NIOZ-RAPPORT 1994 - 4

DE ECOLOGIE VAN DE KUSTZONE VAN AMELAND TOT BORKUM

A. van Leeuwen, T.A.C. Postma,
M.F. Leopold, M.J.N. Bergman



Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee

© 1994

This report is not to be cited without the
acknowledgement of the source.

Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ)
P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg,
Texel, The Netherlands

ISSN 0923 - 3210

Cover design: H. Hobbelink

DE ECOLOGIE VAN DE KUSTZONE VAN AMELAND TOT BORKUM

A. VAN LEEUWEN, T.A.C. POSTMA, M.F. LEOPOLD, M.J.N. BERGMAN

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

NIOZ-RAPPORT 1994 - 4

VOORWOORD

Dit rapport, waarin de ecologie van de kustzone van de Noordzee benoorden Ameland tot Borkum wordt beschreven, is een vervolg op een eerder verschenen rapport over de kustzone van Vlieland en Terschelling (NIOZ-RAPPORT 1992-2).

In het rapport worden zowel de niet-biologische als de biologische componenten van het ecosysteem beschreven. Hydrografische en morfologische aspecten komen aan de orde, wanneer deze van belang zijn als bepalende factoren binnen het ecosysteem. Gegevens over plantaardig (fytoplankton) en dierlijk leven (zoöplankton, -benthos, vissen, vogels en zeezoogdieren) zijn zowel uit de bestaande literatuur verzameld als samengevat uit nog ongepubliceerde databestanden (o.a. NIOZ, IBN/DLO, RIKZ, Nederlandse Zeevogelgroep).

Het rapport is tot stand gekomen op initiatief en met financiële ondersteuning van de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) te Assen.

De studie werd uitgevoerd door drs. A van Leeuwen en drs. T.A.C. Postma onder begeleiding van drs. M.F. Leopold en ir. M.J.N. Bergman van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee te Texel. Drs. J.J. Verburgh van de NAM trad op als contactpersoon van de opdrachtgever.

Dr. H.J. Lindeboom
Hoofd Beleidsgericht Wetenschappelijk Onderzoek NIOZ

1. SAMENVATTING

Het kustwater ten noorden van de Waddeneilanden is een mengsel van zout Kanaalwater en zoet rivierwater. Het kustwater heeft een lagere saliniteit, kent sterkere temperatuurschommelingen, en bevat hogere nutriëntenconcentraties en grotere hoeveelheden zwevend materiaal dan het water in de meer centrale delen van de Noordzee. De reststroom langs de Nederlandse kust is gemiddeld noordoostelijk, maar sterke en aanhoudende wind kan de richting tijdelijk veranderen.

De troebelheid als gevolg van gesuspendeerd materiaal is dichter bij de kust meestal hoger. De grens van relatief helder Kanaalwater ligt ongeveer 10-20 km uit de kust. Temperatuurstratificatie komt niet voor in het kustwater, hoewel zich een zoutwig kan vormen in het estuarium van de Eems. De nutriënten in de kustzone zijn gedurende het hele jaar goed over de waterkolom verdeeld.

Uitwisseling tussen Noordzee en Waddenzee vindt plaats door de zeegaten. Het Noordzeewater dringt de Waddenzee binnen aan de zuidwestelijke kant van de zeegaten, en verlaat het gebied weer via de noordoostelijke kant. Het zoete Eemswater bereikt de Noordzee hoofdzakelijk via het zeegat Huibertgat (tussen Rottumeroog en Borkum), waardoor dit gebied onderhevig is aan grote schommelingen in saliniteit, temperatuur, nutriënten en troebelheid.

Het sediment in de kustzone van het oostelijk Waddengebied is fijnzandig (250-500 µm), met het hoogste slibgehalte en de fijnste fractie sediment (100-200 µm) in het kustgebied noordoostelijk van Terschelling. Bij alle zeegaten worden ebdelta's aangetroffen, gevormd door sediment dat zeewaarts van het zeegat accumuleert. Aan de oostelijke buitenzijden van de zeegaten, zijn deltarand ruggen ontstaan van ongeveer 1 km lang en 2 m hoog, met een golflengte van circa 500 m. Droogvallende platen komen voor in sommige zeegaten, zoals de wadplaten 'Engelsmanplaat' en 'Rif' tussen Ameland en Schiermonnikoog. Deze platen kunnen onder invloed van waterstromingen sterk van positie en grootte veranderen.

In het voorjaar onstaan in de Noordzee een reeks algenbloeien in de waterkolom, die in de loop van het jaar, ook in de Nederlandse kustzone, tot een tijdelijke uitputting van nutriënten kunnen leiden. De jaarlijkse primaire productie kan in het kustwater oplopen tot 400 gC/m^2. Door de relatief hoge troebelheid van het kustwater begint de voorjaarsbloei iets later in de kustzone dan verder uit de kust. De dominante algen in de kustzone zijn diatomeeën, die meestal de eerste voorjaarsbloei vormen, en de kolonievormende slijmalg *Phaeocystis pouchettii*, welke meestal de diatomeeënbloei opvolgt. Verder komen ook bloeien voor van o.a. dinoflagellaten (zoals de giftige *Dinophysis acuminata*) en de zeevonk *Noctiluca scintillans*. Slechts een deel van de voorjaarsbloei wordt door zoöplankton begraasd, dat in het voorjaar in lage dichtheden aanwezig is en bij lage watertemperaturen qua dichtheid slechts traag reageert op het verhoogde voedselaanbod. Het grootste deel van de totale primaire productie in de zuidelijke Noordzee bezinkt en wordt door bodemdieren geconsumeerd of door bacteriën afgebroken.

Fytobenthos en macroalgen, aan de zeebodem gehechte primaire producenten, spelen een zeer beperkte rol in de ecologie van de kustzone van de Noordzee.

Microzoöplankton vormt een kwantitatief belangrijke schakel tussen fytoplankton en zoöplankton, en komt in het kustwater in hogere dichtheden voor dan verder uit de kust. In de kustgebieden van de Noordzee wordt ongeveer 50% van de netto primaire produktie door bacterioplankton geconsumeerd.

De biomassa en aantallen van het mesozoöplankton, een belangrijke schakel tussen fytoplankton en hogere organismen zoals vis, worden hoofdzakelijk gevormd door copepoden (roeipootkreeftjes). De copepoden *Temora longicornis*, *Pseudocalanus elongatus*, *Acartia clausi* en *Centropages hamatus* vormen ongeveer 80% van de totale zoöplankton biomassa in de zuidelijke Noordzee. De offshore dichtheid van mesozoöplankton is veel groter dan aan de kust, waarschijnlijk door de relatief hoge productie van de minder 'eetbare' *Phaeocystis* in het ondiepe kustwater.

De meerderheid van het macrozoöplankton bestaat uit coelenteraten (kwallen). *Pleurobrachia pileus*, *Aurelia aurita* en *Sarsia tubulosa* zijn de meest algemene coelenteraten in het kustwater van de zuidelijke Noordzee. Macrozoöplankton is grotendeels carnivoor, en kan in sommige jaren ingrijpende effecten hebben op de zoöplanktonpopulatie.

Het meiozoöbenthos van de Noordzee bestaat grotendeels uit nematoden. Meiobenthosdichtheden zijn hoger in het noordoostelijke deel van de kustzone langs de Waddeneilanden dan in het zuidwestelijke deel, met de hoogste dichtheden (meer dan 200 individuen/cm^2) in een zone tot 5 km uit de kust. Het meiobenthos in het gebied vanaf de Terschelling Bank tot aan de Deense westkust behoort min of meer tot dezelfde gemeenschap, en wordt gekenmerkt door zeer kleine, interstitiële soorten en grote, gravende soorten.

Vooral in het kustgebied kunnen grote fluctuaties in samenstelling, biomassa en aantallen van het macrozöbenthos optreden. Het noordoostelijke deel van het ondiepe kustgebied (bij de eilanden Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog), tot 5 km uit de kust, is de rijkste zone qua aantallen, biomassa en soortendiversiteit. De biomassa van het macrobenthos langs de Nederlandse kust loopt uiteen van 0.02 tot 428 g ADW/m^2, en de dichtheid van ca. 300 tot tot meer dan 20.000 individuen/m^2.

De macrobenthische infauna bestaat hoofdzakelijk uit tweekleppigen, polychaete wormen, echinodermen en crustaceeën. De tweekleppigen nemen dichter aan de kust in aantal toe, en zijn qua biomassa de belangrijkste groep. Echinodermen zijn in een smalle strook langs de kust niet of nauwelijks aanwezig.

De epifauna van de Noordzee bestaat uit echinodermen, kreeftachtigen, zeeanemonen, koralen en sponzen. Het ondiepe kustwater vervult een belangrijke kinderkamerfunctie voor garnalen, die zich pas in juni/juli blijvend in de Waddenzee vestigen. De volwassen wijfjes migreren in het voorjaar naar het ondiepe kustwater, en in de herfst-winter periode naar het diepere water.

Het macrobenthos is een belangrijke voedselbron voor vis, vooral voor jonge vissen die het kustgebied gebruiken als opgroeigebied. Garnalen vormen een belangrijke voedselbron voor vissoorten zoals wijting en jonge kabeljauw. Het voedsel van bodemvissen bestaat voor een grote deel uit regenererende delen van tweekleppigen (siphons) en staartpunten van polychaete wormen.

Het kustgebied behoort tot het verspreidingsgebied van vele pelagische en demersale vissoorten. Het functioneert als opgroeigebied voor veel vissoorten, waaronder economisch belangrijke, zoals haring, kabeljauw, schol en tong.

De verspreiding van vissoorten wordt voornamelijk bepaald door factoren als saliniteit, temperatuur, sediment, waterdiepte en beschikbaarheid van voedsel. De meeste vissoorten verlaten de Waddenzee en het ondiepe kustwater in de herfst om te overwinteren in dieper, warmer Noordzeewater, en keren weer terug in de lente. Andere vissoorten, zoals de kabeljauw, vluchten juist naar het relatief koude Noordzeewater als het kustwater in de zomer te warm wordt. De verspreiding wordt in een aantal vissoorten o.a. bepaald door de leeftijd: oudere schollen komen in dieper water voor. De verspreiding van juveniele vissen is grotendeels afhankelijk van de ligging van de paai- en opgroeigebieden, waartussen vislarven passief met de reststroom verplaatst worden. Pelagische vissoorten migreren over het algemeen over grotere afstanden naar hun paai- en opgroeigebieden dan demersale vissoorten. Er zijn geen vissoorten die uitsluitend het Nederlandse kustwater als paaigebied gebruiken. Aangezien lengte en tijdstip van de paaiperiode per vissoort aanzienlijk kunnen verschillen, is het voorkomen van larven en juvenielen niet tot een korte periode van het jaar beperkt.

De verblijftijd van juveniele vissen in het opgroeigebied kan per vissoort aanzienlijk verschillen. Haring blijft vrij kort in de kustzone (3-9 maanden), terwijl b.v. schol zeer lang, tot 4 jaar, in het opgroeigebied kan verblijven.

De meeste vissoorten in de Noordzee zijn carnivoor. Zij zijn weinig selectief in hun voedselkeuze en zijn meestal afhankelijk van het aanbod, waarbij garnaal en vis vaak een belangrijke onderdeel van de dieët vormen. Grondel, haring en zandspiering zijn vissoorten die een belangrijke prooi vormen voor grotere vissen, vogels en zeezoogdieren.

De kustzone ten noorden van de Waddeneilanden Ameland, Schiermonnikoog en Rottum is het gehele jaar door belangrijk voor zeevogels. Per seizoen variëren de aantallen en de aanwezige soorten. Alleen de Zilvermeeuw is het hele jaar door in hoge aantallen aanwezig.

In voorjaar en de zomer domineren de broedvogels van de Waddeneilanden. Dit zijn met name Zilvermeeuw, Kleine Mantelmeeuw en in mindere mate Kokmeeuw, Visdief en Noordse Stern. De meeuwen en de sterns leven van kleine vis en garnalen die gevangen worden in het bovenste gedeelte van de waterkolom. Meeuwen benutten

bovendien de overboord gezette bijvangst van visserschepen.

Na het broedseizoen, in de nazomer en herfst, verschijnen in het gebied soorten die hier foerageren om hun vetreserves op te bouwen, zoals de Grote Stern die op kleine vissoorten als smelt en zandspieringen foerageert, de Aalscholver die dicht onder de kust vooral op platvis jaagt en de Jan van Gent die verder uit de kust vooral rondvissen als haring en makreel vangt. Het voorkomen van Jan van Genten wordt vooral bepaald door het weer en de lokale visstand. De herfst brengt ook minder regelmatige gasten als de Noordse Stormvogel. Langs de kust trekken veel zeevogels, die in het Waddengebied gebroed hebben zoals de Kleine Mantelmeeuw, de Noordse Stern en de Visdief. In de herfst verschijnen de eerste wintergasten.

In de winter is het aantal vogels in de kustzone ten noorden van de Waddeneilanden zeer hoog. Er foerageren en rusten dan vooral Eidereenden, Zwarte- en Grote Zeeëenden. Ze eten schelpdieren, zoals de halfgeknotte strandschelp die daar in hoge dichtheden op de bodem voorkomt. De eenden zitten op het water in dichte groepen van duizenden tot vele tienduizenden. In veel lagere dichtheden en meer gespreid zijn er Zeekoeten, Alken, duikers en Futen. Deze soorten foerageren voornamelijk op kleine vissoorten zoals haring, sprot, zandspiering en grondels. De aantallen zijn voor Nederlandse begrippen hoog. Tussen de Duitse Bocht in het oosten en de Zuidelijke Bocht in het westen overwinteren verder grote aantallen Stormmeeuwen, Grote Mantel- en Zilvermeeuwen. In veel lagere aantallen verblijven er Dwergmeeuwen.

In het voorjaar nemen de wintergasten geleidelijk in aantal af, hoewel er tot in mei nog grote groepen Zwarte Zeeëenden aanwezig kunnen zijn. Doordat in dezelfde periode de lokale broedvogels terugkeren zijn de aantallen vogels ook in deze periode hoog.

De kwetsbaarheid van een vogelsoort voor oppervlakte vervuiling wordt vooral bepaald door de tijd die op en in het water wordt doorgebracht. Kwetsbaar zijn met name; zeeëenden, alken, duikers en futen. De kwetsbaarheid van het kustgebied wordt in de winter vooral bepaald door de in zeer grote aantallen en hoge dichtheden voorkomende zeeëenden. In de zomer is de kwetsbaarheid van het gebied geringer en wordt dan vooral bepaald door lokale populaties broedende meeuwen en sterns.

Zeezoogdieren komen vooral in de winter in de kustzone voor. In het winterhalfjaar verlaten de Gewone Zeehonden de Waddenzee omdat hun prooi, vooral platvis, uit de Waddenzee wegtrekt. De zeehonden trekken niet ver de Noordzee op, maar blijven in de strook tussen de eilanden en de 20 meter dieptelijn. In het voorjaar keren de zeehonden terug in de Waddenzee. Ze rusten onder andere op de platen in het Friese Zeegat en de platen en eilanden in het Huibertgat. In de zomer worden de jongen geboren. In deze periode zijn de zeehonden met name gevoelig voor verstoring. Grijze Zeehonden komen in dit gebied slechts sporadisch voor.

De Bruinvis wordt voornamelijk in de winter in de kustzone waargenomen. De Bruinvis is in de Nederlandse wateren sinds het begin van deze eeuw sterk achteruit gegaan in aantal, maar er tekent zich de laatste jaren een voorzichtig herstel af. De hoogste aantallen worden ten noorden van de Waddeneilanden gezien.

Uit het gepresenteerde overzicht van de ecologie van het kustgebied van Ameland tot Borkum blijkt, dat de samenhang tussen de abiotische factoren en de verschillende groepen flora en fauna goed bekend is. Zoals in de betreffende hoofdstukken naar voren wordt gebracht, ontbreekt echter in veel gevallen detailkennis over het voorkomen van soorten in lokale situaties. Het verdient dan ook aanbeveling om in een gebied waar een exploratieboring is gepland, vroegtijdig een biologische inventarisatie uit te voeren. Kennis van de lokale situatie kan leiden tot een weloverwogen plaatsing van de boorlokatie binnen een voorgenomen gebied, waarmee vermijdbare milieuschade kan worden voorkomen.

2. INLEIDING

Het voornemen van de Nederlandse Aardolie Maatschappij om in de toekomst in de kustzone van de Waddeneilanden exploratieboringen uit te voeren, vormde de directe aanleiding tot het verschijnen van het rapport 'De ecologie van de kustzone van Vlieland en Terschelling' (BERGMAN & LEOPOLD, 1992). Het voorliggende rapport is hierop een vervolg en beschrijft de ecologie van de kustzone van Ameland tot aan de Duitse grens.

De voorgenomen exploratieboringen zullen in de ondiepe kustzone tot een waterdiepte van 10 m plaatsvinden. In het voorliggende rapport wordt echter de kuststrook tot aan de 20 m dieptelijn beschreven en, waar relevant, een groter deel van de Noordzee. Door het medium water is de kuststrook onlosmakelijk verbonden met de Noordzee en, door de zeegaten, met de Waddenzee. Ecologische gevolgen van mijnbouwactiviteiten kunnen dus over een groter gebied dan de kustzone alleen optreden. Het is daarom belangrijk om mijnbouw activiteiten zodanig uit te voeren, dat het ecologisch functioneren van het gebied zo weinig mogelijk wordt beïnvloed.

Fig. 2.1 geeft een vereenvoudigde weergave van het ecosysteem in de ondiepe kustwateren. Componenten in het biotisch systeem zijn voor hun verspreiding afhankelijk van abiotische factoren zoals saliniteit, temperatuur, reststroom en type sediment. Componenten van het biotische compartiment zijn nauw aan elkaar verbonden. Zo wordt fytoplankton geconsumeerd door bacteriën, zoöplankton, benthos en jonge vis; zoöplankton door benthos, vis en vogels; zoöbenthos door ander zoöbenthos of vis, en vis door hogere trofische niveau's zoals vogels en zeezoogdieren.

In Hoofdstuk 3 worden belangrijke abiotische factoren besproken (hydrografie en geomorfologie). In Hoofdstuk 4 wordt de seizoensdynamiek van plantaardig en dierlijk plankton behandeld. Het micro- en meiobenthos worden in Hoofdstuk 5 beschreven, evenals het macrobenthos, waarbij de verspreiding zowel van in de bodem levende, plaatsgebonden soorten als van mobiele soorten aan de orde komt. In Hoofdstuk 6 wordt het functioneren van de kustzone beschreven als verblijfplaats voor zowel pelagische als demersale vissoorten. De rol die de kustzone speelt in de seizoensdynamiek van (zee)vogels (broedplaats, foerageergebied, overwinteringsgebied) wordt in Hoofdstuk 7 toegelicht. Voor de belangrijkste vogelsoorten wordt tevens een kwetsbaarheidsindex gegeven. Hoofdstuk 8 tenslotte geeft een overzicht van de waarnemingen van zeezoogdieren (zeehonden, walvisachtigen) in het kustgebied.

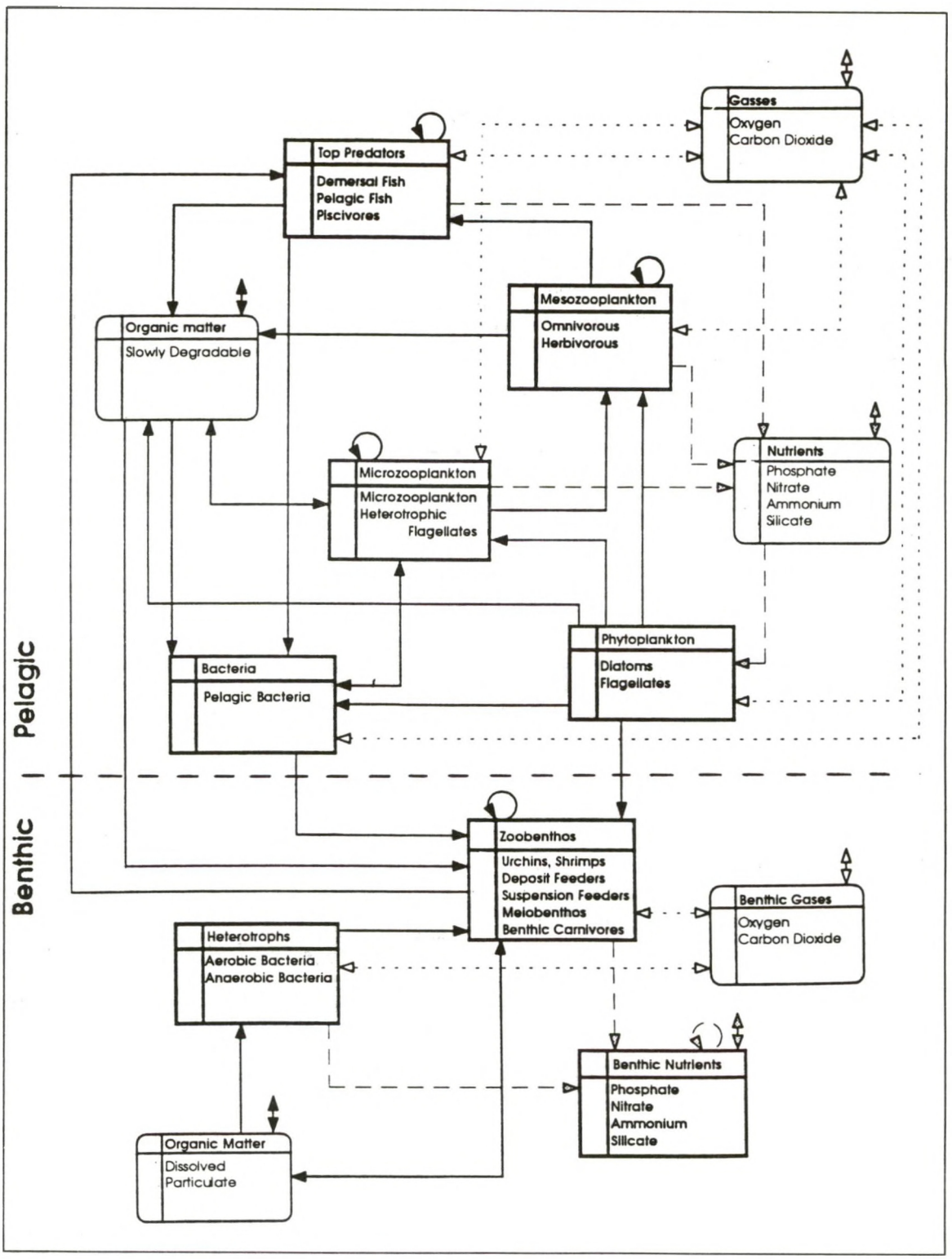


Fig. 2.1. Vereenvoudigd schema van het ecosysteem in de Nederlandse kustzone. Vogels en zeezoogdieren zijn buiten beschouwing gelaten (Naar BLACKFORD & RADFORD, 1994, in press).

