootstrapping ?
Bootstrapping is een rekenkundige techniek om de variabiliteit in een dataset te onderzoeken. Voorafgaand aan een bootstrap-analyse worden geen veronderstellingen over de verdeling (normaal, poisson, etc.) gedaan. Een dergelijke techniek wordt non-parametrisch genoemd, de inschatting van de onzekerheden d.m.v. bootstrapping wordt alleen met gegevens uit de betreffende dataset gegenereerd.

Waarom bootstrapping ?
De dichtheden van zeevogels/zeezoogdieren op de Noordzee zijn steeds op een andere (onbekende) manier verdeeld. Door bootstrapping in plaats van standaard-statistische technieken te gebruiken is de vorm van de verdeling van de dichtheden (normaal, poisson) niet nodig voor een verdere interpretatie van de resultaten. Vooral in de exploratieve fase wordt daarom bootstrapping gebruikt om snel te onderzoeken of er relaties tussen externe parameters (o.a. diepte) en de gemeten dichtheden bestaan.

Hoe werkt bootstrapping ?
Het principe van bootstrapping valt het best te vergelijken met het nemen van meerdere steekproeven, met teruglegging, uit dezelfde dataset. Uit een dataset van x monsters wordt herhaald (1000 maal) een trekking gedaan met dezelfde omvang als de originele dataset. Hiermee wordt het herhaald nemen van de steekproef gesimuleerd en inzicht verkregen in de verdeling van statistische grootheden zoals het rekenkundig gemiddelde. Doordat bij elke trekking teruglegging wordt gebruikt is iedere samengestelde dataset iets verschillend. Nadat de uitkomsten (gemiddelden) zijn gesorteerd (zie figuur 13) kunnen het gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval (2.5% en 97.5% percentielwaarde) van deze gemiddelden worden afgelezen. Het gemiddelde is bij grotere datasets zeker niet afwijkend van het gemiddelde van de originele dataset. De 95%-grenzen geven een maat voor de betrouwbaarheid van het gemiddelde aan. Bij kleine datasets is het gemiddelde vaak minder betrouwbaar (betrouwbaarheidsinterval groot) en bij grotere datasets met vogeldichtheden ontstaat vaak een niet-symmetrische verdeling doordat waardes onder nul niet voor kunnen komen (Poisson-verdeling).

Interpretatie Bootstrap grafieken
In de grafieken staat op de x-as een variabele zoals diepte of afstand tot de kust. In de figuur hiernaast staat de gebootstrapte dichtheid van de Noordse Stormvogel per diepteklasse van 5 meter voor een telperiode. Per klasse staat in het midden een cirkel op de plaats van het gemiddelde. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt door middel van een verticale lijn weergegeven. Indien de minima en maxima uit diverse klassen elkaar niet overlappen is er sprake van een significant verschil. In de figuur hiernaast is te zien dat de dichtheid in de klassen dieper dan 20 meter hoger is dan in de ondiepere zone. De klasse met de grootste diepte heeft wel de hoogste gemiddelde dichtheid maar de betrouwbaarheid van deze dichtheid is gering doordat er weinig monsters in dat gebied beschikbaar zijn. De ondergrens vertoont daarom ook overlap met de intervallen van ondiepere klassen en is daardoor niet verschillend van deze klassen.

GLM INTERMEZZO

Wat is een Gegeneraliseerd Lineair Model (GLM) ?

GLM is een analysetechniek waarbij de relaties tussen diverse parameters in modelvorm worden beschreven. Lineaire modellen staan daarbij voor een groep van modellen waarbij de verwachte waarde van een variabele als lineaire functie van één of meerdere andere parameters wordt gemodelleerd. Vaak worden dit soort relaties onderzocht m.b.v. lineaire regressie dat als nadeel heeft dat de residuen normaal verdeeld moeten zijn. Gegeneraliseerde modellen staan toe dat deze fout een andere verdeling heeft dan de normale, b.v. Poisson, en dat het verband niet-lineair is.

Waarom gebruiken we GLMs ?

Bemonstering van vogels levert gegevens die moeilijk met standaard regressie methodes te bewerken zijn. Doordat vogeltellingen in het algemeen volgens een Poisson verdeling verdeeld zijn moeten andere technieken uitkomst bieden. De GLM-modellen houden hier rekening mee. Met een GLM-model wordt geprobeerd de afhankelijkheid van de vogeldichtheid voor één of meerdere parameters te berekenen. Daarna kan de uitkomst van deze berekening gebruikt worden om dichtheden buiten de bemonsterde gebieden aan de hand van de parameters te voorspellen.

Hoe werkt een GLM-procedure ?

Allereerst wordt een set van parameters gekozen die mogelijk een relatie met de te onderzoeken parameter hebben. Vaak worden ook interactietermen tussen meerdere termen gebruikt in de modelbeschrijving. Nadat een GLM-berekening is uitgevoerd is voor elke variabele bekend of deze significant bijdraagt aan de beschrijving van de onderzochte parameter. Eventueel kunnen nieuwe parameters worden toegevoegd en/of eerdere parameters worden verwijderd. Het uiteindelijke doel is het formuleren van een model met zo min mogelijk parameters die de metingen het best beschrijven. Dit afstellen gebeurt door de verklaarde variantie te maximaliseren.

Interpretatie GLM-model resultaten

Hieronder staat de uitkomst van een GLM-berekening waarbij de relatie tussen dichtheden, de diepte (Diep), de afstand tot de kust (Distkust) en een interactieterm (Diep: Distkust) is onderzocht.

	Coëfficiënt	standaardfout	t-waarde
(Intercept)	-15.586458321	1.4263977052	-10.92715
Diep	0.446898666	0.0356172690	12.54725
Distkust	0.088055534	0.0079247938	11.11140
Diep: Distkust	-0.002302629	0.0002123276	-10.84470

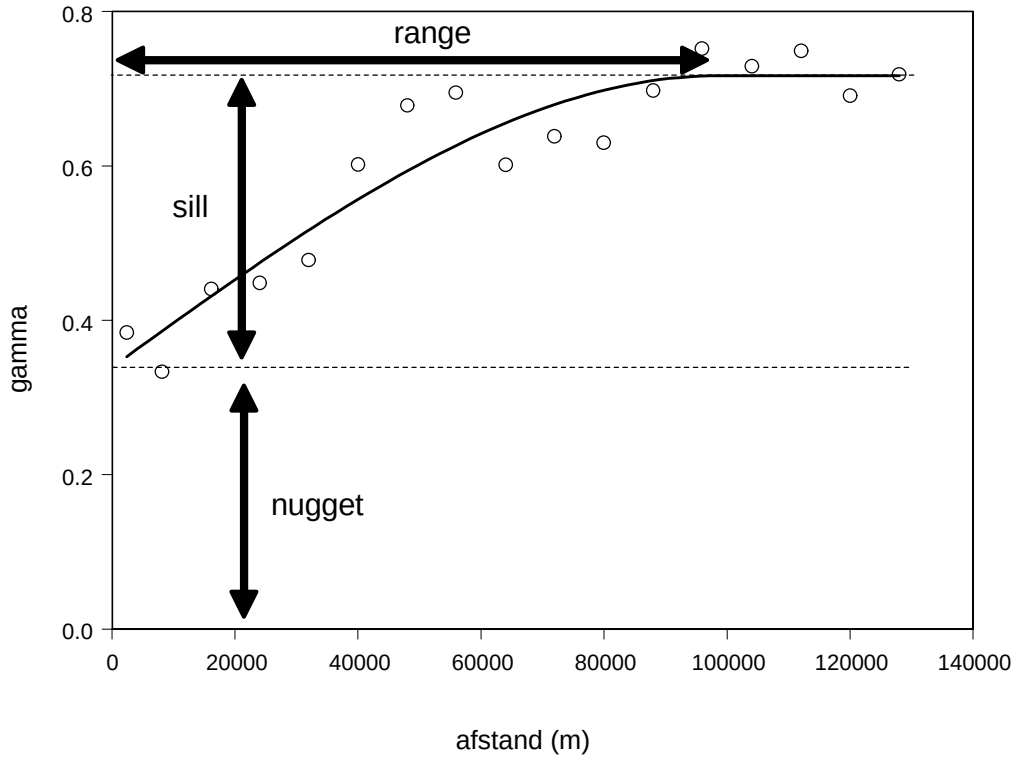
Dispersie Parameter: 2.532981
Nul deviantie: 2505.968 bij 283 vrijheidsgraden
Residuele deviantie: 678.6541 op 280 vrijheidsgraden