3. HYDROGRAFIE EN GEOMORFOLOGIE

De hydrografie en morfologie van een gebied kan een grote invloed uitoefenen op het voorkomen van bepaalde levensgemeenschappen, zowel in en op de bodem als in de waterkolom.

3.1. HYDROGRAFIE

Volgens de indeling van LEE (1980) liggen de Waddeneilanden geheel in het continentale kustwater, dat een mengsel is van zout Kanaalwater en zoet, van het land afgevoerd, water (Fig. 3.1). In de winter is de strook kustwater smaller dan in de zomer (HILL & DICKSON, 1978).

Gesuspendeerd materiaal in de Noordzee is afkomstig van de Atlantische oceaan, het Kanaal, rivieren, atmosfeer, kusterosie, zeebodemerosie en primaire produktie. De gesuspendeerde deeltjes zijn meestal kleiner dan 60-70 µm (EISMA, 1981). De troebelheid (als gevolg van gesuspendeerd materiaal) is meestal hoger dichter bij de kust (ANONYMUS, 1985; Fig. 3.2). De grens tussen troebel kustwater en relatief helder Kanaalwater ligt ongeveer 11-18 km uit de kust (EISMA, 1966). Het deel van de waterkolom waar voldoende licht doordringt, zodat fotosynthese kan plaatsvinden (fotische zone), is in het troebele kustwater vrij klein. De gebieden waar zwevend materiaal kan sedimenteren zijn aangegeven in Fig. 3.3 (EISMA, 1987).

Transport van opgelost en gesuspendeerd materiaal is afhankelijk van de reststroom in de Noordzee. De reststroom is een resultante van getijde- en windstromingen. Over langere termijn is de reststroom in de Nederlandse sector, inclusief de kustzone, gemiddeld noordoostelijk gericht (DE RUYTER e.a., 1987; Fig 3.1). Hoewel korte termijn fluctuaties kunnen optreden in richting en snelheid van de reststroom, zijn deze fluctuaties niet seizoensgebonden (BACKHAUS, 1989).

Het Atlantische water dat door het Kanaal de Noordzee instroomt, heeft een saliniteit van meer dan 35 promille (EISMA, 1981). Dit water vermengt zich met nutriëntrijk rivierwater, dat met de reststroom langs de Nederlandse kust in noordoostelijke richting wordt getransporteerd. Het kustwater nabij de Waddeneilanden heeft daarom een lagere saliniteit en een hogere concentratie nutriënten dan de centrale Noordzee (BILLEN e.a., 1990). In de zomer is de saliniteit in de kustzone gemiddeld 32-33 promille (NORTH SEA ATLAS, 1992). In de winter neemt de saliniteit in oostelijke richting enigszins af: bij Ameland gemiddeld 32-33 promille en bij Schiermonnikoog en Rottum gemiddeld 31-32 promille (HILL & DICKSON, 1978). De saliniteit in het kustzone is het hoogst in oktober, wanneer de continentale toevoer van zoet water het laagste is. In maart-april worden de laagste waarden gemeten (POSTMA & DIJKEMA, 1982).

De gemiddelde temperaturen van de ondiepe kustwateren zijn in de zomer hoger en in de winter lager dan verder uit de kust; de verschillen liggen meestal in de orde van 1°C of minder (KOREVAAR, 1990; Fig. 3.4). In de zomer voorkomen getijdestromen de ontwikkeling van temperatuurstratificatie (gelaagdheid) in de ondiepe delen van de Noordzee. De nutriënten blijven in de ondiepere gebieden daardoor over de gehele waterkolom verdeeld. Dezelfde turbulentie veroorzaakt echter ook dat er weinig organische stof blijvend in het sediment terecht komt, zodat organismen in de bodem minder van de primaire produktie kunnen profiteren dan organismen in de waterkolom (JENNESS & DUINEVELD, 1985).

Uitwisseling van Noordzee- en Waddenzeewater vindt plaats via de zeegaten tussen de Waddeneilanden. Het Noordzeewater dringt de Waddenzee binnen aan de zuidwestelijke kant van een zeegat, terwijl Waddenzeewater het gebied weer verlaat aan de noordoostelijke kant (RIDDERINKHOF, 1990; Fig. 3.5).

Bijna al het zoete Eemswater bereikt de Noordzee door het zeegat "Huibertgat" tussen Rottumeroog en Borkum (DORRESTEIN, 1960), met een rivier-afvoer van ongeveer 3.7 km^3 per getij (RIJNSDORP e.a., 1985). Het Huibertgat is daarom onderhevig aan sterk fluctuerende abiotische factoren. Variaties in saliniteit, temperatuur, nutriëntenaanvoer en troebelheid zijn groter dan in de andere zeegaten. Verder kan, door de aanvoer van zoet water, stratificatie optreden in de vorm van een zoutwig: zoet water dat een lagere dichtheid heeft dan zout water stroomt bovenover het zoute water naar zee. Een slechts gedeeltelijke menging van beide watermassa's is hiervan het gevolg (DORRESTEIN, 1960).

3.2. GEOMORFOLOGIE

In Fig. 3.6 wordt de geomorfologie van het kustgebied van de eilanden Ameland, Schiermonnikoog en Rottumeroog weergegeven. Deze kaart is gebaseerd op lodingsgegevens in het tijdvak 1980-1984

(VAN ALPHEN & DAMOISEAUX, 1987). De onderzeese oever loopt langs alle eilanden met een helling van 1:100 tot 1:1000 tot ongeveer de 20 m dieptelijn. Brandingsruggen lopen, meestal 1 à 2 m hoog, 100 m breed en tot een paar km lang, parallel aan de Waddeneilanden tot aan de 10 m dieptelijn. In de zeegaten bevinden zich ebdelta's: min of meer waaiervormige gebieden waar sediment accumuleert aan de zeewaartse kant. Ten gevolge van getijde- en weersinvloeden kunnen er aanzienlijke veranderingen in deze buitendelta's optreden. Aan de oostelijke kant van de eb-delta's liggen deltarandruggen. Deze ruggen zijn ongeveer 1 km lang, 2 m hoog en hebben een golflengte van ongeveer 500 m (VAN ALPHEN & DAMOISEAUX, 1987).

De gehele kustzone is ondiep, met fijn tot zeer fijnzandig sediment (250-500 µm; SCHÜTTENHELM, 1980) en lage percentages silt en klei (HUYS e.a., 1990). De mediane korrelgrootte van het kustgebied noordoostelijk van Terschelling is fijner (100-200 µm) dan het sediment in de meer westelijke kustzone (200-400 µm; Fig. 3.7a). Het slibgehalte is hoger in het kustgebied noordoostelijk van Terschelling (EISMA, 1981; GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990; Fig. 3.7b).

De geomorfologie van de zeegaten tussen de Waddeneilanden is afhankelijk van de lokale situatie en heeft een dynamisch karakter. In het zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog liggen de wadplaten Engelsmanplaat en Rif, die het oostelijke 'Friese zeegat' scheiden van het westelijk gelegen zeegat 'Pinkegat'. Deze wadplaten zijn, onder invloed van getijdestromingen, in de loop van de tijd sterk van afmeting veranderd (EHLERS, 1988; Fig. 3.8). Het gebied tussen Schiermonnikoog en Rottumerplaat is zeer dynamisch met ondiepe, soms droogvallende platen (EHLERS, 1988; Fig. 3.9). Er zijn geen zandbanken of droogvallende platen van betekenis in het Borndiep tussen Terschelling en Ameland, en in het Huibertgat tussen Rottumeroog en Borkum.

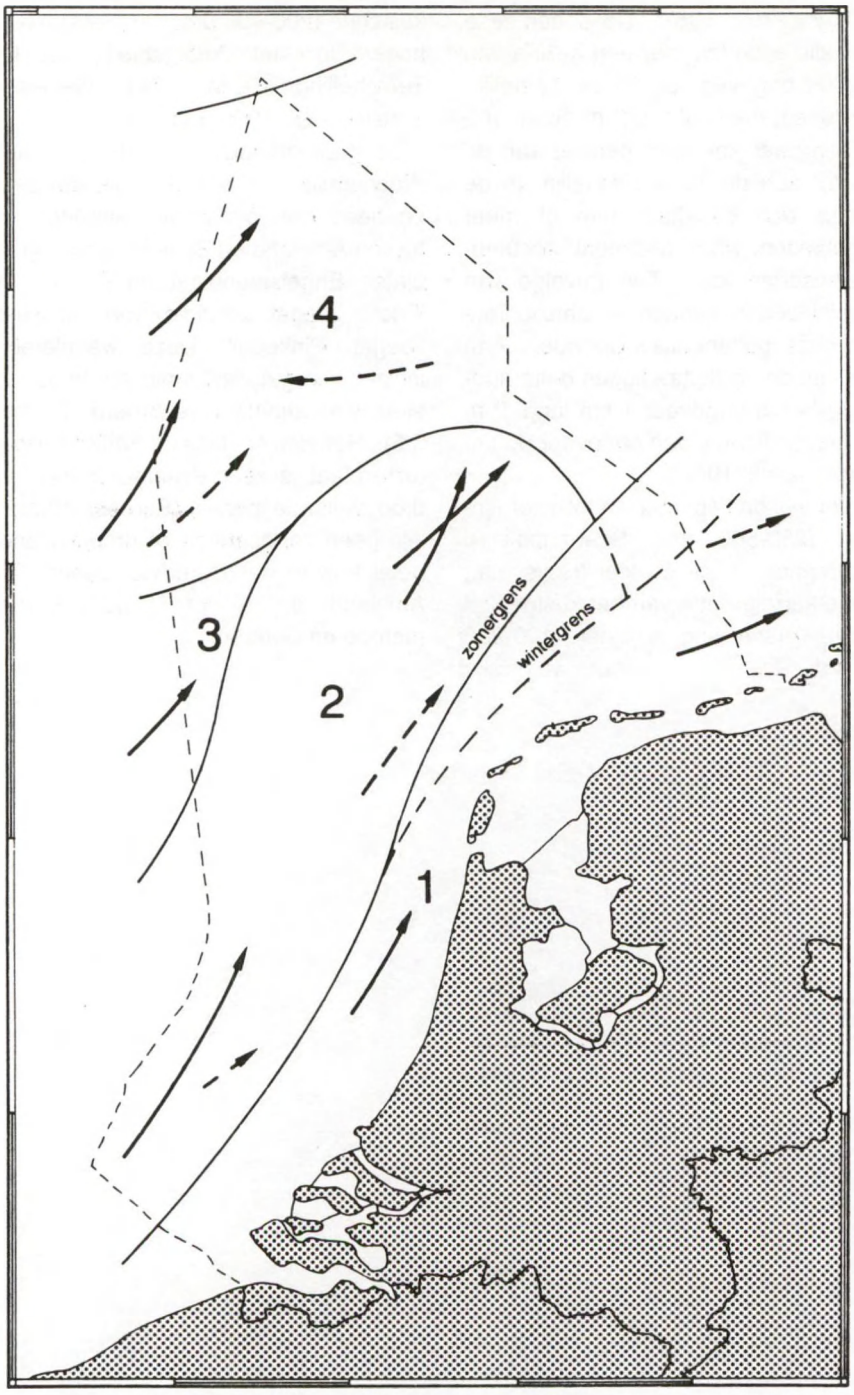


Fig. 3.1. De verschillende watermassa's in de Nederlandse sector van de Noordzee in zomer en winter:

1. Continentaal kustwater
2. Kanaalwater
3. Engels kustwater
4. Centrale Noordzeewater

(naar LAEVASTU, 1963).

——> oppervlakte-reststroom

- - - -> bodem-reststroom

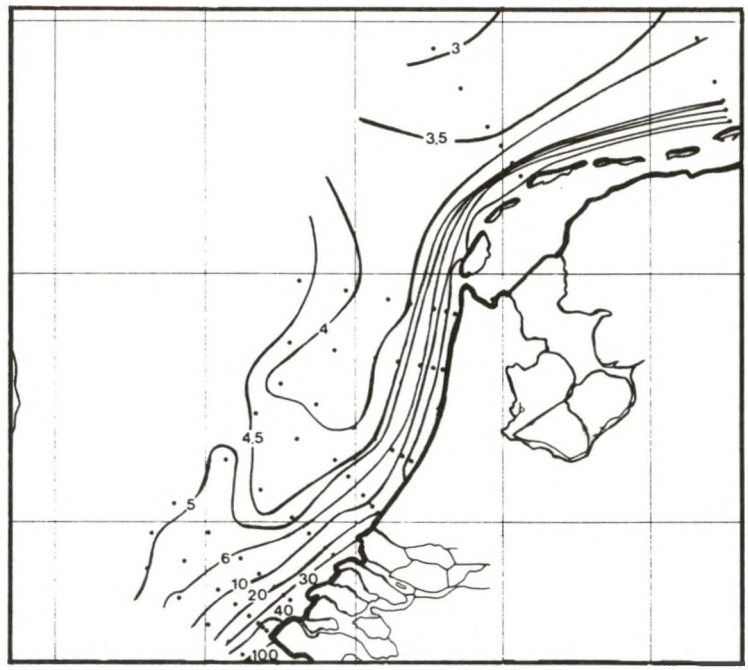


Fig. 3.2. Gemiddelde hoeveelheid gesuspendeerd materiaal (mg/l) in het oppervlaktewater van de Nederlandse kustzone in 1975-1983 (ANONYMUS, 1985).

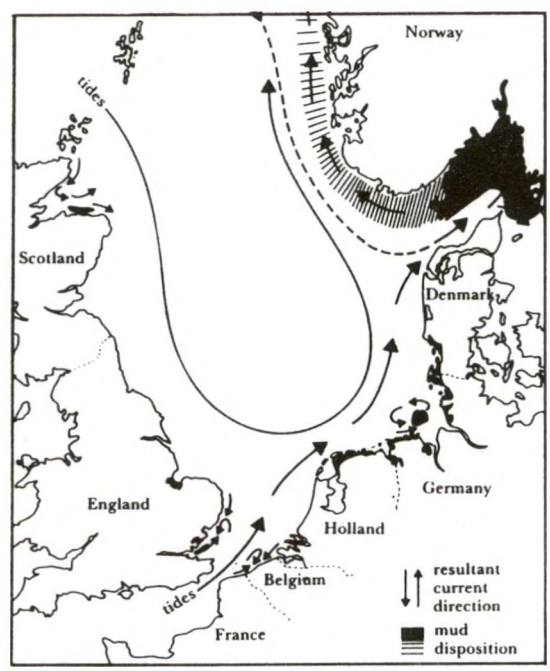


Fig. 3.3. Gebieden waar gesuspendeerd materiaal kan uitsedimenteren. Recente depositiegebieden zijn zwart gekleurd (EISMA & KALF, 1987).

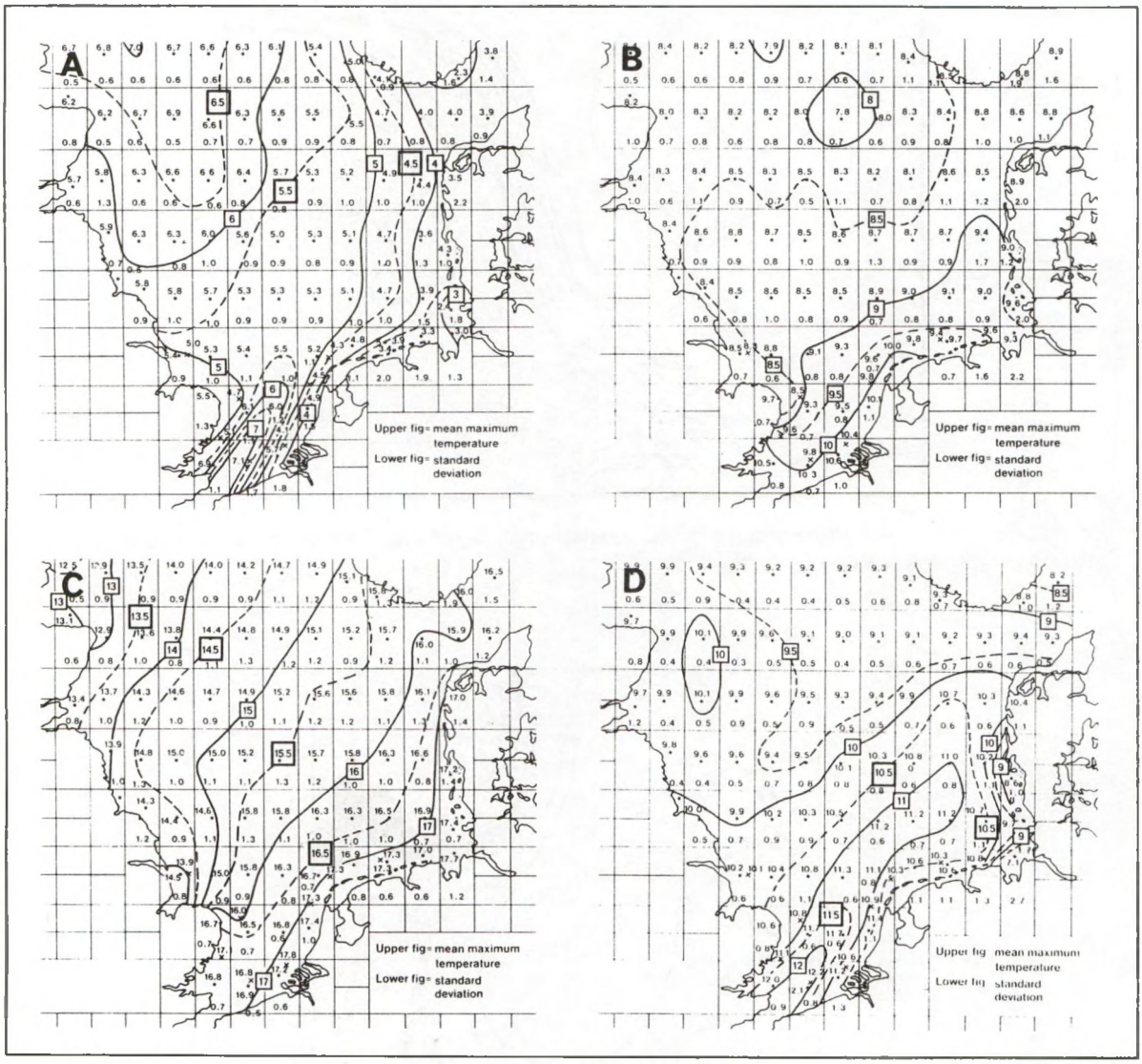


Fig. 3.4. Gemiddelde oppervlakte temperatuur in de Noordzee (1961-1980) voor de maanden februari (A), mei (B), augustus (C) en november (D) (KOREVAAR, 1990).

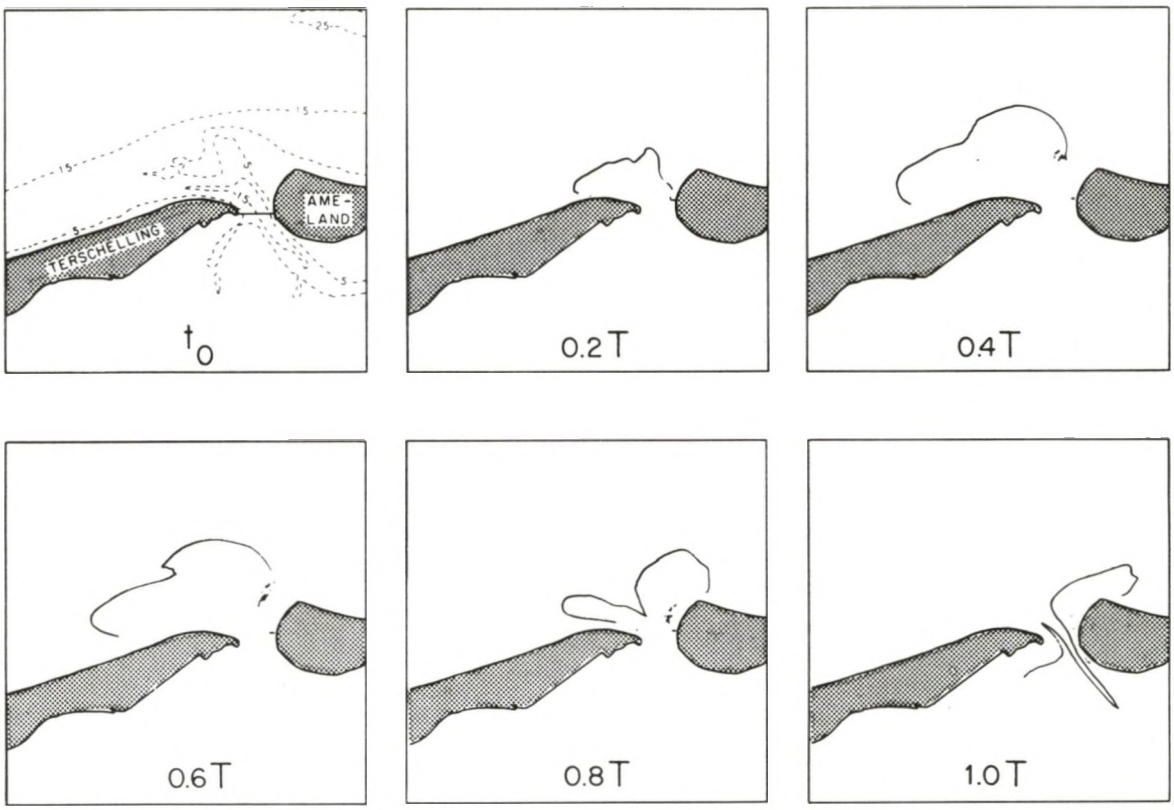


Fig. 3.5a. Begrenzing van de watermassa's in het Borndiep tussen Terschelling en Ameland die bij de uitwisseling tussen Noordzee- en Waddenzeewater betrokken zijn. Tijdsintervallen zijn 0.2 getijdeperiode (RIDDERINKHOF, 1990).