Per variabele wordt een coëfficiënt, standaardfout en een t - waarde (= coëfficiënt /standaardfout) weergegeven. Het model ziet er dan als volgt uit:

Verwachte dichtheid = 0.4469 * Diep (m) + 0.0880 * Distkust (km) - 0.0023 * Diep:Distkust - 15.59.

Er is een duidelijk positieve relatie tussen de dichtheden en diepte en ook met de afstand tot de kust. Noordse Stormvogels komen daarmee in steeds hogere dichtheden voor op grotere afstanden van de kust als het water daar vooral dieper wordt. De hoge t-waardes ($t > 2.576 = (p) < 0.01$) geven aan dat alle parameters significant bijdragen aan het model. T-waardes dienen als absolute waardes te worden beschouwd, daarbij is -10 hetzelfde is als +10. Het teken van de t-waarde is in de analyse namelijk verbonden aan het teken van de coëfficiënt .

De dispersiefactor is 2.53, hetgeen aangeeft dat deze soort geclusterd voorkomt. Bij een Poisson-verdeling is de dispersiefactor 1. Het verschil tussen de Nul-deviantie en residuele -deviantie geeft de door het model verklaarde variantie weer. In bovenstaand geval is de variantie 73% kleiner geworden, slechts 27% van de originele variantie is daarmee onverklaard gebleven.



Figuur 14. Theoretisch variogram ; Noordse Stormvogel augustus/september 1997

VARIOGRAM INTERMEZZO

Wat is een variogram ?

Een variogram geeft een beschrijving van de onderlinge ruimtelijke afhankelijkheid van de bemonsterde data of de residuen. Wanneer op een plaats veel vogels zijn gezien is de verwachting dat op nabij gelegen plaatsen ook relatief veel vogels zullen worden gezien. Naarmate locaties verder van deze concentratie liggen wordt dit verband minder duidelijk.

Waarom gebruik maken van een variogram ?

Het variogram geeft aan in welke vorm en mate onderlinge afhankelijkheid voorkomt en geeft een maat voor de afstand waarbij nog onderlinge relaties tussen de monsters bestaan.

Hoe werkt de variogram - analyse ?

Het variogram wordt geschat op basis van alle monsters. Door alle combinaties van twee monsters te gebruiken en de onderlinge afstanden tussen deze monsters uit te zetten tegenover de overeenkomst in dichtheden ontstaat een beeld van de ruimtelijke afhankelijkheid.

De vorm van het variogram is flexibel in te stellen door verschillende functies te gebruiken. Net als bij andere analyses wordt er naar gestreefd het verschil tussen voorspelling en meting zo klein mogelijk te maken. In de gebruikte analyses wordt altijd uitgegaan van een functie die op afstand minder sterke relaties verwacht.

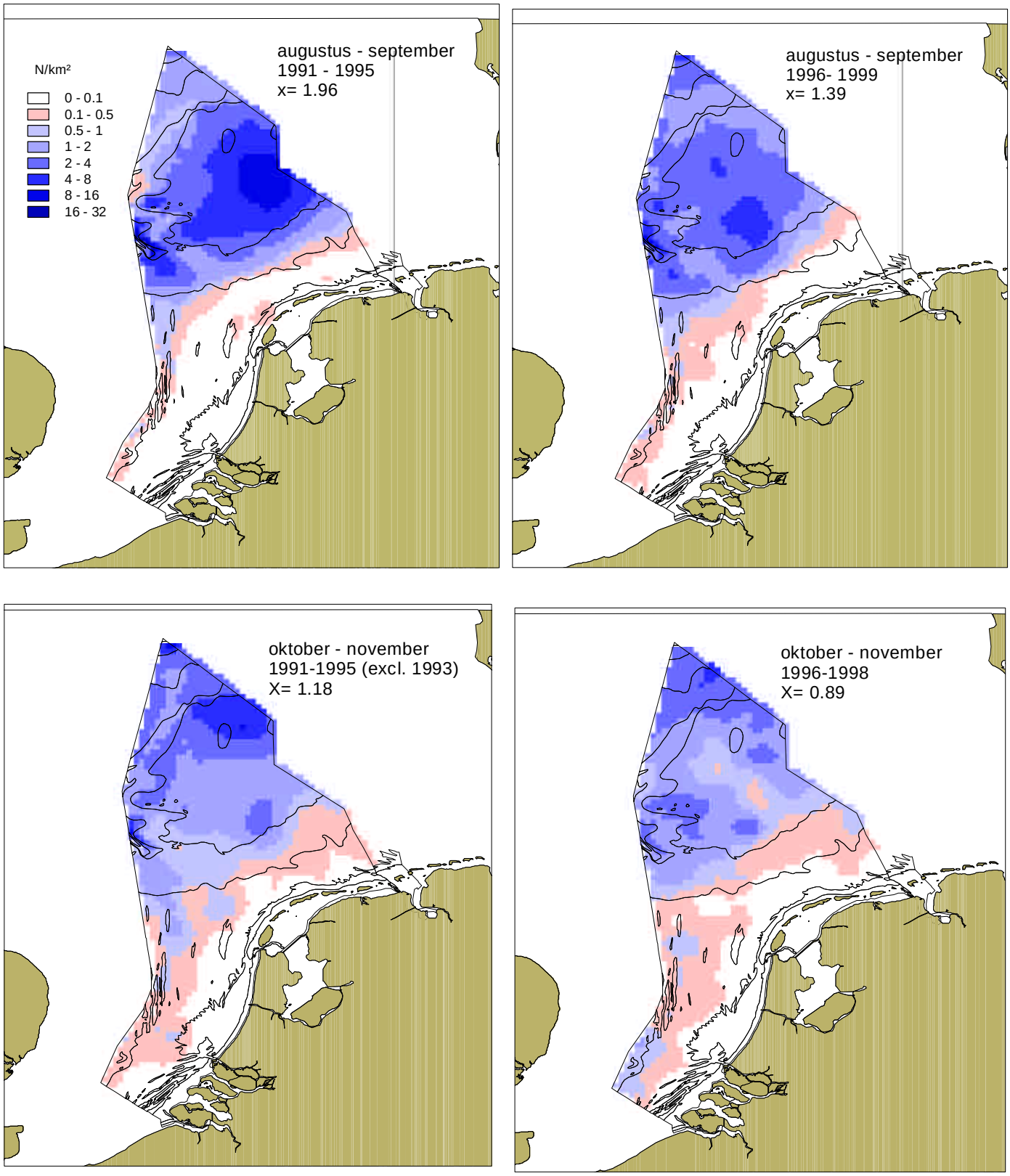
Interpretatie variogram

Hiernaast is een variogram weergegeven. De weergegeven curve is een functie die de semi-variantie als functie van de afstand geeft.