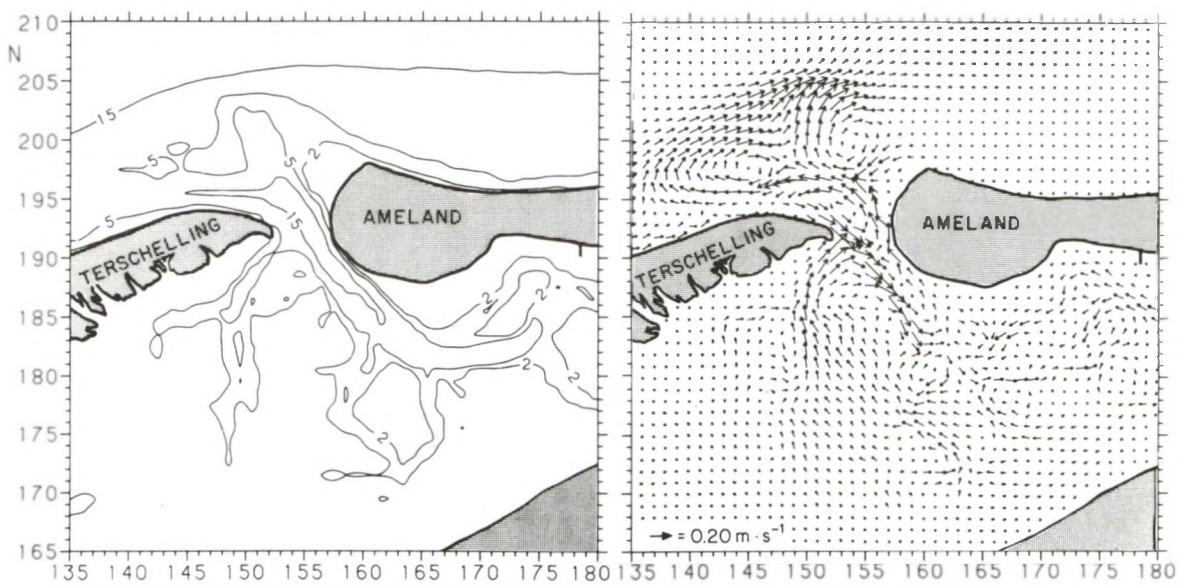


Fig. 3.5b. Dieptelijnen (2 m, 5 m en 15 m) en reststromingen in het zeegat tussen Terschelling en Ameland (RIDDERINKHOF, 1990).

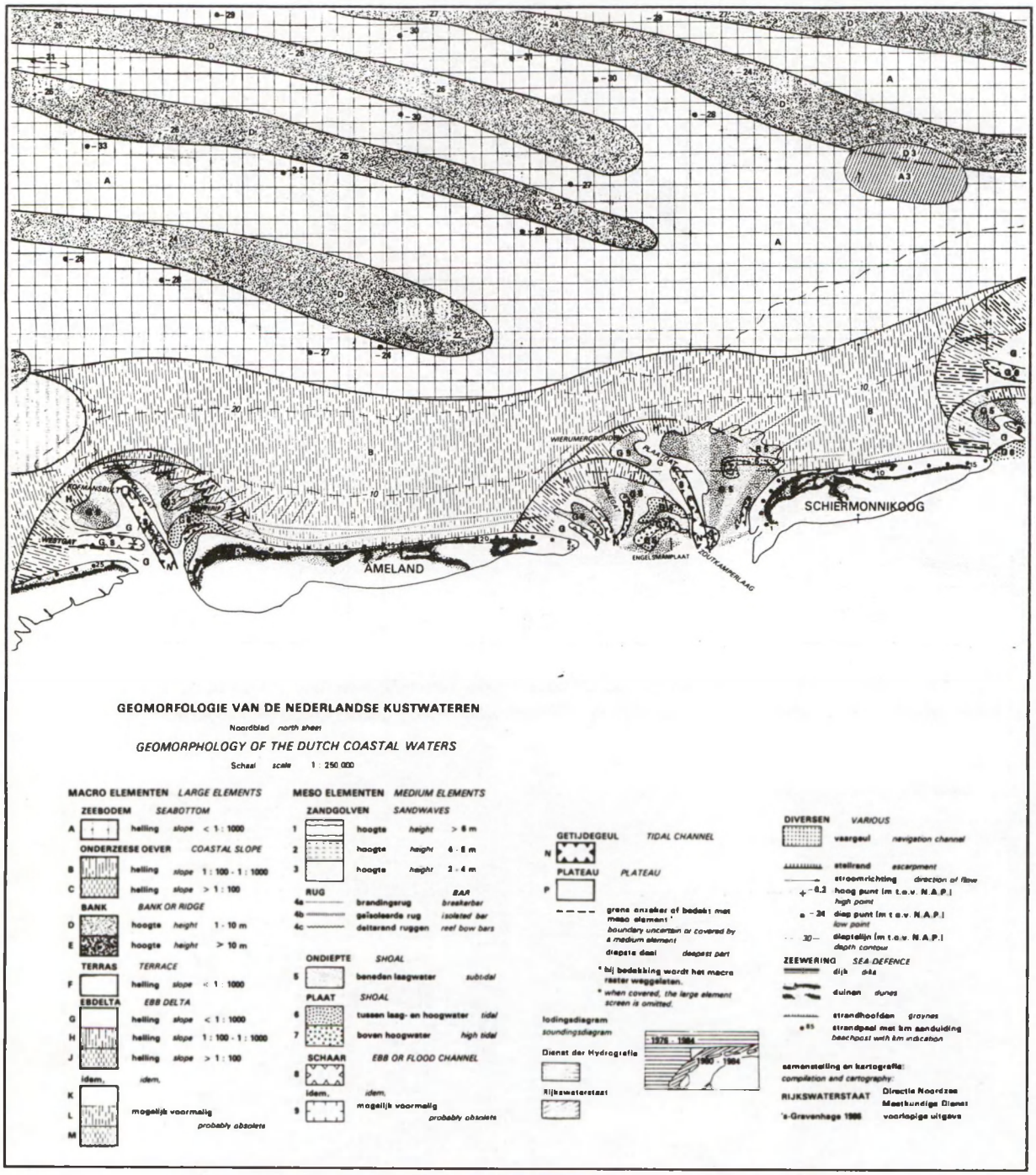


Fig. 3.6. Geomorfologie van het kustgebied van Ameland en Schiermonnikoog (VAN ALPHEN & DAMOISEAUX, 1987).



Fig. 3.7. De mediane korrelgrootte in µm (A) en het % slibgehalte (B) van het Nederlands kustgebied in 1988 en 1989 (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990).

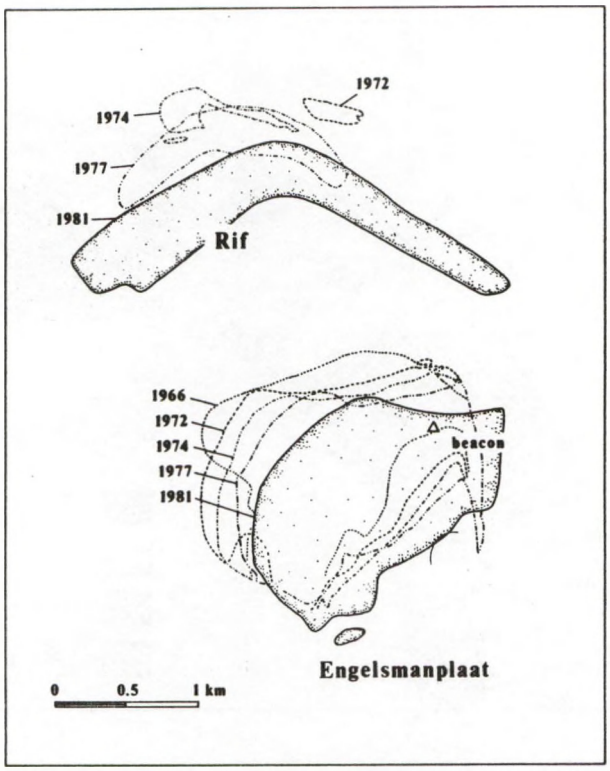


Fig. 3.8. Recente migraties van de wadplaten Engelsmanplaat en Rif in de Pinkegat tussen Ameland en Schiermonnikoog (EHLERS, 1988).

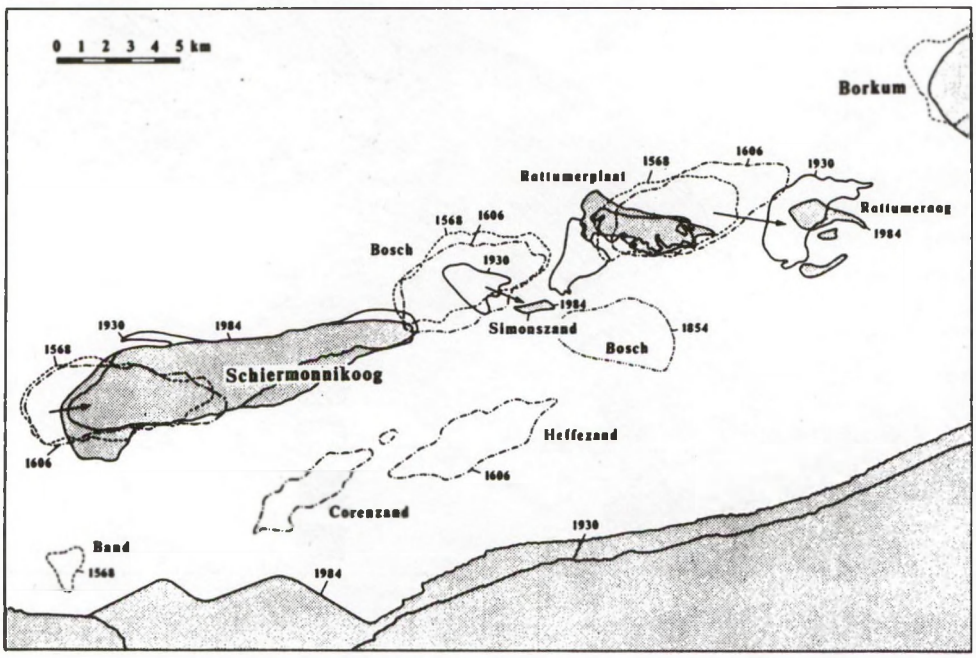


Fig. 3.9. Migraties van de Waddeneilanden vanaf Schiermonnikoog tot aan de Duitse grens over de periode 1568 tot 1984 (EHLERS, 1988).

4. PLANKTON

De term plankton verwijst naar plantaardige (fytoplankton) en dierlijke (zoöplankton) organismen die door hun geringe afmetingen of zwemsnelheid, passief meegevoerd worden door waterstromingen.

4.1. FYTOPLANKTON

De zwevende algen, het fytoplankton, zijn de primaire producenten in zee. De term primaire produktie verwijst naar het ontstaan van plantaardig organisch materiaal door middel van fotosynthese. De grootte van de jaarlijkse primaire produktie is afhankelijk van de initiële hoeveelheid algen, de verdeling van het licht in de waterkolom, de concentraties opgeloste voedingsstoffen (nutriënten) en het al of niet optreden van stratificatie.

Het water in de zuidelijke Noordzee vertoont in januari maximale concentraties opgeloste anorganische nutriënten (silicaat, fosfaat, nitraat). Zodra de fytoplankton bloei begint, worden bepaalde nutriënten snel opgebruikt, ook in de ondiepe kustwateren. Fig. 4.1 (Brockmann e.a., 1990) laat zien dat het ondiepe gebied rond de Waddeneilanden zeer hoge concentraties aan nutriënten bevat in de voorjaar, en dat in de zomer de nutriëntenconcentraties aanzienlijk lager zijn.

In de zomer komen in het niet-gestratificeerde, nutriëntrijke kustgebied hoge fytoplanktonconcentraties voor. Het fytoplankton van de Noordzee produceert per jaar 100-300 gC/m^2 aan organische koolstof, zowel in particulaire als in opgeloste vorm (Zijlstra, 1988), terwijl plaatselijk in de kustwateren een maximale jaarlijkse produktie tot 400 gC/m^2 wordt gemeten (Cadée, 1990).

In de Noordzee zijn voornamelijk twee soorten algen aanwezig: diatomeeën of kiezelalgen, en dinoflagellaten. In de Nederlandse kustwateren zijn diatomeeën en de kolonievormende slijm-alg *Phaeocystis pouchetii* dominant. Diatomeeën zijn vooral dominant tijdens de voorjaarsbloei (Gieskes & Kraay, 1975). Zij vormen een groot deel van het voedsel van copepoden, de belangrijkste herbivoren, en worden ook door dinoflagellaten begraasd. Dinoflagellaten zijn de belangrijkste primaire producenten in de zomer, en kunnen dichte, soms toxische bloeien vormen die het water rood kunnen kleuren (Reid e.a., 1990).

Vanaf het vroege voorjaar tot de late herfst komen fytoplankton bloeien voor. Een bloei wordt meestal door een bepaalde soort gedomineerd. In de winter komen, door de geringe lichtintensiteit, vrijwel geen algen voor in de Noordzee, hoewel er ruim voldoende nutriënten zijn (Baars e.a., 1991). De eerste voorjaarsbloei ontstaat wanneer de instraling van zonlicht een zekere grenswaarde overschrijdt (Gieskes & Kraay, 1975). In het minder heldere kustwater wordt de lichtdrempel enkele weken later overschreden dan verder op zee. Een bloei kan worden beëindigd door een (relatieve) nutriëntenschaarste, terwijl begrazing ook een rol kan spelen. In de herfst neemt de nutriëntenaanvoer door de rivieren weer toe en nemen tegelijk de aantallen grazers af, zodat er vaak weer kortstondige algenbloeien kunnen optreden (Eisma, 1980b).

In een typische fytoplankton voorjaarsbloei aan de Nederlandse kust zijn diatomeeën dominant tot ongeveer april, wanneer uitputting van het aanwezige silicaat optreedt. *R. delicatula* vormt sinds 1978 geregeld bloeien in een 30 km brede band parallel aan de kust. *Coscinodiscus* sp. vormt bloeien die, wanneer zij instorten, een olieachtige laag op de zeeoppervlak achterlaten (Reid e.a., 1990).

In veel ondiepe delen van de Noordzee domineert *Phaeocystis* in mei, na de vroege diatomeeën bloei. Deze alg vormt een minder geschikt voedsel voor zoöplankton (Kuipers e.a., 1991). In het Huibertgat, tussen Rottumeroog en Borkum, domineert *Phaeocystis* na de voorjaarsbloei van diatomeeën, en kan tot de helft van de jaarlijkse produktie vormen (Boede, 1985; Fig. 4.2). Aan de kust toont *Phaeocystis* een scherpe voorjaarspiek, terwijl de toename meer geleidelijk verloopt op de open zee. *Phaeocystis* komt in steeds grotere aantallen voor, en afstervende cellen spoelen als grote, soms onwelriekende schuimlagen aan op de kust. Ook deze bloei komt waarschijnlijk ten einde door een (relaieve) nutriëntenschaarste (van Bennekom e.a., 1975; Veldhuis e.a., 1986), hoewel ook begrazing door protozoën een rol kan spelen (Admiraal & Venekamp, 1986). Na de instorting van de *Phaeocystis* bloei kan een bloei van dinoflagellaten volgen, zoals de giftige *Dinophysis acuminata* (Brockmann e.a., 1990). De zeevonk (*Noctiluca scintillans*) bloei begint in het voorjaar en kan, bij voldoende licht en een watertemperatuur van minimaal 5-6°C, doorgaan tot eind juli. In de Duitse Bocht is deze soort het meest talrijk eind juli/begin augustus, en sterft kort daarna massaal af. Een tweede piek kan in het

najaar optreden, als het kustwater nog voldoende warm is (UHLIG & SAHLING, 1990).

Het grootste deel van de totale primaire produktie in de zuidelijke Noordzee bezinkt en wordt door bodemdieren geconsumeerd of door bacteriën afgebroken (JOIRIS e.a., 1982). Gemiddeld 40% van de primaire produktie in de fotische zone wordt door bacteriën omgezet (COLE e.a., 1988). BAARS & FRANSZ (1984) schatten dat slechts 3-14% van de primaire produktie in de zuidelijke Noordzee door roeipootkreeftjes, de dominante planktonische herbivoor, wordt geconsumeerd. Het zoöplankton begraast slechts een klein deel van de voorjaarsbloei, omdat de aantallen herbivoren bij de start van de bloei nog laag zijn en de groei van de nieuwe generatie bij de lage watertemperatuur langzaam gaat (FRANSZ & GIESKES, 1984). Ook in het kustgebied wordt tijdens de voorjaarsbloei niet meer dan 5% van de primaire produktie door copepoden begraasd (FRANSZ e.a., 1991), en kan tot 65% van het fytoplankton door bezinken aan bodemdieren (benthos) toevallen (REID e.a., 1990). De fytoplankton najaarsbloei wordt ook nauwelijks geconsumeerd door zoöplankton, en sedimenteert uit naar de bodem (BILLEN e.a., 1990).

4.2. ZOÖPLANKTON

Zoöplankton wordt meestal op grond van leefwijze of grootte onderverdeeld. Op grond van leefwijze wordt zoöplankton ingedeeld in holoplankton (organismen die hun hele leven planktonisch blijven, b.v. roeipootkreeftjes) en meroplankton (organismen die slechts een deel van hun leven als plankton doorbrengen b.v. larven van mosselen, krabben of vissen). Zoöplankton kan ook in de volgende grootteklassen worden onderverdeeld: microzoöplankton (< 200 µm), mesozoöplankton (200 µm-2 mm) en macrozoöplankton (> 2 mm).

Zoöplankton voedt zich hoofdzakelijk met fytoplankton. Pelagische vissen, voornamelijk haringachtigen, zijn de belangrijkste predatoren op het zoöplankton (KUIPERS e.a., 1991).

De verspreiding van zoöplankton is afhankelijk van hydrografische factoren en circulatiepatronen.

Een grote toename in zoöplanktondichtheid begint pas na de voorjaarsbloei van het fytoplankton, wanneer de temperatuur hoog genoeg is. De snelle toename van groter zoöplankton zoals de ribkwal (*Pleurobrachia pileus*), meestal in mei, heeft vaak een sterke afname in copepodendichtheden tot gevolg, die weer kan leiden tot een herstel van fytoplankton (KUIPERS e.a., 1990).

4.2.1. MICROZOÖPLANKTON

Het microzoöplankton bestaat uit kleine, meestal ééncellige, organismen en larven van het mesozoöplankton, en voedt zich met fytoplankton, bacteriën en detritus. Bacteriovoor microzoöplankton is het hele jaar aanwezig in ondiepe kustwateren (JOIRIS e.a., 1982). Het wordt de afgelopen jaren steeds meer duidelijk dat microzoöplankton een kwantitatief belangrijke schakel vormt tussen fytoplankton en zoöplankton. In het ondiepe kustwater worden zowel zoetwater als mariene bacteriën aangetroffen (Fig. 4.3). Bacteriën komen in de kustwater in hogere dichtheden voor dan verder uit de kust (VOSJAN e.a., 1992). Protozoa, vooral nanoflagellaten, zijn de belangrijkste consumenten van bacteriën. Nanoflagellaten komen in grote en fluctuerende dichtheden voor in mariene sedimenten, en hun rol in het mariene ecosysteem is nog grotendeels onbekend (HONDEVELD e.a., 1993).

De gemiddelde biomassa van planktonische bacteriën in de kustwateren is ongeveer 20 µgC/l; equivalent aan 0.3 gC/m^2. In de kustgebieden van de Noordzee wordt ongeveer 57% van de netto primaire produktie door bacterioplankton geconsumeerd (BILLEN e.a., 1990).