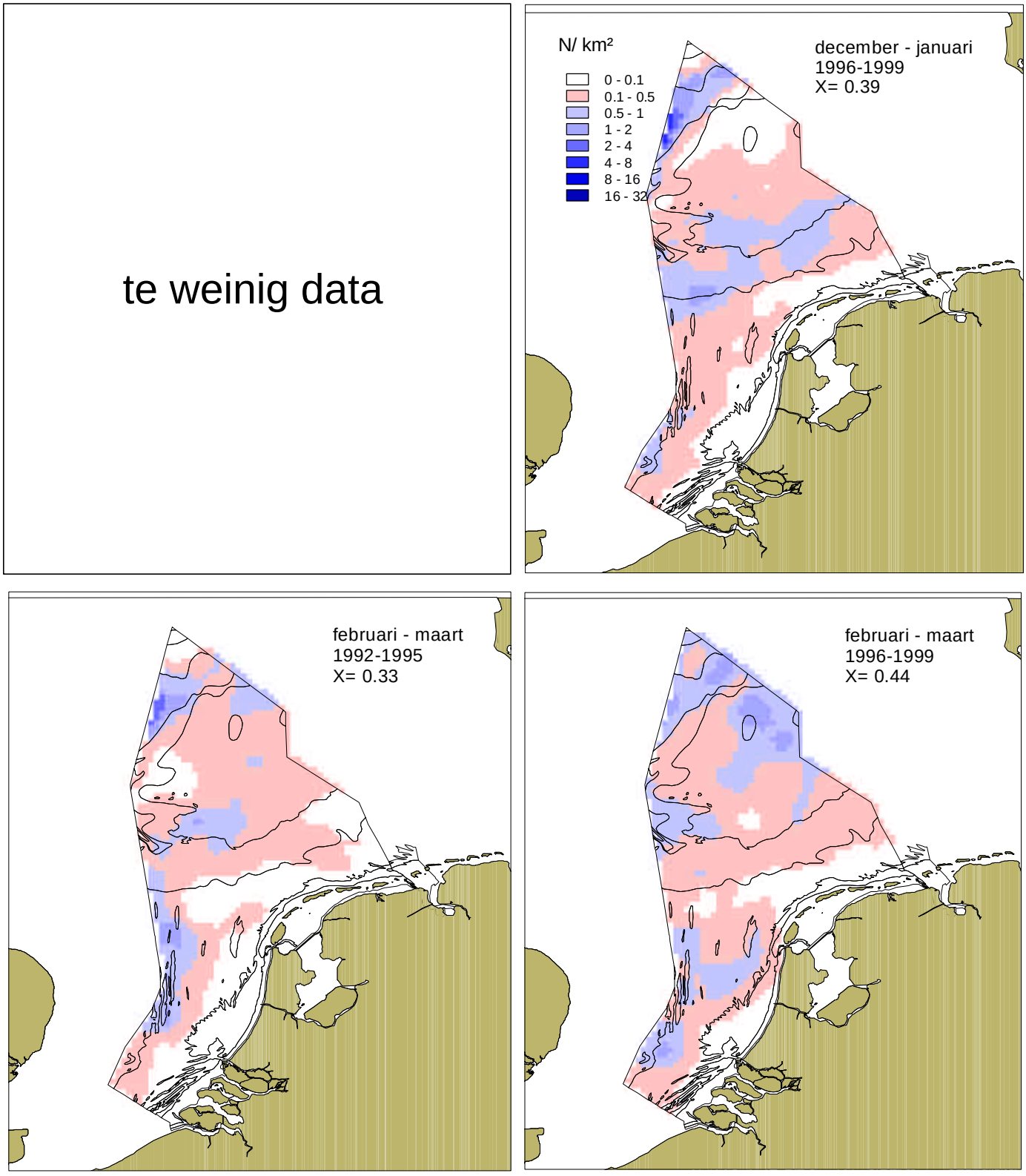
In de grafiek staan een aantal termen (figuur 14):

-nugget : De waarde waarop de functie de y-as snijdt, staat in een variogram analyse ook voor een schatting van de meetfouten in de bemonstering
-Sill : de maximale hoogte van de functie. Samen met de range geeft deze parameter de hellingshoek en daarmee de snelheid van verandering van de onafhankelijkheid weer op grotere afstanden.
-Range : de maximale afstand waarop nog effecten aantoonbaar zijn van een individueel monster. Dit is het punt waarop de curve overgaat in een rechte lijn.

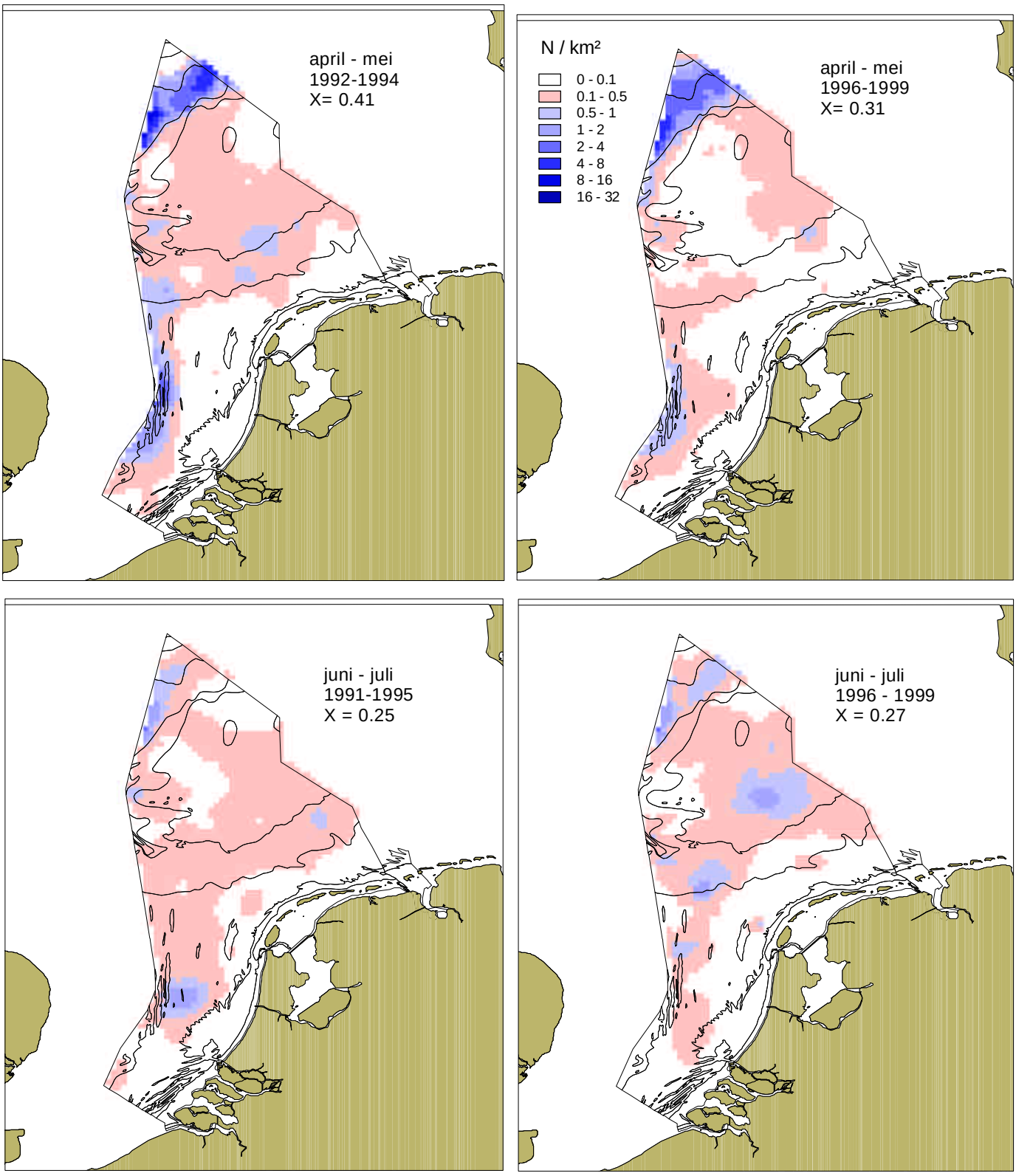
Bijlage 4. Figuren verspreiding Noordse Stormvogel



Figuur 15. Modelvoorspellingen voor twee reeksen van seizoenen in augustus/september en oktober/november.



Figuur 16. Modevoorspellingen voor twee reeksen van seizoenen voor periode december/januari en februari/maart



Figuur 17. Modelvoorspellingen voor twee reeksen van seizoenenin april/mei en juni/juli