4.2.2. MESOZOÖPLANKTON

De biomassa en aantallen van het mesozoöplankton worden voor het grootste deel gevormd door copepoden (roeipootkreeftjes). Larven van het macrobenthos (zeesterren, krabben, wormen, schelpdieren) maken ook deel uit van het mesozoöplankton. De meeste soorten copepoden eten fytoplankton, maar feitelijk zijn ze omnivoor. Copepoden vormen een belangrijke schakel tussen fytoplankton en hogere organismen zoals vis, en vormen de belangrijkste voedselbron van larvale vis. Er zijn vier soorten roeipootkreeftjes die in de zuidelijke Noordzee ongeveer 80% van de totale zoöplanktonbiomassa vormen: *Temora longicornis*, *Pseudocalanus elongatus*, *Acartia clausi* en *Centropages hamatus* (NIHOUL & POLK, 1977).

In de kustzone vormen *T. longicornis* en *P. elongatus* in voorjaar en herfst de hoogste biomassa (FRANSZ & VAN ARKEL, 1983; DARO & VAN GIJSEGEM, 1984), terwijl *A. clausi* en *C. hamatus* in de zomer

maximale dichtheden bereiken (FRANSZ & VAN ARKEL, 1983). In het Eems-Dollard estuarium tussen Borkum en Rottummeroog domineert *P. elongatus* in de koude periode (januari-juni), terwijl in de warme periode (juli-december) *C. hamatus*, *T. longicornis*, *A. clausi* en *Paracalanus parvus* domineren (BOEDE, 1985).

Copepoden produceren gemiddeld drie generaties per jaar. De groeiduur vanaf ei tot volwassene is ongeveer een maand (FRANSZ e.a., 1991). FRANSZ & GIESKES (1984) schatten een jaarlijkse copepodenproduktie (inclusief nauplii) van ten minste 12 gC/m^2 in het Nederlandse kustgebied. Hoewel kustwateren en diepere wateren van de Noordzee een vergelijkbare primaire produktie hebben, is de dichtheid van zoöplankton verder op zee veel groter. JOIRIS e.a. (1982) wijten dit aan de grote produktie van de relatief minder 'eetbare' fytoplankton soort *Phaeocystis* in de ondiepe kustwateren.

Copepoden kunnen een voorkeur tonen voor een bepaald voedsel: zo toont *A. clausi* een voorkeur voor de ciliaat *Stombodinium sulcatum* (FRANSZ e.a., 1991). *Phaeocystis* wordt nauwelijks begraasd door de meeste zoöplankton soorten, maar b.v. *T. longicornis* en *A. clausi* kunnen grote hoeveelheden *Phaeocystis* consumeren (FRANSZ e.a., 1991).

4.2.3. MACROZOÖPLANKTON

De meerderheid van het macrozoöplankton is carnivoor en bestaat voornamelijk uit coelenteraten (kwallen). *Pleurobrachia pileus*, *Aurelia aurita* en *Sarsia tubulosa* (gerangschikt naar afnemende talrijkheid) zijn de meest algemene coelenteraten in de kustwateren van de zuidelijke Noordzee (VAN DER VEER e.a., 1983). Grotere kreeftachtigen en vislarven maken ook een deel uit van het macrozoöplankton. In de kustgebieden vindt meestal in mei een explosieve toename van coelenteraten plaats, waarna de dichtheid snel afneemt. De ribkwal *P. pileus* vertoont vaak een tweede piek in september-oktober, waarbij lagere dichtheden voorkomen. Ribkwal dichtheden variëren van 1 tot 20 ind./m^3, met in sommige jaren pieken tot 70 ind./m^3 (KUIPERS e.a., 1990).

In sommige jaren kan de predatie door de ribkwal ingrijpend zijn voor de zoöplankton populatie. *P. pileus* voedt zich voornamelijk met copepoden en zeepok larven (KUIPERS e.a., 1990). Kwallen prederen ook op vislarven die naar het ondiepe Waddengebied migreren, zoals schol, bot, tong en haring (VAN DER VEER e.a., 1983).

Andere zoöplankton soorten kunnen ook pieken in dichtheid vertonen in het voorjaar of zomer, zoals het pelagische manteldiertje *Oikopleura dioica* (MARTENS, 1980), Cladocera (GIESKES, 1971) en *Echinocardium* larven (FRANSZ e.a., 1984).

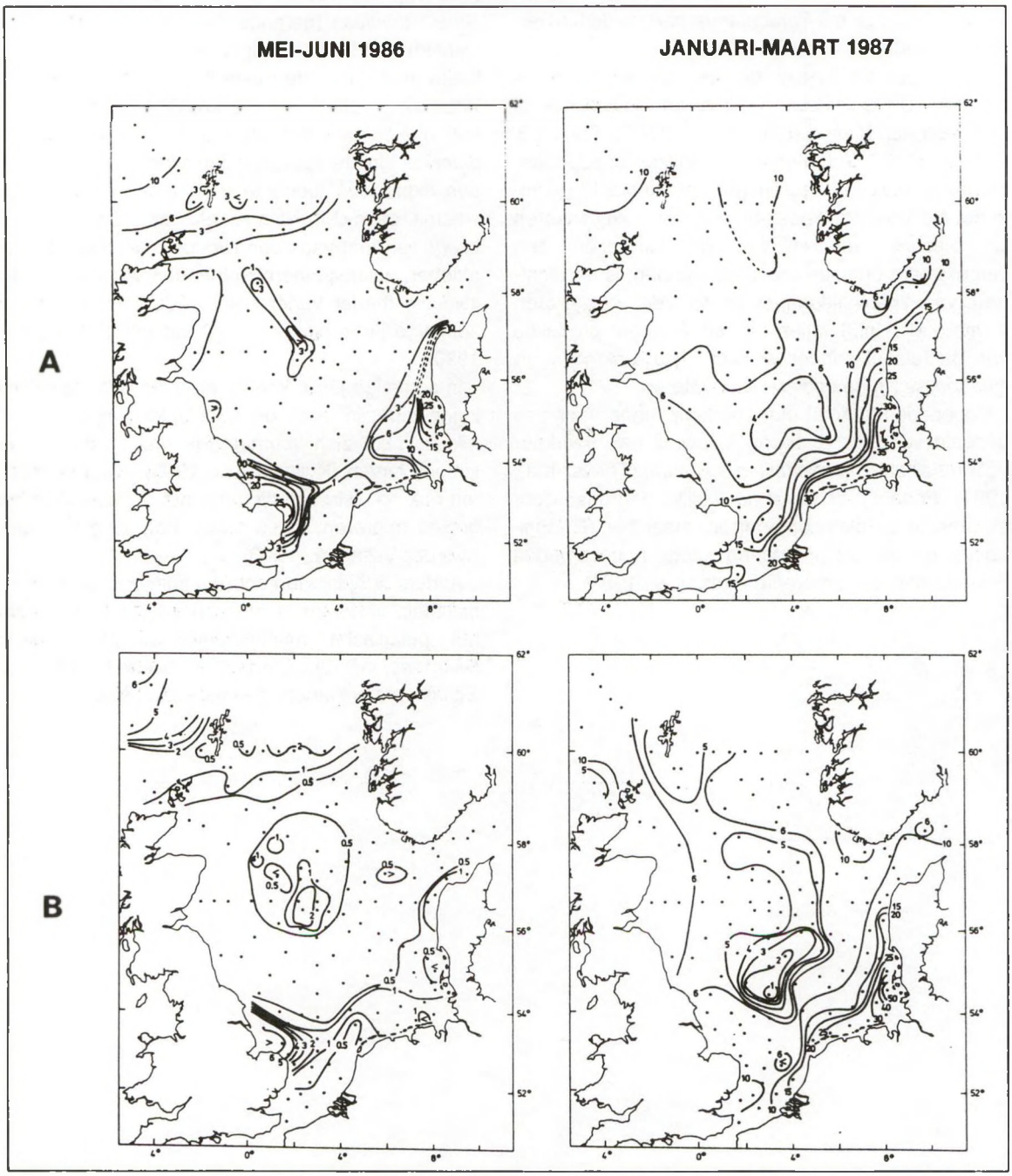


Fig. 4.1. Concentraties nitraat en nitriet (A) en silicaat (B) (µmol/dm³) in de oppervlakte-wateren van de Noordzee over de perioden mei-juni 1986 en januari-maart 1987 (BROCKMANN e.a., 1990).

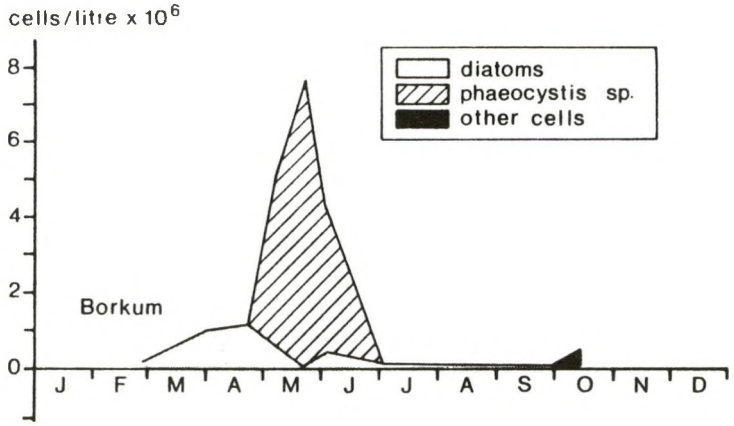


Fig. 4.2. Seizoensfluktuaties in de soortensamenstelling van primaire producenten in de kustzone bij Borkum (BOEDE, 1985).

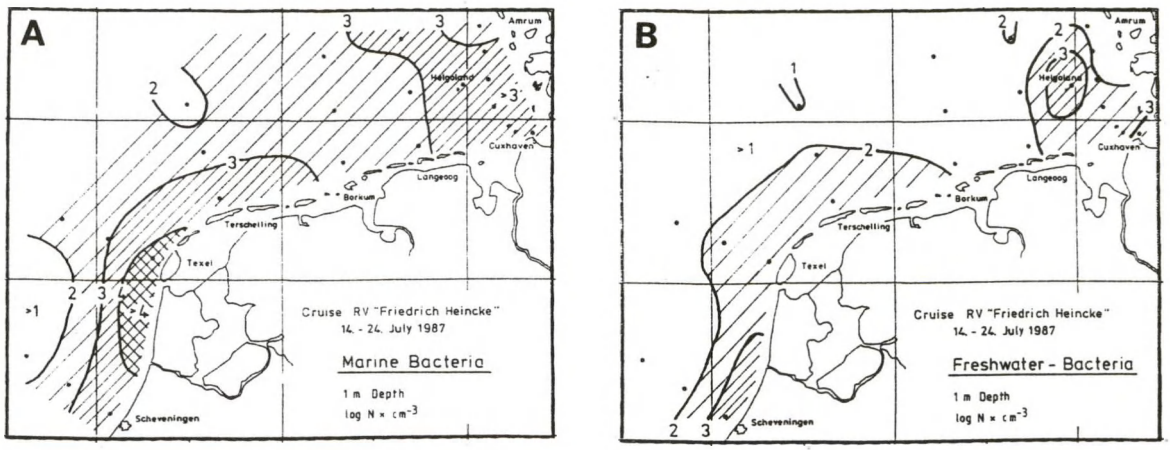


Fig. 4.3. Aantallen mariene (A) en zoetwater (B) bacteriën in de Nederlandse kustzone (VOSJAN e.a., 1992).

5. BENTHOS

Organismen die op of in de zeebodem leven worden samengevat onder de term benthos. Hoewel het kustwater zeer voedselrijk is, kunnen factoren als stromingen en golven ertoe leiden dat het voedsel niet altijd naar het benthos kan uitzakken. Deze dynamische gebieden wordt gekenmerkt door het voorkomen van vrij weinig soorten, die in grote aantallen per soort aanwezig zijn. Het benthos van de Noordzee kan grote variaties vertonen in ruimte ("patchy" verspreiding) en tijd.

5.1. FYTOBENTHOS

Plantaardig benthos, fytobenthos, bestaat in de kustzone grotendeels uit diatomeeën. De meeste fytobenthossoorten kunnen niet groeien als de lichtintensiteit lager is dan ca. 1% daglicht. Als gevolg van relatief veel zwevend materiaal in het kustwateren kan 1% van het geschatte daglicht doordringen tot een diepte van gemiddeld 10 m in de periode december-mei en 15 m in de periode juni -november (Fig. 5.1). Niet alleen door de troebelheid van het water, maar ook door het mobiele sediment, speelt fytobenthos in de kustzone van de Waddeneilanden een zeer beperkte rol in de totale primaire produktie (OTTO e.a., 1990).

Macroalgen, zoals zeesla (*Ulva* sp.) komen nauwelijks in de ondiepe kustzone voor, maar wel in de ondiepe Waddenzee. Door het ontbreken van aanhechtingsplaatsen, zoals stenen, en de hoge troebelheid en dynamiek van het kustwater, kunnen macroalgen zich hier niet blijvend vestigen.

5.2. ZOÖBENTHOS

Het dierlijk benthos, zoöbenthos, wordt meestal ingedeeld in grootteklassen: microzoöbenthos (< 0,05 mm), meiozoöbenthos (0,05-1 mm) en het macrozoöbenthos (> 1 mm). Micro- en meiobenthos leven hoofdzakelijk interstitieel (tussen de zandkorrels).

5.2.1. MICROZOÖBENTHOS

Het microbenthos bestaat uit bacteriën, protozoën en schimmels. Microbenthos leeft van detritus en andere microorganismen, en wordt gegeten door meiobenthos en macrobenthos. Er is in de literatuur weinig over microbenthos bekend.

Benthische bacteriën komen in grote aantallen in de Waddenzee voor, en in kleinere aantallen aan de Noordzee-zijde van de Waddeneilanden (BILLEN e. a., 1990). In zandige kustgebieden zal de dichtheid van bacteriën over het algemeen lager zijn dan in slibrijke gebieden, terwijl die van protozoën juist groter zal zijn (VAN DUYL e.a., 1991).

5.2.2. MEIOZOÖBENTHOS

Meiobenthos leeft hoofdzakelijk interstitieel, en vormt een belangrijke voedselbron voor macrobenthos en jonge platvis.

De totale meiofauna van de Noordzee bestaat voor ten minste 85% uit nematoden (HUYS e.a., 1992). Daarna volgen in dichtheid Gastrotricha in het noordoostelijke kustgebied, terwijl interstitiële copepoden in de meer westelijke, zandige kustsedimenten domineren (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990; HOLTMANN & GROENEWOLD, 1992). Copepoden dragen gemiddeld 25% bij aan de totale dichtheid van meiofauna in de zuidelijke Noordzee (HUYS e.a., 1990). Aantallen interstitiële copepoden langs de Waddeneilanden zijn relatief laag, en variëren van 3-81 individuen/10 cm^2 (HUYS e.a., 1992). Het meiobenthos in het Huibertgat (tussen Rottummeroog en Borkum) bestaat hoofdzakelijk uit nematoden, met harpacticoide copepoden als de tweede belangrijke groep (BOEDE, 1983).

Meiofauna dichtheden zijn hoger in het noordoostelijke deel van de kustzone langs de Waddeneilanden dan in het zuidwestelijke deel. De hoogste dichtheden (meer dan 200 individuen/cm^2) komen voor tot 5 km uit de kust (Fig. 5.2). Verder uit de kust nemen de aantallen nematoden af. Alleen tot 15 km uit de kust van Schiermonnikoog zijn de dichtheden hoog. Copepoden en Gastrotricha zijn meer talrijk net buiten de kustzone (5-25 km uit de kust), behalve bij Rottumeroog, waar ze ook vlak onder de kust in grote aantallen kunnen voorkomen (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990).

De meiofauna in het gebied vanaf de Terschelling Bank tot aan de Deense westkust behoort min of meer tot dezelfde gemeenschap, en wordt gekenmerkt door een mengsel van zeer kleine interstitiële, en grotere gravende soorten (HUYS e.a., 1990). Er is geen indicatorsoort aan te wijzen in deze gemeenschap; de meerderheid wordt gevormd door Ectinosomatidae en in een mindere mate Ameiridae.

De interstitiële copepoden bestaan hoofdzakelijk uit de familie Leptastacidae. (HUYS e.a., 1992)

5.2.3. MACROZOÖBENTHOS

Het macrobenthos wordt meestal ingedeeld naar leefwijze: infauna bestaat uit in het sediment levende organismen, terwijl epifauna voornamelijk op of net boven het sediment leeft.

De verspreiding van macrofauna op de Noordzee wordt hoofdzakelijk bepaald door temperatuur, terwijl factoren als bodemsamenstelling, diepte en voedselaanbod ook een rol kunnen spelen. Er zijn vier hoofdtaxa in de Noordzee: Crustacea, Echinodermata, Polychaeta en Bivalvia.

Het macrobenthos omvat herbivoren, aaseters en carnivoren, en kan voedsel uit de waterkolom en van het zeebodem opnemen. Macrobenthische epifauna vormt o.a. een belangrijke voedselbron voor een aantal commercieel belangrijke rondvissoorten zoals wijting, kabeljauw en schelvis. De macrobenthische infauna is een belangrijke voedselbron voor vissen en vogels. Schelpdieren vormen de hoofd-voedselbron van b.v. overwinterende eenden: zo is de tweekleppige *Spisula subtruncata* een belangrijke voedselbron voor de Eidereend, de Zwarte Zeeëend en de Grote Zeeëend.

MACROBENTHISCHE INFAUNA

De macrobenthische infauna bestaat hoofdzakelijk uit schelpdieren (Mollusca), wormen (Polychaeta), stekelhuidigen (Echinodermata) en kreeftachtigen (Crustacea) (HEIP e.a., 1990).

Alle groepen, afgezien van de Crustacea, zijn in het noordoostelijk kustgebied beter vertegenwoordigd dan in het zuidwestelijk (Fig. 5.3b). In het noordoostelijke kustgebied (bij de eilanden Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog), vooral tot aan 5 km uit de kust, ligt ook de rijkste zone qua aantallen en biomassa (Fig. 5.3a en 5.4; VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990). De biomassa macrobenthos langs de Nederlandse kust kan uiteen lopen van 0.02 tot 428 g ADW/m^2 (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990). De dichtheid varieert van 300 tot meer dan 20.000 individuen/m^2, met gemiddeld circa 3000 individuen/m^2 (HOLTMANN & GROENEWOLD, 1992).

Over het algemeen worden de hoogste macrofauna dichtheden gevonden in gebieden met een fijnzandige bodem en een hoge slibfractie. De polychaeten zijn in de kustzone het meest talrijk. De aantallen tweekleppigen nemen toe dichter langs de kust, en zijn qua biomassa de belangrijkste groep. Echinodermata zijn in een smalle strook langs de kust niet of nauwelijks aanwezig (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990). De verspreiding en dichtheid van de zeeklit (*Echinocardium cordatum*) kan van jaar tot jaar sterk verschillen, afhankelijk van de broedval en wintertemperatuur (ANON, 1990). De hoogste dichtheden polychaeten zoals *Lanice conchilega* en *Magelona papillicornis*, en de tweekleppige *Spisula subtruncata* (Fig. 5.5b), worden gevonden langs de kust van Ameland tot Schiermonnikoog, in een strook tot ongeveer 5 km uit de kust. Verder zijn in dit gebied ook in hoge dichtheden aanwezig de tweekleppigen *Macoma balthica* (Fig. 5.5a), *Angulus fabula* (Fig. 5.5c), *A. tenuis* en *Donax vittatus* en de kreeftachtige *Urothoe poseidonis* (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990; LEOPOLD, in prep.). In het buitengebied van het Eems-Dollard estuarium zijn de wormen *Scoloplos armiger* en *Nephtys hombergii* en de tweekleppige *Macoma baltica* zeer algemeen (BOEDE, 1985).

In de tijd kunnen grote fluctuaties in aantallen optreden, vooral bij soorten met een relatief lang larvaal stadium zoals *Spisula subtruncata* en *Angulus fabula*. In de ondiepe wateren kunnen sterke afnamen in aantallen ook veroorzaakt worden door predatie door vogels en vissen, en stormen (OFFRINGA, 1991). Resettlement treedt na verloop van tijd bij de meeste soorten op door passief transport van planktonische larven vanuit naburige gebieden.

MACROBENTHISCHE EPIFAUNA

De macrobenthische epifauna kan zowel sessiel als mobiel zijn. De epifauna van de Noordzee bestaat uit stekelhuidigen, kreeftachtigen, zeeanemonen, koralen en sponzen.

Epifauna aan de Nederlandse kust kan worden ingedeeld in clusters (DUINEVELD e.a., 1991). In het kustgebied domineert de zeester (*Asterias rubens*) in biomassa (DUINEVELD e.a., 1990). Verder komen in de kustgebied de slangster (*Ophiura texturata*) en de garnaal (*Crangon crangon*) algemeen voor (DUINEVELD e.a., 1991).

De garnaal is suksesvol in de kustzone dankzij een grote tolerantie voor lage en fluktuerende saliniteit, en een gevarieerd dieet. Het voedsel bestaat

vooral uit kleine kreeftachtigen en wormen. De garnaal zelf is een belangrijke voedselbron voor vissen zoals wijting, jonge kabeljauw en schar (STAM, 1988). Garnalenlarven zijn pelagisch en worden demersaal wanneer zij ongeveer 5-7 mm lang zijn (BODDEKE, 1989). Het ondiepe kustwater vervult een kinderkamerfunctie voor jonge garnalen, die zich pas in juni/juli blijvend vestigen (DRIESSEN, 1982). De volwassen wijfjes migreren in het voorjaar naar het ondiepe kustwater; in herfst en winter vindt een omgekeerde migratie plaats naar het diepere water (ANON, 1990).

Andere epifaunasoorten kunnen ook een seizoensmigratie vertonen, zoals de zwemkrabben (*Liocarcinus*) in het Eems-Dollard estuarium, die verder uit de kust overwinteren (BOEDE, 1983).

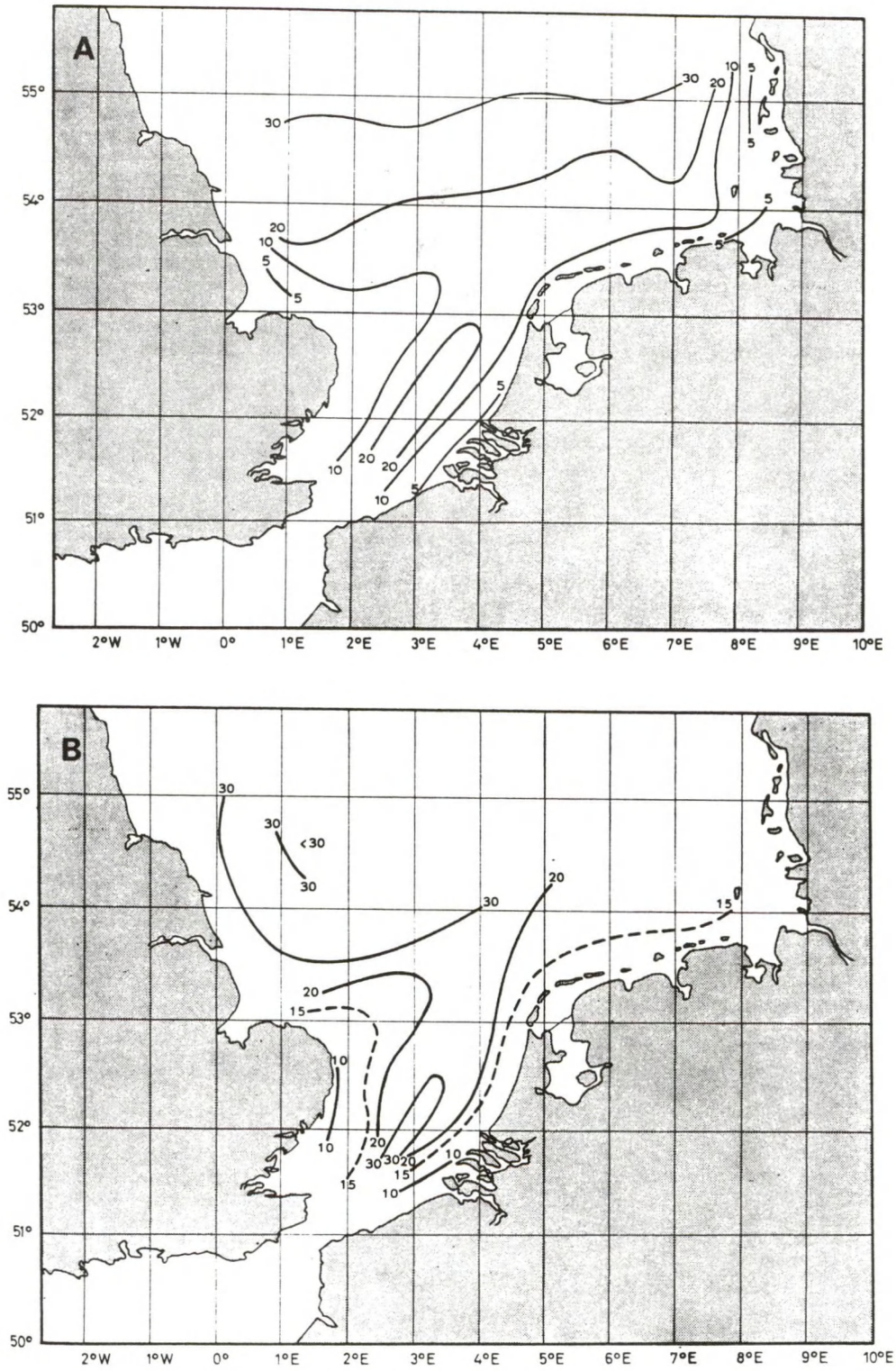


Fig. 5.1 Geschatte diepte (in meters) van de 1% daglicht penetratie in de periode december-mei (A) en in de periode juni-november (B) (VISSER, 1969).

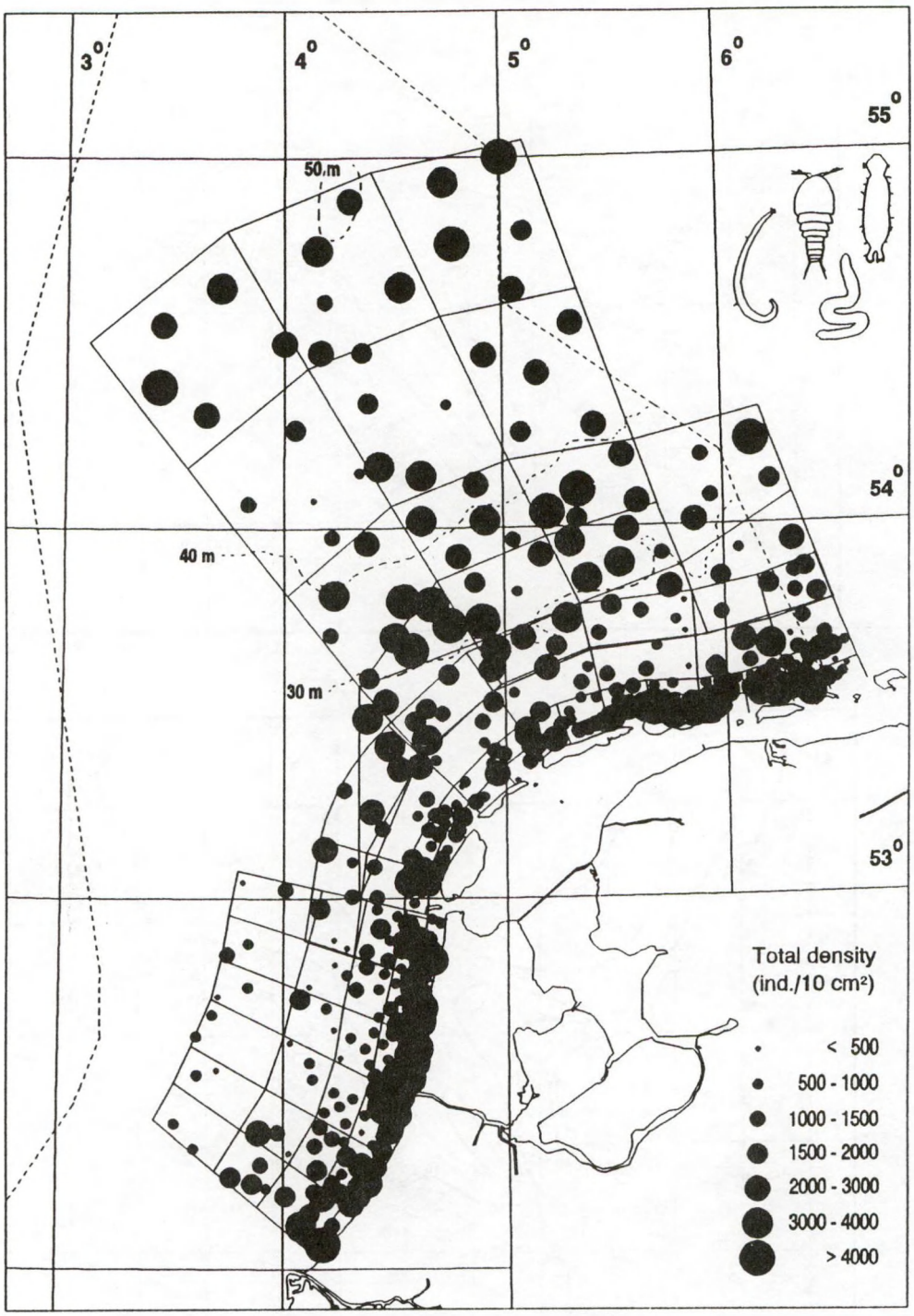


Fig. 5.2. Meiobenthos dichtheden (individuen/10 cm²) over 1988 en 1989 (HOLTMANN & GROENEWOLD, 1992).

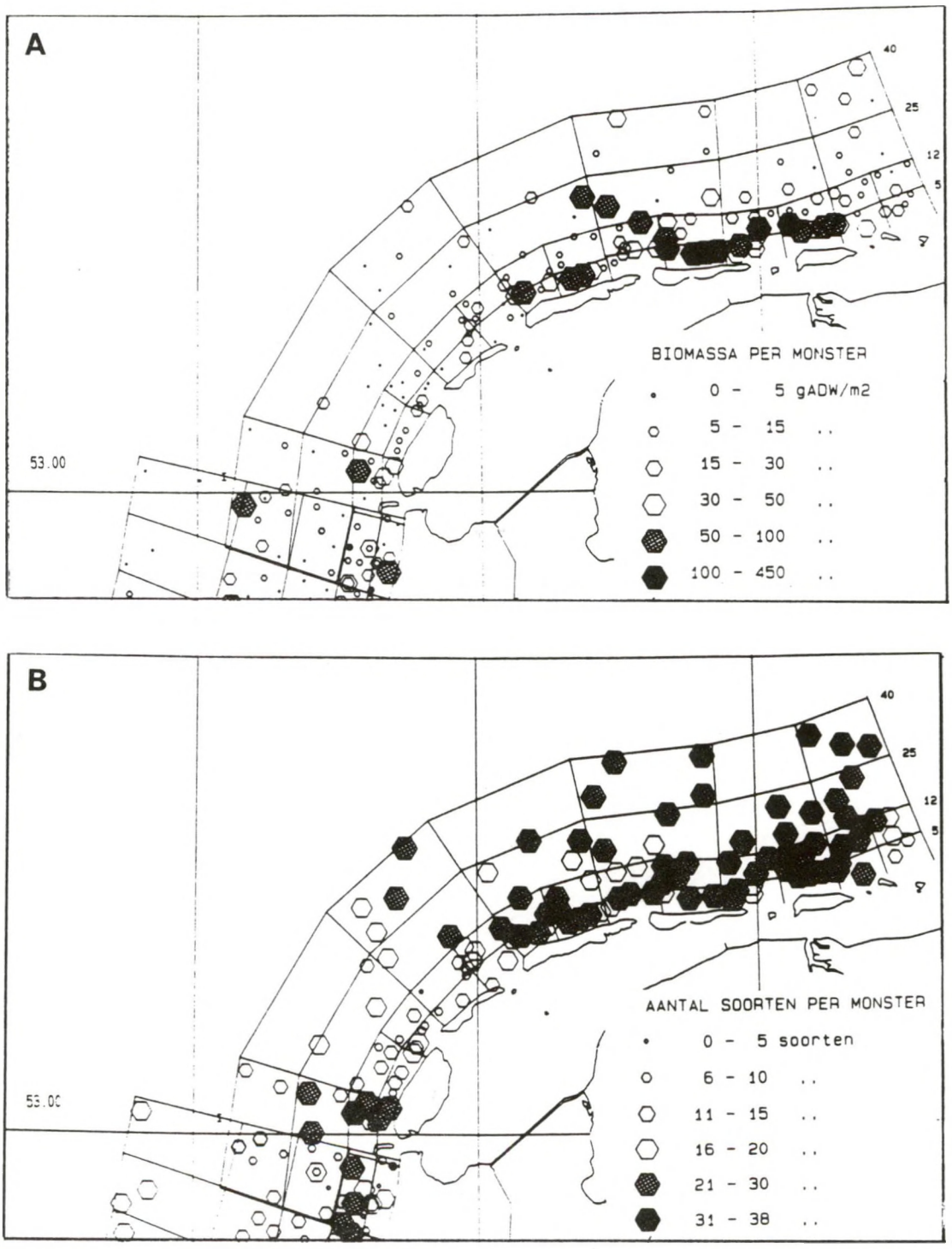


Fig. 5.3 Macrobenthos biomassa (gADW/m^2) (A) en aantal soorten macrobenthos (B) over de periode 1988-1989 (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990).

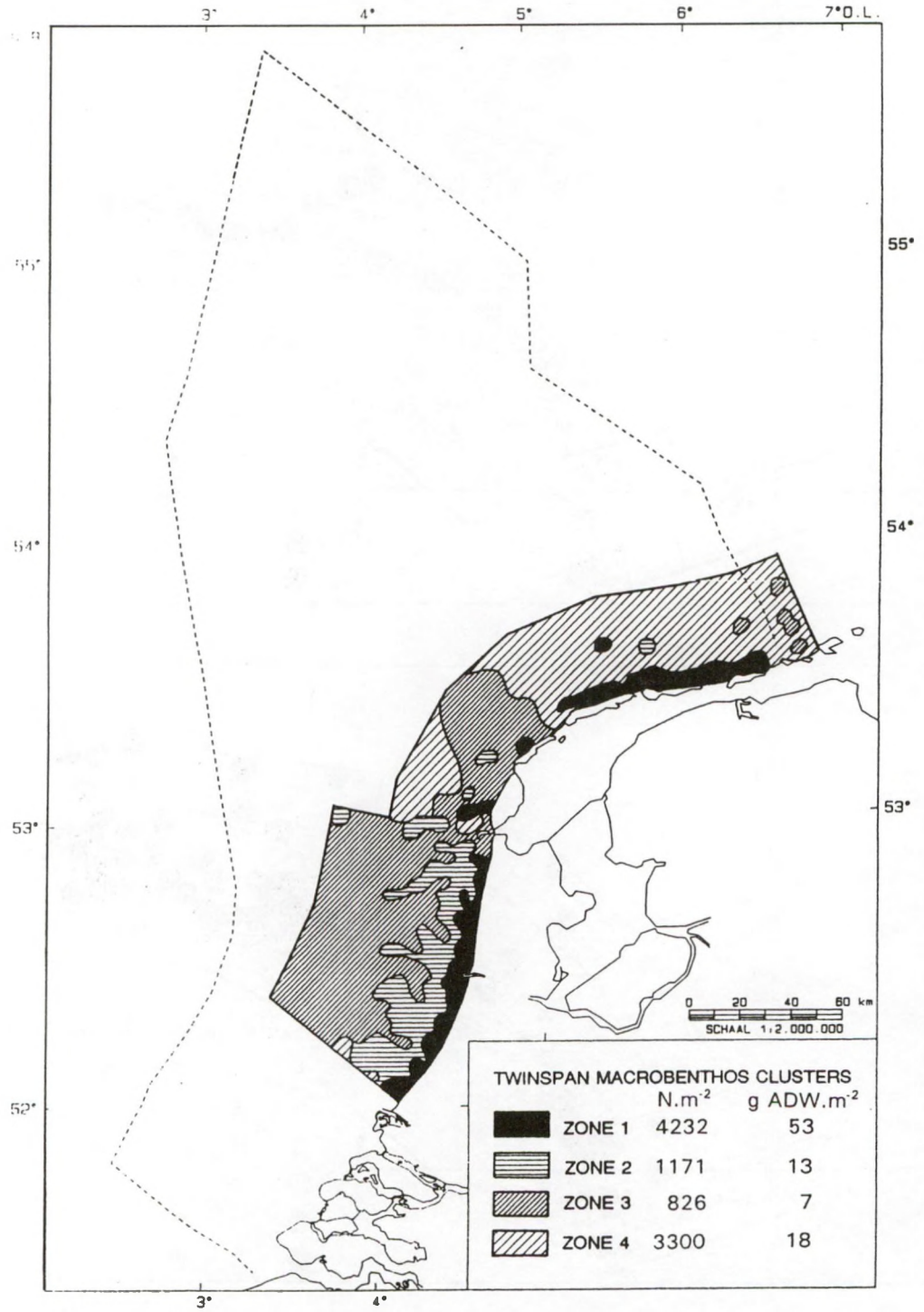


Fig. 5.4 Macrobenthos clusters op basis van dichtheden (n/m²) over 1988-1989 (VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990)

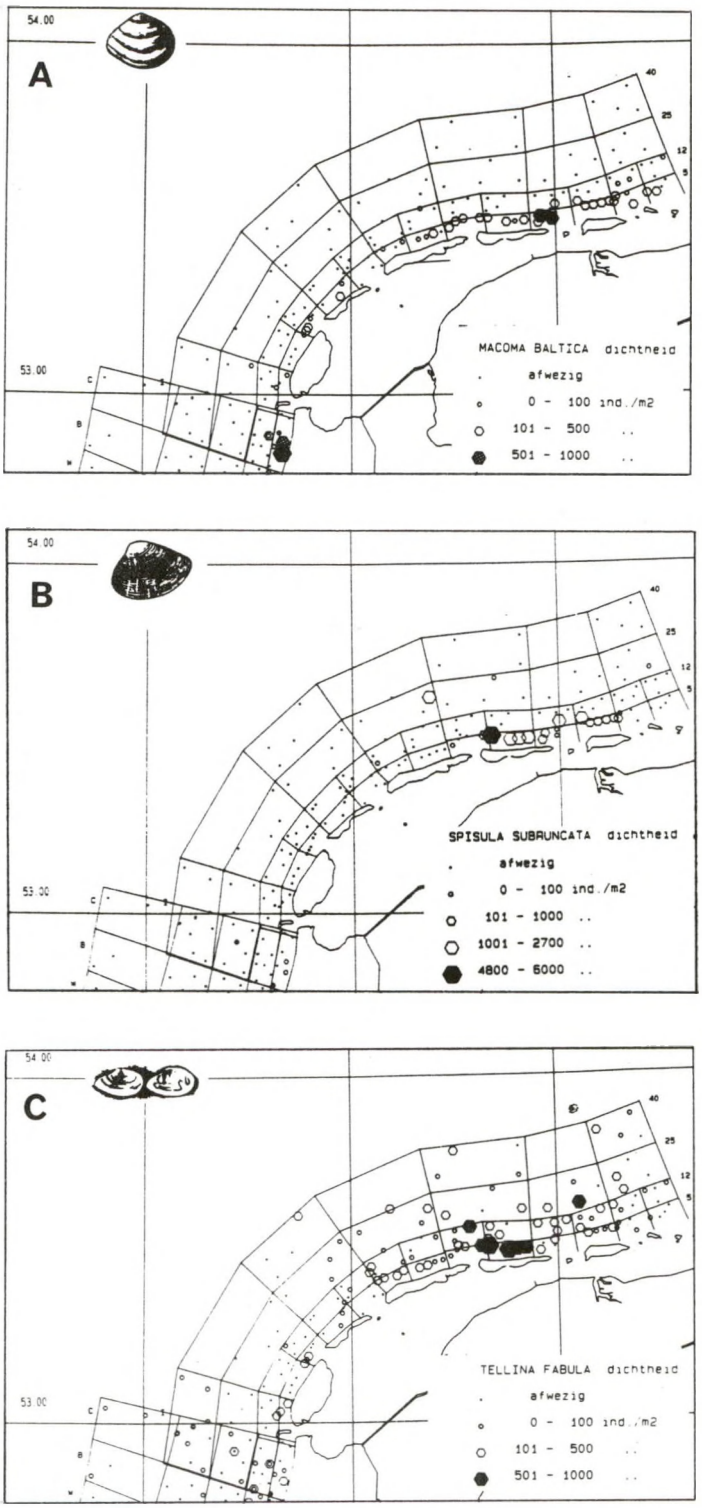


Fig. 5.5. Verspreidingskaarten van (a) *Macoma balthica*, (b) *Spisula subtruncata* en (c) *Tellina fabula* (n/m^2) in 1988 en 1989 (naar VAN SCHEPPINGEN & GROENEWOLD, 1990).

6. VISSEN*

Demersale of bodemvissen, zoals tong en schol, leven op of net boven de zeebodem, terwijl pelagische vissen, zoals haring en makreel, hoofdzakelijk in scholen voorkomen in het waterkolom. Kabeljauw en wijting zijn voorbeelden van vissoorten die grotendeels demersaal leven.

Onderzoeksgegevens hebben vooral betrekking op commerciële vissoorten, waarvan een groot aantal de Waddenzee en omliggende kustwateren gebruiken als opgroeigebied. Het kustgebied functioneert als opgroeigebied voor o.a. haring, wijting, kabeljauw, schar, schol en tong. Zeven van de 17 algemene vissoorten in de Noordzee zijn vooral als juvenielen in het kustwater aanwezig (ZIJLSTRA, 1988). In de zuidoostelijke Noordzee zijn de volgende 10 vissoorten qua biomassa het belangrijkst: schar (22%), wijting (22%), grauwe poon (13%), horsmakreel (10%), schol (6%), kabeljauw (5%), schelvis (5%) haring (4%), makreel (3%) en ruwe haai (2%) (Tabel 6.1, DAAN e.a., 1990).

De verspreiding van vissoorten wordt voornamelijk bepaald door factoren als saliniteit, temperatuur, sediment, waterdiepte en beschikbaarheid van voedsel. Sommige vissoorten, b.v. kabeljauw en wijting, hebben hun verspreidingspatroon afgestemd op dat van de garnaal (HOVENKAMP & VAN DER VEER, 1993). Kabeljauw (DAAN e.a., 1990) en wijting (FONDS, 1978) hebben een voorkeur voor koud water, en slechts juvenielen worden in het kustwater aangetroffen. Jonge wijting en kabeljauw komen het hele jaar vooral in de oostelijke Waddenzee en de Eems-Dollard estuarium voor, en zijn vooral in het najaar zeer talrijk (BOEDE, 1983; HOVENKAMP & VAN DER VEER, 1993). Vissoorten die het Waddengebied als opgroeigebied gebruiken, overwinteren als juvenielen meestal in het relatief warme kustwater en vluchten ook daarheen vanuit de Waddenzee tijdens warme perioden in zomer. Er zijn geen vissoorten die uitsluitend de Nederlandse kustwateren gebruiken als paaigebied.

De verspreidingspatronen van vissoorten zijn ook afhankelijk van de ligging van de paai- en opgroeigebieden ten opzichte van elkaar. Wanneer de paaigebieden ver van de opgroeigebieden liggen, zullen de vislarven die passief met de reststroom worden transporteerd, over het algemeen een groot verspreidingsgebied kennen (Fig. 6.1). Pelagische vissoorten migreren gemiddeld over grotere afstanden naar hun paai- en opgroeigebieden dan demersale vissoorten. Een voorbeeld hiervan is de haring (Fig. 6.2). De paling migreert over uitzonderlijke grote afstanden tussen paai- en opgroeigebied; het Nederlandse kustgebied ligt in de migratieroute. Het wordt algemeen aangenomen, dat de planktonische larven van de paling door zeestromingen vanuit het Atlantische gebied naar het Europese kustwater getransporteerd worden: een reis die drie jaar kan duren (KNIJN e.a., 1993). In de voorjaar trekken grote hoeveelheden glasaaltjes het gebied rond de Waddenzee binnen, waarvan de meesten naar het zoete water migreren (KNIJN e.a., 1993). Volwassen zoetwater exemplaren migreren vanaf het late voorjaar tot de winter weer naar zee.

De aanvang en duur van de paaiperiode kan aanzienlijk verschillen per vissoort. Tabel 6.2 geeft een overzicht van de paaiperioden van enkele van de belangrijkste vissoorten die in het Nederlandse kustwater voorkomen of de kustzone gebruiken als opgroeigebied. Paaien kan zich over een periode van enkele maanden binnen een gebied voordoen (b.v. wijting, schar en sprot), of over een veel kortere periode zoals bij sommige platvissen (b.v. tarbot, griet, tong).

Veel demersale vissoorten maken een pelagisch stadium door als ei en larve. De eieren van enkele pelagische vissoorten (b.v. haring) worden op de zeebodem afgezet. Kabeljauw en schol hebben een lange planktonische fase (3-4 maanden) en een vrij grote verspreidingsgebied (STAM, 1988; BERGMAN, 1989). Tonglarven zijn ongeveer een maand pelagisch (FONDS, 1978; RAUCK & ZIJLSTRA, 1978), en transport vindt slechts over een relatief kleine afstand plaats.

Verspreiding wordt bij sommige soorten ook door leeftijd bepaald. Schar, tarbot, wijting (HEESSEN & KUITER, 1983; KNIJN e.a., 1993), schol (ZIJLSTRA & WITTE, 1985) en haring (DAAN e.a., 1990) zijn vissen die met het ouder worden in steeds dieper water voorkomen.

Het ondiepe water rondom de Waddeneilanden is een belangrijk opgroeigebied voor o.a. kabeljauw, schol, tong, schar (DAAN e.a., 1990) en haring (CORTEN, 1990) (Fig. 6.1 en 6.2). De verblijftijd in het opgroeigebied kan per vissoort aanzienlijk verschillen. Schar (3-4 maanden), haring (3-9 maanden) en kabeljauw (1 jaar) blijven vrij kort in het op

* Wetenschappelijke namen zijn vermeld in Tabel 6.5.

groeigebied; schol en tong kunnen gemiddeld 3 jaar in dit gebied verblijven voordat zij zich aansluiten bij de populatie in de Noordzee (ZIJLSTRA & WITTE, 1985). De opgroeigebieden van bot kenmerken zich door een laag zoutgehalte, een slibachtige bodem en een geringe waterdiepte. Bot paait in de winter in de Noordzee en blijft, na voor het eerst te hebben gepaaid, in het kustgebied (RIJNSDORP & VETHAAK, 1989).

De meeste vissoorten verlaten de Waddenzee en ondiepe kustwateren in de herfst en keren in de lente weer terug vanuit de diepere gedeelten van de Noordzee. Voor de belangrijkste vissoorten worden de migratiebewegingen in de kustzone in Tabel 6.3 samengevat.

Veel vissoorten tonen een activiteitsritmiek onder invloed van daglicht of getij. Tong, bot en zandspiering zijn 's nachts meer actief dan overdag (STAM, 1988). Bij horsmakreel kan gedurende de dag uitgebreide schoolvorming voorkomen, terwijl de vissen in de nacht verspreid boven de bodem voorkomen. Veel jonge vissoorten zoals schol en glasaaltjes verplaatsen zich met behulp van het getij, door zich met de vloed landwaarts te verplaatsen en zich tijdens eb in het sediment in te graven (ZIJLSTRA, 1988).

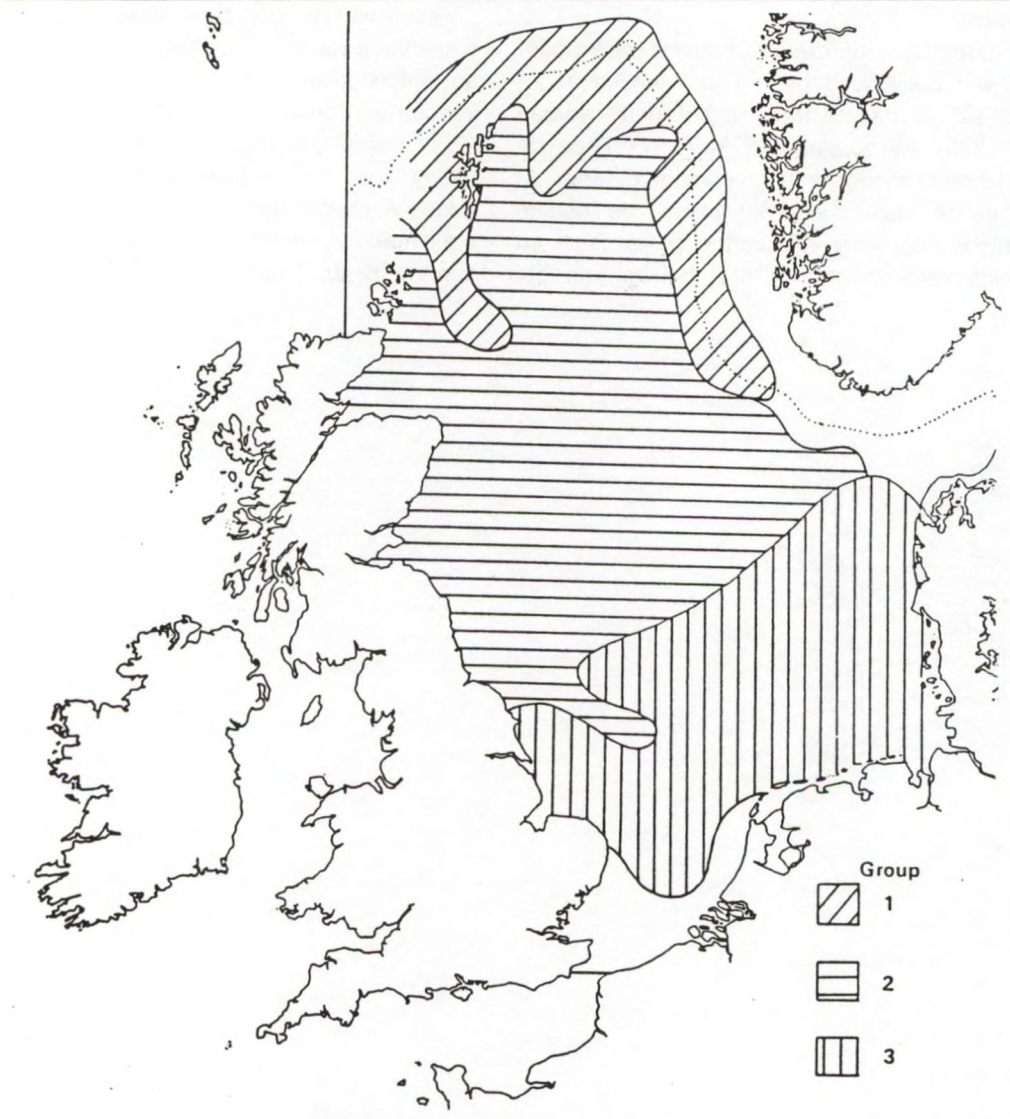
De meeste vissoorten in de Noordzee zijn carnivoor (DAAN e.a., 1990). Zij zijn weinig selectief in hun voedsel en zijn meestal afhankelijk van de aanbod, hoewel de garnaal vaak een belangrijke rol speelt (Tabel 6.4; KÜHL & KUIPERS, 1978). Regenererende delen van macrobenthos, zoals de syphons van *Macoma balthica* en staartpunten van polychaete wormen zoals *Arenicola marina*, *Lanice* spp. en *Nereis* spp., vormen het belangrijkste voedsel voor jonge demersale vissoorten als schol (KUIPERS, 1977) en tong (BEUKEMA, 1974).

Vissen vormen een belangrijke voedselbron voor o.a. andere vissen, zeevogels (meeuwen en sterns), en zeezoogdieren (DUNNET, e.a., 1990). Grondels vormen een belangrijke voedselbron voor o.a. platvis, kabeljauw, wijting en vogels (BERGMAN, 1989), haring voor o.a. kabeljauw, makreel en schelvis (MUUS & DAHLSTRØM, 1966), en zandspiering voor o.a. makreel, gadoïden en verschillende vogelsoorten (STAM, 1988).

TABEL 6.1

Procentuele gewichtssamenstelling van de 10 dominante vissoorten in de 3 Noordzee gemeenschappen in de periode 1982-1985 (naar DAAN e.a., 1990)

Group 1 *Shelf edge*	%	*Group 2* *Central N.S.*	%	*Group 3* *Southern & Eastern N.S.*	%
Saithe	43.6	Haddock	42.4	Dab	21.8
Haddock	11.6	Whiting	13.9	Whiting	21.6
Norway pout	10.7	Cod	9.2	Grey gurnard	12.8
Whiting	9.1	Norway pout	4.7	Scad	9.9
Scad	7.6	Saithe	4.5	Plaice	6.3
Blue whiting	4.1	Dab	3.7	Cod	5.5
Cod	3.8	Grey gurnard	2.0	Haddock	4.7
Mackerel	1.6	Herring	2.5	Herring	4.5
Hake	1.3	Lemon sole	1.8	Mackerel	3.0
Ling	1.2	Starry ray	2.0	Tope	2.1
Total	94.6	Total	86.7	Total	92.2



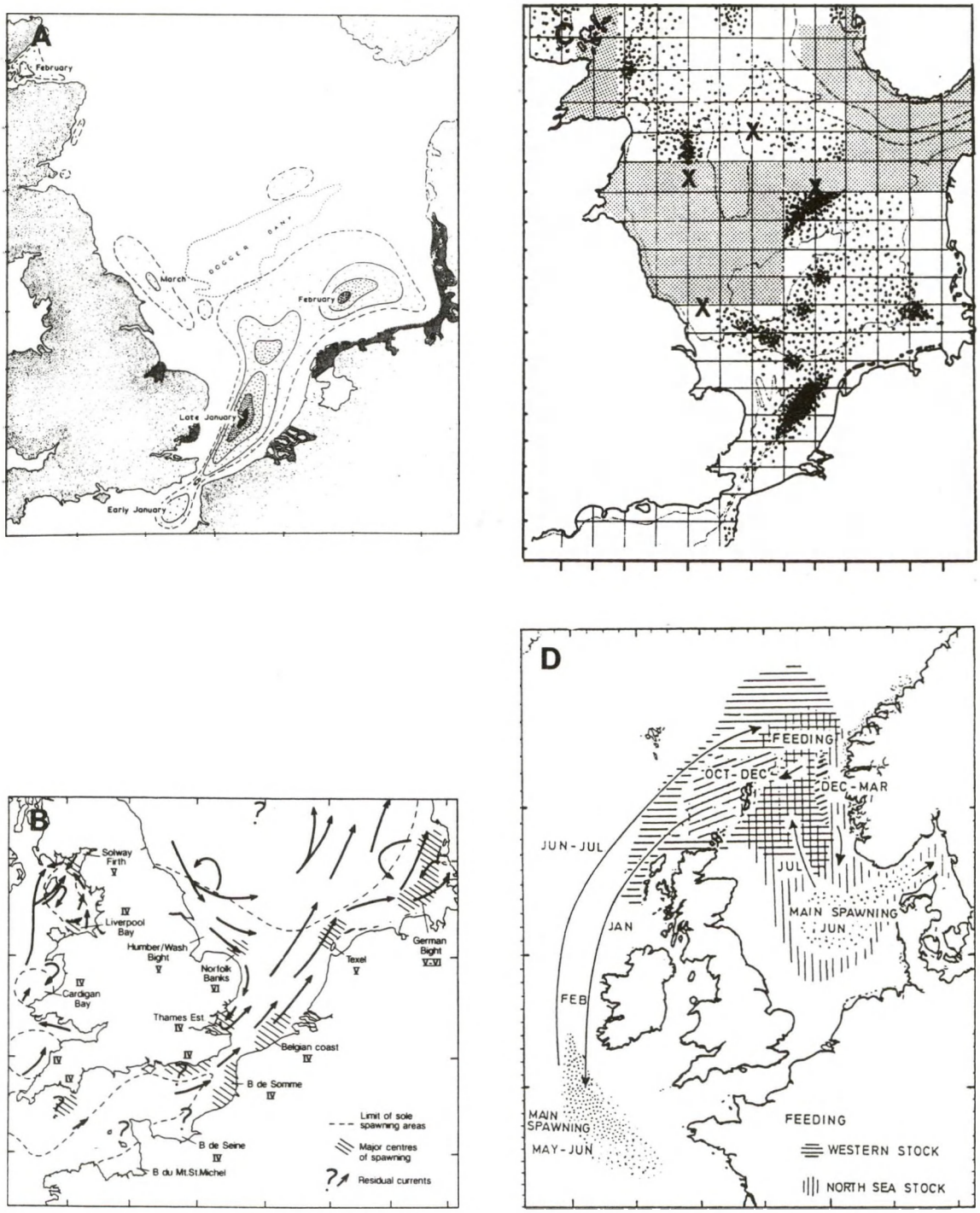


Fig. 6.1. Paaigebieden en migratieroutes van enkele Noordzee vissoorten: Schol (A), Tong (B), Kabeljauw (C) en Makreel (D).

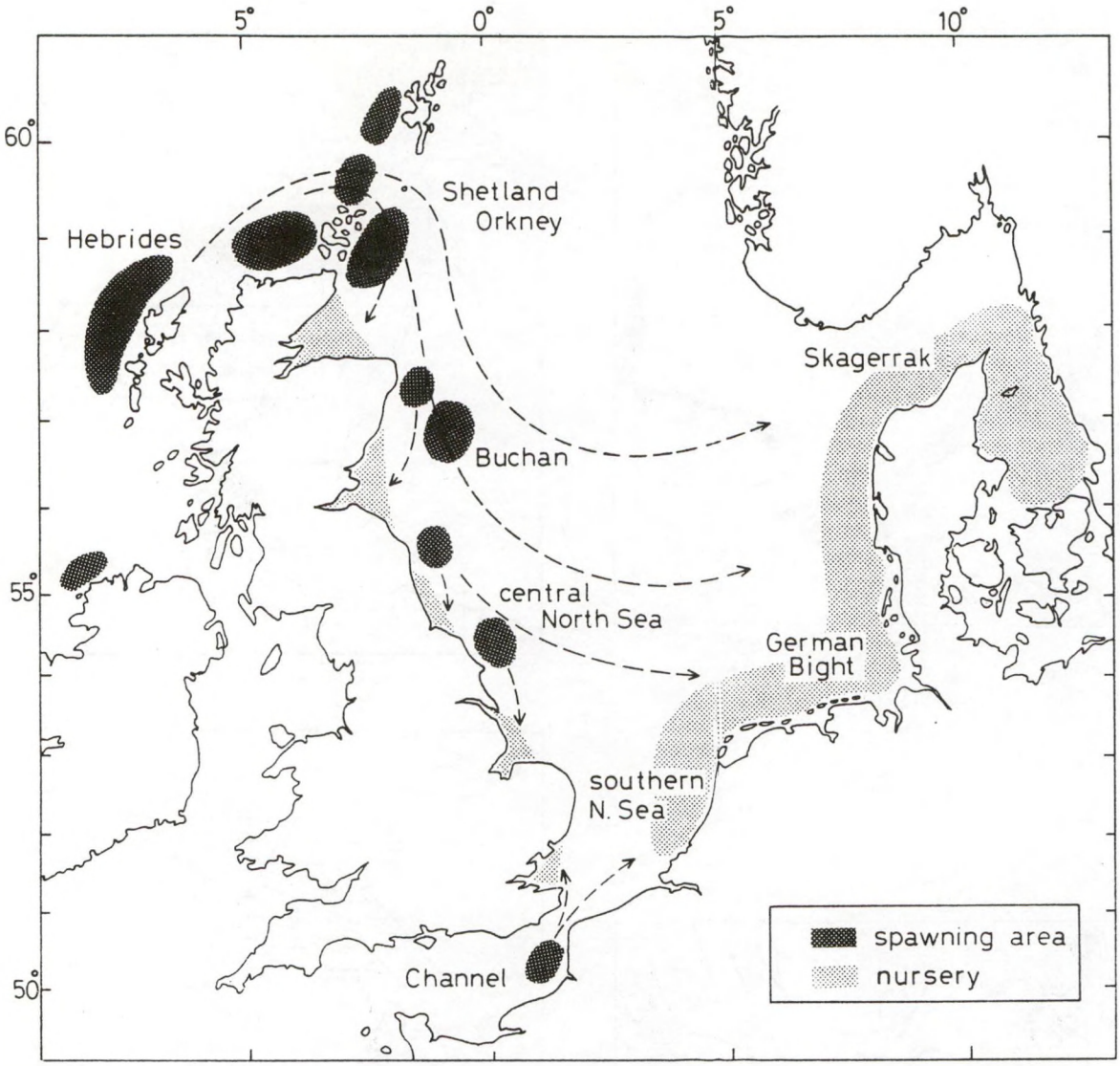


Fig. 6.2. Paaigebieden, transportroutes van larven en opgroeigebieden van haring (CORTEN, 1990).

TABEL 6.2

De paaiperioden van enkele Noordzee vissoorten (DAAN e.a., 1990).

	Month												
Species	*Jan*	*Feb*	*Mar*	*Apr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Aug*	*Sep*	*Oct*	*Nov*	*Dec*	*References*
Sandeel*)	++										++	++	MACER, 1966
Plaice	++	++	+	+	+							+	HARDING & NICHOLS, 1987
Cod	+	++	++	++	+		(?)	(?)	(?)			+	DAAN, 1978
Haddock	+	+	++	++	+								SAVILLE, 1959; TORMASOVA, 1973
Saithe	+	++	+	(+)									REINSCH, 1976
N. pout		+	++	++									RAITT, 1968
Whiting	+	++	++	++	++	+	+	+	+	+			HARDING & NICHOLS, 1987
Dab	+	+	++	++	++	+	+	+					BOHL, 1957; HARDING & NICHOLS, 1987
Sprat		+	+	++	++	++	+	+	+				ANONYMOUS, 1978; HARDING & NICHOLS, 1987
Long rough dab		+	++	++	+								BAGENAL, 1957; HARDING & NICHOLS, 1987
Sandeel**)			++	++	++						++	++	REAY, 1970
Sole				++	++	+	(+)						ANONYMOUS, 1986; HARDING & NICHOLS, 1987
Gurnard			+	++	++	++	+						HARDING & NICHOLS, 1987
Lemon sole				+	++	++	+	++	+	+			RAE, 1965
Scad					++	++	+	+					MACER 1974; HARDING & NICHOLS, 1987
Mackerel					+	++	+	+					IVERSEN *et al.*, 1985
Herring	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	++	++	+	+	++	HEMPEL & BLAXTER, 1967

*) *Ammodytes marinus*

**) *Ammodytes tobianus*

TABEL 6.3

Overzicht van de migratiebewegingen van enkele vissoorten in de ondiepe kustwateren nabij de Waddeneilanden. * Overwinteringsgebied verder uit de kust

** Overwinteringsgebied in kustzone

Soort	Aankomst	Vertrek
Schol[1]		
0-groep (0 jaar)	Eind februari - april	oktober*
I-groep	december - maart	idem
II-groep	zomer	idem
Tong[2]		
0-groep	april/mei	oktober*
I & II-groep	april/mei	idem
Bot[3]		
0-groep	april/mei	oktober**
adult	maart/april	oktober**
Schar[4]		
0-groep	juli	herfst*
adult	voorjaar	zomer*
Makreel[5]	zomer	oktober*
Wijting[6]		
0-groep	zomer & herfst	winter**
I & II-groep	voorjaar & zomer	idem
Kabeljauw[7]		
0-groep	juli - december	zomer
I & II groep	herfst & winter	idem
Haring[8]		
0-groep	februari/maart	oktober/november*
I-groep	april	juni*

[1]: Hovenkamp, 1991; [2]: Dankers & de Veen, 1978, Fonds, 1978; [3]: Rijnsdorp & Vethaak, 1989; [4]: Stam, 1988; [5]: Knijn e.a., 1993; [6]: Heesen, 1983, Stam 1988; [7]: Daan, 1978, Fonds, 1978; [8]: Fonds, 1978, Zijlstra, 1978, Corten, 1986.

TABEL 6.4

Het voedsel van enkele zoöbenthos-etende vissoorten uitgedrukt als percentage magen die de prooisoort bevatten (KÜHL & KUIPERS, 1978).

Species	author/area	composition of food	
		%	species
Ciliata mustela	Unpublished data Netherlands	75	Copepoda
(May)	Institute for Sea Research,	25	*Crangon crangon*
	Texelstroom, The Netherlands	25	*Carcinus maenas*
		12	Amphipoda
		50	*Clupea harengus*
Ciliata mustela	Unpublished data Netherlands	72	*Crangon crangon*
(September)	Institute for Sea Research,	31	*Pomatoschistus*
	Texelstroom, The Netherlands	6	*Carcinus maenas*
		3	Amphipoda
Zoarces viviparus	KÜHL, 1961; Elbe, Germany	22	*Crangon crangon*
		41	Amphipoda
		28	*Carcinus maenas*
		1	Vermes
		5	Mysidacea
		31	Copepoda
		25	*Mytilus edulis*
		14	Cypris larvae
Myoxocephalus scorpius	KÜHL, 1961; Elbe, Germany	72	*Crangon crangon*
		7	Amphipoda
		31	*Carcinus maenas*
		5	Vermes
		1	Mysidacea
		12	*Pomatoschistus*
Agonus cataphractus	KÜHL, 1961; Elbe, Germany	67	*Crangon crangon*
		45	Amphipoda
		2	*Carcinus maenas*
		1	Vermes
		1	Mysidacea
		5	*Pomatoschistus*
		20	Cumacea
Liparis liparis	KÜHL, 1961; Elbe, Germany	88	*Crangon crangon*
		15	Amphipoda
		1	Vermes
		1	Mysidacea
		12	*Pomatoschistus*
Anquilla anquilla	BODDEKE, 1967; Dutch Wadden Sea, subtidal		Firstly Polychaeta (*Nereis diversicolor*), later shifting towards *Crangon crangon*, newly moulted *Carcinus maenas*, and fish (*Clupea, Sprattus, Pomatoschistus*).

TABEL 6.5.

Lijst met Nederlandse, Engelse en wetenschappelijke namen van een aantal algemene vissoorten aan de Nederlandse kust.

Nederlandse naam	**Engelse naam**	**Wetenschappelijke Naam**
Bot	Flounder	*Platichthys flesus*
Garnaal	Shrimp	*Crangon crangon*
Grauwe poon	Grey gurnard	*Eutrigla gurnardus*
Griet	Brill	*Scophthalmus rhombus*
Grondel	Gobies	*Gobiidae familie*
Haring	Herring	*Clupea hanergus*
Harnasmannetje	Hooknose	*Agonus cataphractus*
Horsmakreel	Horse mackerel/Scad	*Trachurus trachurus*
Kabeljauw	Cod	*Gadus morhua*
Makreel	Mackerel	*Scomber scombrus*
Paling	Eel	*Anguilla anguilla*
Pitvis	Dragonet	*Callionymus spp*
Puitaal	Eelpout	*Zoarces viviparus*
Rode poon	Tub gurnard	*Trigla lucerna*
Schar	Dab	*Limanda limanda*
Schol	Plaice	*Pleuronectes platessa*
Schurftvis	Scaldfish	*Arnoglossus laterna*
Slakdolf	Sea-snail	*Liparis liparis*
Sprot	Sprat	*Sprattus sprattus*
Tarbot	Turbot	*Psetta maxima*
Tong	Sole	*Solea solea*
Vijfdradige meun	Five-bearded rockling	*Ciliata mustela*
Wijting	Whiting	*Merlangius merlangus*
Zeedonderpad	Bullrout	*Myoxocephalus scorpius*

7. ZEEVOGELS

7.1. INLEIDING

Het kustgebied ten noorden van de Waddeneilanden is gedurende een groot deel van het jaar één van de rijkste zeevogelgebieden van Nederland (BERGMAN & LEOPOLD, 1992). In de winter pleisterden er begin jaren negentig ruim honderdduizend zeeëenden. In veel kleinere (maar internationaal belangrijke) aantallen verblijven er Roodkeelduikers, Futen en Stormmeeuwen. Op Rottumeroog, Rottumerplaat en Schiermonnikoog zijn 's zomers grote meeuwenkolonies. Door het overboord gezette visafval van de kustvisserij is het gebied het hele jaar voor meeuwen aantrekkelijk als alternatief foerageergebied naast de Waddenzee. In het voor- en najaar trekken veel vogels langs de kust op weg naar hun respectievelijke broed- of overwinteringsgebieden. De meeste trekvogels passeren maar de zeevogels gebruiken de zee ook om te foerageren.

In dit overzicht zijn de vogels ingedeeld in wintervogels, broedvogels en voor- of najaarsvogels. Van de besproken soorten wordt een beeld geschetst van de aantallen die door het jaar heen in het gebied verblijven. Tevens worden de soorten beoordeeld op hun gevoeligheid voor verstoring. Zangvogels, steltlopers, roofvogels of andere soorten die alleen over de zee vliegen zonder die te gebruiken om te rusten of te foerageren, zijn niet in deze studie opgenomen. Zeevogels die slechts incidenteel zijn waargenomen worden evenmin behandeld.

Het behandelde gebied strekt zich uit van Terschelling tot de Duitse grens. Hierbinnen zijn drie habitat types onderscheiden: een kuststrook, onderverdeeld in zeegaten en gebieden vóór de eilanden, en een buitenzone. Voor het samenstellen van dit rapport is geen aanvullend veldonderzoek gedaan maar is gebruik gemaakt van reeds bestaande gegevens uit het databestand zeevogeltellingen Noordzee*. Niet voor de gehele jaarcyclus waren in dit bestand voldoende gegevens voorhanden. Voor een deel kon dit worden opgevangen door gebruik te maken van gegevens uit de literatuur, met name de atlas uitgegeven door de Dienst Getijdewateren, die tijdens het schrijven van dit rapport werd uitgebracht (BAPTIST & WOLF, 1993). Deze atlas, gebaseerd op vliegtuigtellingen vormt een aanvulling op de scheepstellingen.

7.2. METHODE

Dit overzicht is gebaseerd op scheepstransecttellingen. De toegepaste lijntransect methode is beschreven in TASKER e.a. (1984). Het waarnemingsgebied (zie Fig. 7.1) wordt aan de noordzijde begrensd door het Verkeersscheidingstelsel, aan de zuidzijde door de Waddeneilanden en de zeegaten. De westelijke grens ligt op 5°30'O en de oostelijke grens ligt langs het eiland Borkum (voor deelgebied Huibertgat) en op 6°39'O (Buitenzone en Ballonplaat). In het begrensde gebied worden zeven deelgebieden onderscheiden. Voor de namen van deze deelgebieden zie Fig. 7.1.

De waarnemingen vanaf schepen zijn gedaan in de periode vanaf maart 1987 tot en met mei 1993. Deze waarnemingen zijn echter niet speciaal gedaan met het oog op dit onderzoek en er blijken enkele hiaten te vallen, alleen de maanden januari, februari, maart en mei geven voldoende bedekking, maar in juli en december is nog nooit in dit gebied per schip geteld. In de tijd zijn waarnemingen gegroepeerd in seizoenen: winter (januari en februari); lente (maart, april en mei); zomer (juni en augustus) en herfst (september, oktober en november): zie Tabel 7.1 voor de inspanningsverdeling. Bij deze indeling is de zomer het slechtst onderzocht.

De waarnemingsposities zijn ook niet gelijkmatig over het gebied verdeeld: de strook water direct ten noorden van de Waddeneilanden is intensief onderzocht, de Buitenzone is verhoudingsgewijs minder intensief onderzocht (zie Tabel 7.1 en 7.2). Het aantal en de spreiding, in tijd en in ruimte, van deze waarnemingen lenen zich niet voor een te gedetailleerde analyse. Enkele generalisaties zijn daarom uitgevoerd om de betrouwbaarheid en voorspellende waarde te optimaliseren. De kuststrook met een hoge waarnemingsdichtheid is verdeeld in zeegaten (Borndiep, Westgat, Huibertgat) en gedeelten voor de eilanden (Ameland en Schiermonnikoog). Ten

*Het gebruikte databestand bevat scheepstellingen van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, het Instituut voor Bos- en Natuurbeheer en de Nederlandse Zeevogelgroep/Rijks Instituut voor Kust en Zee.

noorden van deze kuststrook liggen de deelgebieden Buitenzone en Ballonplaat. De laatste generalisatie is het groeperen van verschillende soorten. Roodkeelduiker en Parelduiker zijn verenigd tot duikers. Dwergmeeuw, Stormmeeuw, Kokmeeuw vormen "kleine meeuwen". De Drieteenmeeuw is hier buiten gehouden, omdat het geen kustgebonden vogel is, wat een ander verspreidingspatroon geeft. De groep "grote meeuwen" bestaat uit Zilvermeeuw en Kleine Mantelmeeuw. Evenals de Drieteenmeeuw wordt de Grote Mantelmeeuw apart behandeld, omdat deze soort hier geen broedvogel is en minder kustgebonden is. Grote stern, Visdief en Noordse Stern zijn samengenomen als sterns en Alk en Zeekoet zijn ondergebracht in Alkachtigen. Dichtheden in de verspreidingskaarten, zijn steeds uitgedrukt in aantal per km^2. Een blanco blok betekent dat de soort niet in dat blok is waargenomen in het betreffende seizoen.

Per soort of groep van soorten wordt in een staafdiagram het aantal waargenomen vogels per gevaren km, door het jaar heen, voor het hele gebied gegeven. Concentraties meeuwen en Noordse Stormvogels achter visserschepen zijn hierbij niet verwerkt.

In de laatste staafdiagrammen (Fig. 7.17 en 7.18) is de kwetsbaarheid van het gehele gebied, per maand, per gebied weergegeven. De laatste figuur (7.18) is samengesteld uit scheeps- en vliegtuigwaarnemingen (BAPTIST & WOLF, 1993). Door de noodzakelijke integratie van scheeps- en vliegtuigtellingen moest hiervoor de indeling in deelgebieden worden verlaten.

Van de beschreven soorten worden de volgende punten behandeld: het totale verspreidingsgebied, aanwezigheid en verspreiding in het onderzochte gebied en voedselkeuze. Bovendien wordt, indien bekend, de kwetsbaarheid voor verstoring en oppervlakteverontreiniging vermeld. Hiertoe is vooral gebruik gemaakt van de "kwetsbaarheidsindex" zoals gebruikt door CARTER e.a. (1993), zie Tabel 7.3. Deze kwetsbaarheidsindex is samengesteld uit: de hoeveelheid tijd die een bepaalde soort op het water doorbrengt, de totale grootte van de biogeografische populatie, de afhankelijkheid van het mariene milieu en de vitaliteit (herstelvermogen na een ramp) van de populatie. Zeevogels als duikers en alkachtigen, die veel zwemmen zijn over het algemeen veel gevoeliger voor contaminatie dan vogels als Kokmeeuw en Stormmeeuw die veel meer vliegen en per seizoen meer jongen kunnen groot brengen.

TABEL 7.1

Aantal tellingen per maand per deelgebied

Maand	BD	AM	WG	SC	HG	BA	BZ	Totaal	Seizoen	Totaal
maart	23	22	20	19	6	19	18	127	Lente	393
april	0	0	0	0	1	7	10	18	L	
mei	39	34	42	24	41	33	35	248	L	
juni	6	4	6	1	0	4	9	30	Zomer	31
juli	0	0	0	0	0	0	0	0	Z	
augustus	0	0	0	0	0	0	1	1	Z	
september	0	0	0	0	0	0	6	6	Herfst	108
oktober	1	2	2	2	6	0	46	59	H	
november	10	5	11	6	2	6	3	43	H	
december	0	0	0	0	0	0	0	0	Winter	320
januari	22	18	25	13	12	18	76	184	W	
februari	10	17	16	16	11	37	29	136	W	
Totaal	111	102	122	81	79	124	233	= 852		

BD= Borndiep, AM= Ameland, WG=Westgat, SC= Schiermonnikoog, HG= Huibertgat, BA= Ballonplaat, BZ= Buitenzone

TABEL 7.2

Waarnemingsinspanning in km² (gevaren kilometers * bekeken strookbreedte) per seizoen en per deelgebied

Deelgebied		Winter	Lente	Zomer	Herfst	Totaal
Borndiep	(BD)	17.39	36.90	4.13	6.91	65.33
Ameland	(AM)	19.61	35.42	2.35	4.72	62.10
Westgat	(WG)	23.16	35.21	-	8.83	67.20
Schiermonnikoog	(SC)	15.63	28.12	3.04	5.01	51.80
Huibertgat	(HG)	14.72	29.50	0.55	6.80	51.57
Ballonplaat	(BA)	28.77	38.71	2.54	5.59	75.61
Buitenzone	(BZ)	62.96	42.77	5.74	50.99	162.46
		182.24	246.60	18.35	88.85	536.07

7.3. WINTERVOGELS

De groep wintervogels bestaat uit vogels die elders broeden en het hier besproken gebied alleen gebruiken om te overwinteren. Daarnaast zijn Kokmeeuw en Stormmeeuw soorten die weliswaar in de regio broeden maar met name in het winterhalfjaar op zee te vinden zijn.

Roodkeel- en Parelduiker (*Gavia stellata* en *G. arctica)*

Roodkeel- en Parelduikers hebben een circumpolaire verspreiding waarvan de zuidelijke grens in Eurazië ligt op circa 55°N (VOOUS, 1960) en die van de Parelduiker op circa 50°N. De duikers die in de Noordzee overwinteren, broeden in IJsland, Schotland, Scandinavië en west-Rusland. Het herkennen van de verschillende soorten duikers in de winter is lastig waardoor van een groot gedeelte van de waarnemingen de soort niet bepaald is. Van de op soort gebrachte vogels was 88% Roodkeelduiker.

Duikers komen door het hele onderzochte gebied voor (zie Fig. 7.3 en 7.19a, b en d), maar hun dichtheden zijn het laagst vlak bij de scheepvaartroute. De aantallen zijn ook laag in een ander drukbevaren deelgebied: het Huibertsgat, waar zich de aanloproute naar Delfzijl en Emden bevindt. Uit onze waarnemingen blijkt dat duikers in de regel op grote afstand opvliegen voor naderende schepen en dus zeer verstoringsgevoelig zijn.

Duikers zijn voornamelijk viseters. Op zee eten ze onder andere kabeljauw (*Gadus morhua),* haring (*Clupea harengus),* sprot (*Sprattus sprattus)* en verder grondels (*Gobiidae),* stekelbaarzen (*Gasterosteus),* zandspieringen (*Ammodytidae)* en botervis (*Pholis gunellus)* (CRAMP & SIMMONS, 1978). Het dieet wordt aangevuld met kreeftachtigen, wormen en weekdieren.

Fuut (*Podiceps cristatus)*

De Fuut broedt in Eurazië met als noordelijke grens 65°N. De exacte omvang van de Europese populatie is niet bekend (CAMPHUYSEN, 1990), maar bedraagt enkele tienduizenden. Duidelijk is wel dat de aantallen Futen in Europa de afgelopen decennia steeds zijn toegenomen (CRAMP & SIMMONS, 1977; LEYS, 1986). In Nederland broedden in 1983 6.900-7.300 paar. In de broedtijd komen Futen niet voor op zee. In de winter trekken ze naar de grote binnenwateren, zoals het IJsselmeer en de Grevelingen (SAEIJS & BAPTIST, 1976), en naar de Waddenzee en de Noordzeekust. Aantallen overwinterende Futen op de Noordzee zijn slecht bekend. De aantallen fluctueren sterk van jaar tot jaar, afhankelijk van temperatuur en ijsbedekking (CAMPHUYSEN, 1990). Met strenge vorst worden er meer Futen langs de kust gezien dan gedurende mildere periodes (CAMPHUYSEN & DERKS, 1989). Het voorkomen per seizoen is weergegeven in Fig. 7.4.

Uit de kaart van de winterverspreiding (zie Fig. 7.20) blijkt dat de Fuut dan in lage dichtheden voorkomt, en slechts zeer dicht onder de kust. Omdat de deelgebieden te groot zijn, worden de dichtheden verdund. In de Buitenzone komen ze niet voor. De populatie Futen die langs de Nederlandse kust overwintert is vooral geconcentreerd langs de Zeeuwse en Hollandse kust (CAMPHUYSEN & DERKS, 1989) met een zuidwaartse uitloper langs de Vlaamse kust en een noordelijke tot de Boschplaat (Terschelling). Oostelijk van Terschelling overwinteren geen aantallen van belang (LEOPOLD e.a., in prep.).

Futen zijn vooral viseters, in de Noordzee eten ze met name haringachtigen, grondels en stekelbaarzen, in mindere mate voeden ze zich met ongewervelde dieren als borstelwormen (CRAMP & SIMMONS, 1977).

Noordse Stormvogel (*Fulmaris glacialis)*

De Noordse Stormvogel is een talrijke broedvogel van rotskusten van het noord-Atlantisch gebied tot aan Bretagne (VOOUS, 1960). De broedpopulatie in de Noordzee wordt geschat op iets meer dan 300.000 paar (TASKER e.a., 1986). De afgelopen 200 jaar is het aantal Noordse Stormvogels spectaculair toegenomen (FISHER, 1952). Buiten het broedseizoen verspreiden de vogels zich over de open zee zuidelijk tot aan 45°N (CRAMP & SIMMONS, 1977). Vooral met aanlandige wind, uit NW tot N, naderen Noordse Stormvogels onze kusten (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983). De dichtheden zijn hier gedurende het gehele jaar echter laag: alleen in de Buitenzone werden gemiddeld 0,05 vogels per km² gezien. Het voorkomen per seizoen is weergegeven in Fig. 7.5. Uit Fig. 7.21 blijkt de voorkeur van Noordse Stormvogels om verder uit de kust te blijven.

Stormvogels zoeken voedsel aan de oppervlakte of met een ondiepe duik. Het zijn ware alleseters (FISHER, 1952; CAMPHUYSEN, 1990) met een uitgebreide lijst vissoorten (tot een lengte van 20 cm) en ongewervelden op het menu. Verder is een belangrijke voedselbron de visserij, met name de

overboord gezette bijvangst (FISHER, 1952; CAMPHUYSEN e.a., 1993). De vogels hebben een voorkeur voor haring- en kabeljauwachtigen (CAMPHUYSEN, 1990).

Zwarte en Grote Zeeëend (*Melanitta nigra* en *M. fusca)*

De Zwarte Zeeëend en de Grote Zeeëend broeden in noord-Europa tussen 50° en 75°N en overwinteren in de kustwateren van noordwest Europa (CRAMP & SIMMONS, 1977). De Westpalearctische populatie van de Zwarte Zeeëend wordt geschat op 800.000 tot 1,6 miljoen vogels (LAURSEN, 1989). Ruim 10% hiervan verblijft in de winter in de Nederlandse wateren, geen van de andere soorten is met zo'n groot aandeel vertegenwoordigd. De Grote Zeeëendpopulatie wordt geschat op 930.000 stuks (SKOV, *in lit.*), gebaseerd op wintertellingen.

Het Nederlandse kustgebied is, met een winterpopulatie van ruim 100.000 Zwarte Zeeëenden, en 10.000 Grote Zeeëenden en een zomerpopulatie van ten minste 10.000 Zwarte Zeeëenden (LEOPOLD e.a., in prep.) zeer belangrijk, met name voor de Zwarte Zeeëend. Het aantal Zwarte Zeeëenden in de Nederlandse wateren is de laatste jaren uitzonderlijk hoog (LEOPOLD e.a., in prep.). In de laatste winters waren de kustwateren van Terschelling en Schiermonnikoog de belangrijkste concentratiegebieden (respectievelijk 125.000 en 100.000 exemplaren, LEOPOLD, 1993). Het zeegebied ten noorden van Terschelling tot aan het Borkumer Rif is in feite als één gebied te beschouwen, waar de Zwarte Zeeëenden, Grote Zeeëenden (en Eidereenden, zie volgende paragraaf) 's winters verblijven. Zeeëenden verblijven het liefst buiten de drukke scheepvaartroute's. Ze zijn zeer verstoringsgevoelig en vluchten voor ieder naderend schip. (Zie Fig. 7.22a, b en d).

Buiten de broedtijd leven de Zeeëenden van kleine (tot 4 cm) schelpdieren (OFFRINGA, 1991; DEN HOLLANDER, 1993). De prooisoort verschilt per verblijfsgebied; zeeëenden zijn opportunisten. In de kustzone langs de Wadden zijn dit met name de Halfgeknotte Strandschelp *Spisula subtruncata* en het Zaagje *Donax vittatus*. Deze schelpdieren leven zeer ondiep in de zeebodem en komen lokaal in zeer hoge dichtheden voor. Uit eerdere studies (OFFRINGA, 1991; DEN HOLLANDER, 1993) blijkt dat vooral de laatste jaren met name *Spisula* in belang is toegenomen (LEOPOLD *et al*, in prep.). Omdat zeeëenden in grote troepen voorkomen is op de kaart de dichtheid niet aangegeven in aantallen per km², maar als groepsgrootte. Afhankelijk van de lokale voedselsituatie verplaatsen de Zwarte en Grote Zeeëenden zich tussen diverse lokaties langs de Waddenzee. Ze zoeken daartoe de plekken met de rijkste schelpenbanken. Deze liggen in de regel voor de eilanden en niet voor de zeegaten.

Langs de Waddeneilanden hebben Zwarte en Grote Zeeëenden dezelfde verspreiding. Grofweg blijkt dat in grote groepen Zwarte Zeeëenden zo'n 1-10% Grote Zeeëenden zit. (Zie Fig. 7.6).

Eidereend (*Somateria mollissima*)

Eidereenden broeden langs de kusten van noord-Europa, NO-Siberië en noord-Amerika (CRAMP & SIMMONS, 1977). In het Nederlandse Waddengebied broeden 5.000-7.000 Eidereenden (SWENNEN, 1992), waarvan zo'n 1000 paren broeden op oost-Terschelling, Ameland en Rottumerplaat (DIJKSEN & KLEMANN, 1992). Samen met de niet-broeders vormen zij een zomerpopulatie van 20.000-30.000 exemplaren (SOVON, 1987), die zich hoofdzakelijk in de Waddenzee ophoudt. Vanaf november komen er uit de Oostzee ruim 100.000 vogels bij, die voornamelijk in de westelijke Waddenzee overwinteren (SOVON, 1987). Door de laatste jaren sterk toegenomen overbevissing in de Waddenzee moeten steeds meer Eidereenden uitwijken naar de kustzone ten noorden van de eilanden om te foerageren (LEOPOLD, 1993). Op de Noordzee vormt de Halfgeknotte Strandschelp *Spisula subtruncata* een alternatief voor hun normale stapelvoedsel, Kokkels *Cerastoderma edule* en Mossels *Mytilis edulis* (OFFRINGA, 1991). (Zie Fig. 7.23a en b).

Kokmeeuw (*Larus ridibundus)*

De Kokmeeuw broedt in Eurazië in een uitgestrekt gebied tussen 40° en 60°N. Een groot deel van de noordwesteuropese en westeuropese populaties trekt in zuidwestelijke richting tot aan Spanje en NW-Afrika (CRAMP & SIMMONS, 1983).

De totale populatie Kokmeeuwen in Nederland is toegenomen van 65.000-95.000 paar in 1961 (HIGLER, 1962) tot meer dan 200.000 paar in de jaren '70 (TEIXEIRA, 1979) en 225.000-275.000 paar begin jaren tachtig (SOVON, 1988). In het Nederlandse Waddengebied broedden in 1991 zo'n 75.000 paar (DIJKSEN, 1992). Kokmeeuwentellingen vanaf de kust suggereren dat de soort in de Waddenzee het meest algemeen is tussen juli en september. Tellingen vanaf schepen laten echter

zien dat juist 's winters de grootste aantallen verder uit de kust te vinden zijn (GOETHE, 1981a). Langs de noordzeekusten van de Waddeneilanden komen Kokmeeuwen nooit in hoge aantallen voor, (zie Fig. 7.24b en d). Het voorkomen per seizoen is weergegeven in Fig. 7.8.

Voedselkeuze en foerageermethode variëren met plaats en tijd, de Kokmeeuw is een echte omnivoor. Krabben, garnalen, wormen, vis (CRAMP & SIMMONS, 1983), visafval en bijvangst (CAMPHUYSEN, 1993) worden geconsumeerd.

Stormmeeuw (*Larus canus)*

De Stormmeeuw broedt in een uitgestrekt gebied tussen 50° en 70°N, dat loopt van IJsland via west-Europa en Rusland tot in Alaska en westelijk Canada. De broedpopulatie van de Stormmeeuw, die in 1908 voor het eerst in Nederland, op Rottumerplaat broedde (BRAAKSMA, 1964) is toegenomen tot 11.000 paar in 1985 (SOVON, 1988) en 1990 (CAMPHUYSEN *et al*, 1993). In het gehele Waddengebied broedden in 1992 3320 paar (DIJKSEN, 1993).

De in ons land broedende en doortrekkende populatie overwintert langs de westeuropese kusten (CRAMP & SIMMONS, 1983). In de Noordzee overwinteren de grootste aantallen (±100.000, LEOPOLD *e.a.*, in prep.) in de Duitse- en de Zuidelijke Bocht. De aantallen in de Waddenzee zijn ongeveer even groot (GOETHE, 1981b). Het voorkomen per seizoen is weergegeven in Fig. 7.9.

Op de kaarten (zie Fig. 7.25a, b en d) lijken Stormmeeuwen 's winters een voorkeur voor het Borndiep en in het voorjaar een voorkeur voor het gedeelte benoorden Schiermonnikoog te vertonen. Bedacht moet worden dat dergelijke uitschieters doorgaans veroorzaakt worden door de aanwezigheid van één viskotter met een wolk geassocieerde meeuwen. In het algemeen kan gezegd worden dat de dichtheden met toenemende afstand tot de kust afnemen: in de Buitenzone worden nauwelijks Stormmeeuwen waargenomen. In de zomer zijn Stormmeeuwen zeer schaars op de Noordzee.

Stormmeeuwen foerageren zowel op land (BRAAKSMA, 1964) als op zee (CAMPHUYSEN, 1993). Het voedsel bestaat vooral uit evertebraten zoals Kokkel, zeester, *Amphipoda* en vis die eigenmachtig verkregen wordt of door klepto-parasitisme (CRAMP & SIMMONS, 1983).

Grote Mantelmeeuw (*Larus marinus)*

De Grote Mantelmeeuw broedt langs de kusten van de noordelijke Atlantische oceaan en de Oostzee. In Nederland broedt de Grote Mantelmeeuw niet (SOVON, 1987). De noordelijke populaties overwinteren in de westelijke Oostzee en rond Denemarken. De zuidelijke populaties zijn standvogel (CRAMP & SIMMONS, 1983).

In de winter komen Grote Mantelmeeuwen overal op de Noordzee voor, maar ze hebben een voorkeur voor wateren in de omgeving van de kust. Er is binnen het onderzochte gebied geen duidelijke voorkeur voor zeegaten of kuststrook benoorden de eilanden, (zie Fig. 7.26a en d). In de zomermaanden zijn Grote Mantelmeeuwen zéér schaars langs de Nederlandse kust.

Grote Mantelmeeuwen zijn net als de andere meeuwen alleseters, die bovendien bij onenigheid over voedsel (bijvoorbeeld achter kotters) voordeel behalen uit hun grotere formaat en agressiviteit (CAMPHUYSEN, 1993).

Drieteenmeeuw (*Rissa tridactyla)*

Drieteenmeeuwen broeden in grote kolonies op steile rotsen rond de Noordzee, de noordelijke Atlantische en Stille Oceaan van 40° tot 80°N. De Noordatlantische broedpopulatie wordt geschat tussen 1,5 tot 5 miljoen paar (CAMPHUYSEN, 1990). Op de kusten rond de Noordzee broeden ruim 415 duizend paar. De Drieteenmeeuw is daarmee één van de talrijkste vogels in de zomer in de Noordzee. Om te overwinteren verspreiden de vogels zich over de open zee, zuidelijk tot 25°N. De overwinteringspopulatie in de Noordzee wordt gevormd door immigratie uit Rusland, Noorwegen en (andere) Arctische broedpopulaties (VAUK & JOKELE, 1975), terwijl de Britse broedvogels de Atlantische Oceaan oversteken (DANIELSEN, in CAMPHUYSEN 1990). Drieteenmeeuwen zijn niet kustgebonden. Binnen het onderzochte gebied komen ze vooral voor in de Buitenzone in de herfst en de winter, (zie Fig. 7.11. en Fig. 7.27 a en d).

Drieteenmeeuwen voeden zich vooral met kleine rondvissoorten als: zandspieringen, sprot en kleinere exemplaren van: haring, kabeljauw, schelvis, wijting, (VAUK & JOKELE, 1975), en in mindere mate ongewervelden (CAMPHUYSEN, 1990). Ze pikken dit van de oppervlakte of met een duikje uit

de bovenste meter van de waterkolom. Verder proberen ze achter viskotters visafval te bemachtigen (CAMPHUYSEN *e.a.*, 1993), waar ze een voorkeur aan de dag leggen voor kleine vissen tot 15 (*Clupeidae*) of 17cm (*Gadidae*).

Zeekoet (*Uria aalge)* en **Alk** (*Alca torda)*
Het broedgebied van de Zeekoet omvat de noordatlantische en noordpacifische kusten tussen 40° en 75°N. In het Noordzeegebied broeden 680.000 paar (TASKER *e.a.*, 1986). Er wordt overwinterd op de open zee binnen hetzelfde gebied (CRAMP, 1985). Zeekoeten zijn in de winter niet kustgebonden en komen door de hele Noordzee voor. In de Noordzee heeft de laatste winters een verschuiving plaatsgevonden van noord naar zuid, waarbij de vogels minder in de buurt van de kolonie overwinteren maar door de verslechterde voedselsituatie onder andere meer langs onze kusten voorkomen (CAMPHUYSEN, 1990). Binnen het onderzochte gebied komen ze vooral voor in de Buitenzone in de herfst en de winter.

Alken broeden langs Noordatlantische kusten tussen 45° en 75°N en overwinteren tussen dezelfde breedtegraden (CRAMP, 1985). De wereldpopulatie wordt geschat tussen de 707.000 en 1 miljoen paar (NETTLESHIP & EVANS, 1985). De Noordzeebroedpopulatie omvat ongeveer 73.000 paar (TASKER *e.a.*, 1986), waarmee de Alk hier aanzienlijk schaarser is dan de Zeekoet. Op zee zitten de grootste concentraties Alken bij oost-Schotland, noordoost-Engeland, in de zuidelijke centrale Noordzee, en rond Denemarken (PETERZ *e.a.* in CAMPHUYSEN, 1990). In de winter zijn in de Noordzee 436.000 Alken aanwezig (DANIELSEN in CAMPHUYSEN, 1990). Alken zijn in de zuidelijke Noordzee wintergasten in lage dichtheden. Sinds 1980 nemen de aantallen in de zuidelijke Noordzee toe evenals de aantallen Zeekoeten (CAMPHUYSEN, 1990), (zie Fig. 7.12).

De kaarten (zie Fig. 7.28a en d) zijn samengesteld uit waarnemingen van Zeekoeten en Alken. Van de verwerkte waarnemingen (n=553) van alkachtigen is 84% zeekoet, 11% Alk en 5% niet herkend. De hoge dichtheden die in de herfst in de blokken Borndiep en Ameland staan aangegeven, zijn een gevolg van de afbraak van de concentratie op het Friese Front (zie BERGMAN & LEOPOLD, 1992) en ruitrek vanuit het Skagerrak.

Zeekoeten en Alken eten over het algemeen kleine rondvissen, als haring, sprot, zandspieringen, kabeljauwachtigen. In de winter wordt dit aangevuld met kleine platvissen *Pleuronectiformes* en inktvissen (CAMPHUYSEN & LEOPOLD, 1992). De kleine platvissen zijn mogelijk afkomstig van bijvangsten van de visserij, terwijl ze in het algemeen zelf jagen.

7.4. VOGELS VAN VOOR- EN NAJAAR

Jan van Gent (*Sula bassana)*
Jan van Genten broeden op de kusten van het noordatlantisch gebied tussen 49° en 71°N. De dichtst bijzijnde broedkolonie is tegenwoordig Helgoland (LEOPOLD, 1991), waar ze voorkomen met Alken, Zeekoeten, Noordse Stormvogels en Drieteenmeeuwen. De oost-Atlantische populatie wordt geschat op 223.400 broedparen (CAMPHUYSEN, 1990), dit is bijna 90% van de wereldpopulatie. De populatie is nog steeds bezig zich te herstellen van langdurige overexploitatie (NELSON, 1978; SWENNEN, 1993). Buiten de broedtijd verspreiden Jan van Genten zich over zee, waarbij de onvolwassen vogels jaarlijks de kusten van west-Afrika en de Middellandse zee bereiken (CRAMP & SIMMONS, 1977; FINLAYSON & CORTÈS, 1984). Oudere vogels trekken minder ver (NELSON, 1978). De aantallen overwinteraars in de Noordzee wordt geschat op 70.000 tot 106.000 (CAMPHUYSEN, 1993).

In de herfst (zie Fig 7.13) lijken Jan van Genten langs de Nederlandse kust een voorkeur te hebben voor de zeegaten (Fig 7.41). Boven scholen vis kunnen zich grote aantallen Jan van Genten verzamelen. LEOPOLD & PLATTEEUW (1987) beschrijven het voorkomen in de herfst van honderden foeragerende Jan van Genten in de Nederlandse kustzone.

Jan van Genten foerageren door van grote hoogte te duiken. Het dieet omvat vele (rond)vissoorten als: haring, makreel (*Scomber scombrus)*, koolvis, kabeljauw, schelvis, wijting, sprot, heek, zandspiering, geep. Bijvangsten uit de visserij worden ook gegeten (CAMPHUYSEN e.a., 1993). Jan van Genten kunnen grotere vissen (ruim 30 cm lengte) doorslikken dan de meeste andere vogels.

Aalscholver (*Phalacrocorax carbo)*
De Aalscholver broedt verspreid door heel Europa. Er wordt overwinterd in het Middellandse Zeegebied en westeuropese kustwateren (CRAMP & SIMMONS, 1977).

De meeste Nederlandse Aalscholverkolonies zijn op het vaste land gevestigd, een uitzondering hierop is de kolonie op het NAM-werkeiland "de Hond" op

de gelijknamige plaat in de Eems (KOFFIJBERG & KOKS, 1992; LEOPOLD & VAN DEN BERG, 1992). Vrijwel het gehele jaar zijn er Aalscholvers in het Waddengebied aanwezig maar de aantalspiek (duizenden) valt in de nazomer/herfst, (zie Fig. 7.14). KEIJL & KOOPMAN (1991) geven aan dat het aantal rustende Aalscholvers op de Rottums de laatste jaren is toegenomen. Op de Noordzee komen Aalscholvers vooral voor van mei tot oktober, en hebben een voorkeur voor de zeegaten. De hoogste dichtheden op het hier behandelde stuk Noordzee zijn waargenomen in de blokken Ballonplaat, Westgat en Borndiep. Aalscholvers wagen zich niet ver de zee op, ze ontbreken daarom in de Buitenzone, (zie Fig. 7.30b).

Aalscholvers vissen voornamelijk in de Waddenzee en in het voorjaar langs de eilanden en rusten op de Waddeneilanden en de hoge platen in de Waddenzee. Uit diëetonderzoek van braakballen verzameld op "de Hond" (VAN DEN BERG, 1993) en de Boschplaat (VAN DAMME, 1994) blijkt de volgende soortensamenstelling (respectievelijke aantallen van De Hond en Terschelling): platvis (bot, schar, schol, tong en griet) (57,2%; 65%), grondels (20,2%; 31,1%), spiering (19,4%; 0%), zeedonderpad (2,0%; 0%), wijting (0,3%; 0,1%), botervis (0,3%; 0%), zandspiering (0%; 0,6%), poon (0%; 0,6%), pitvis (0%; 2,5%). De maximale grootte van de vis was 28 cm. De grootste biomassa werd vertegenwoordigd door platvis.

Dwergmeeuw (*Larus minutus)*
De broedverspreiding van de Dwergmeeuw valt uiteen in drie gebieden tussen 50° en 65°N in Eurazië (CRAMP & SIMMONS, 1983). In Nederland is de Dwergmeeuw een schaarse broedvogel in het Lauwersmeergebied (SOVON, 1987). In de Noordzee overwinteren hooguit een paar duizend vogels, vooral in de kustwateren van de Duitse- en Zuidelijke Bocht. Ook tijdens de voor- en najaarstrek worden Dwergmeeuwen voornamelijk in de kustwateren gezien. De trek verloopt dermate gepiekt (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983), dat het makkelijk wordt gemist. Hierdoor zijn tijdens de tellingen op zee in voor- en najaar geen verhoogde dichtheden opgemerkt.

Tijdens het broeden en gedurende de trek boven land worden vooral insecten gegeten. De Dwergmeeuw foerageert graag in turbulent water (kielzog) en bij stroomnaden, pikt voedseldeeltjes van het water (CRAMP, 1985) en is soms klepto-parasiet (MADGE, 1965; SCOTT, 1972; EVANS, 1989), die het voorzien heeft op de prooien van Alken.

7.5. BROEDVOGELS

Kleine Mantelmeeuw (*Larus fuscus)* en **Zilvermeeuw** (*L. argentatus)*
De Kleine Mantelmeeuw broedt langs de kusten van IJsland, Groot Brittannië, Frankrijk, Iberisch Schiereiland, Nederland, Duitsland, Denemarken, Noorwegen, Zweden, Finland, Estland en noord-Rusland (CRAMP & SIMMONS, 1983). In Nederland is het broeden van Kleine Mantelmeeuwen voor het eerst in 1926 vastgesteld. De Nederlandse populatie wordt thans geschat op 24.000 broedparen (CAMPHUYSEN, 1993), waarvan ruim 12.000 op de Waddeneilanden. De kolonie op Terschelling is de belangrijkste. In de herfst trekken de meeste Kleine Mantelmeeuwen weg uit de Noordzee.

De Zilvermeeuw is een talrijke broedvogel van vooral de kustgebieden tussen 35° en 70°N in Eurazië en noord-Amerika. De noordeuropese broedvogels overwinteren in het Noord- en Oostzeegebied. De westeuropese populaties zijn voornamelijk standvogel (CRAMP & SIMMONS, 1983) en overwinteren deels in de Noordzee. In de loop van deze eeuw is het aantal Zilvermeeuwen, sinds het stoppen van het vervolgingsbeleid, in Nederland spectaculair toegenomen (SPAANS, 1987) van 10.000 broedparen in 1926 tot 88.500 paar in 1985 waarna zich een lichte daling heeft ingezet (SPAANS, 1987; CAMPHUYSEN, 1993). De populatie op de Wadden is 51.000 paar (DIJKSEN, 1993), waarvan op Terschelling: 13.791 paar, op Ameland: 3550 paar, op Schiermonnikoog: 5496 paar en op Rottumeroog/plaat: 8.500 paar.

Kleine Mantelmeeuwen en Zilvermeeuwen geven er de voorkeur aan onder de kust te blijven, (zie Fig. 7.32a, b, c en d). In de Buitenzone zijn de dichtheden in alle jaargetijden lager dan in de overige blokken. Dit weerspiegelt zich in hoge dichtheden bij de eilanden, gedurende het hele jaar, zij het dat dit 's winters alleen maar Zilvermeeuwen zijn, (zie ook Fig. 7.15). Het gebied Huibertgat, waar de grote kolonies van de Rottums zijn gevestigd en waar dus hoge dichtheden te verwachten zijn gedurende het broedseizoen, is door onvoldoende dekking niet gearceerd.

Kleine Mantelmeeuwen en Zilvermeeuwen zijn

omnivoor (predator, aaseter, kannibaal en kleptoparasiet); alles van het juiste formaat wordt verorberd.

Grote Stern (*Sterna sandvicensis)*, **Visdief** (*S. hirundo)* en **Noordse Stern** (*S. paradisea)*
Het broedgebied van de Grote Stern is verspreid langs de kusten van de noordelijke Atlantische Oceaan en de Kaspische Zee. De Visdief broedt in Eurazië, noord-Amerika, west-Afrika en de Antillen. Het broedgebied van de Noordse Stern is circumpolair, merendeels noordelijk van 50°NB (CRAMP, 1985). In het Nederlandse Waddengebied broedden in 1992 circa 8.000 paar Grote Sterns, 6000 paar Visdieven en 1700 paar Noordse Sterns (DIJKSEN & KLEMANN, 1992; DIJKSEN, 1993). De belangrijkste broedplaats is Griend. Tijdens de broedperiode foerageren Grote Sterns vooral in de Vliestroom, tussen Vlieland en Terschelling (VEEN, 1977). Na het uitvliegen van de kuikens neemt de actieradius toe, tot ze in de loop van augustus/september wegtrekken, (zie Fig. 7.16). Op de kaart van lentewaarnemingen zijn de waarnemingen in de Buitenzone vooral afkomstig van noordoostwaarts migrerende dieren. De normale actieradius van Grote Sterns in het Waddengebied is 15-40 km (VEEN, 1977). De actieradius van foeragerende Visdieven is 5 en hooguit 13 km (STIENEN & BRENNINKMEIJER, 1992). In het algemeen zijn sterns Waddenzeevogels die tot voorbij de zeegaten in de kustwateren van de Noordzee foerageren. De dichtheden zijn het hoogst in de blokken Borndiep en Westgat, (zie Fig. 7.33b).

Sterns foerageren door van grote hoogte te stootduiken. De voornaamste prooi van Grote Sterns zijn zandspieringen en haringachtigen. Deze vormen 95-99% van het diëet (VEEN, 1977). Het aandeel van andere vissoorten komt niet boven de 1% (BRENNINKMEIJER & STIENEN, 1992). Visdieven en Noordse Sterns foerageren ook bij voorkeur op haring, sprot en zandspieringen, en in het geval van Noordse Sterns op krabben. Wanneer deze prooien niet in voldoende mate beschikbaar zijn, schakelen de sterns over op kleine platvissen, zeenaalden *Syngnatidae*, grondels, zeedonderpadden *Cottidae*, garnalen *Crangonidae*, zeepissebedden *Idothea*, vlokreeften *Gammarus*, alsmede wormen, wadpieren, slakken, inktvissen, mossels en stekelhuidigen (VEEN & FABER, 1989; STIENEN & BRENNINKMEIJER, 1992).

Dwergstern (*Sterna albifrons)*
Hoewel Dwergsterns niet voorkomen in de tellingen op de Noordzee, zijn ze hier wel opgenomen, omdat ze broeden op de Rottums en vanwege hun bedreigde status (Rode lijst soort). In Nederland broedt slechts 1,5% van de west-palearctische populatie of 7,5% van de noordwesteuropese populatie. De soort heeft waarschijnlijk nooit in grotere jaarlijkse aantallen dan rond de 1000 paren in Nederland gebroed. Na een aanvankelijk snelle toename sinds de jaren '60 neemt de populatie sinds 1985 weer af, een trend die in heel noordwest-Europa valt waar te nemen. De belangrijkste broedkolonies van de Dwergstern in het Waddengebied bevinden zich op Texel, Griend en Rottumeroog-/plaat (tezamen rond de 100 paren) (DEN BOER e.a., 1993). Ze zijn aanwezig in het Waddengebied vanaf half april tot september (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983; KEIJL & KOOPMAN, 1991). Tijdens de doortrek in het najaar kan een aanzienlijk deel van de populaties uit Scandinavië en Duitsland op wadplaten uitrusten (KEIJL & KOOPMAN, 1991). Dwergsterns foerageren vlak onder de kust waardoor ze buiten het transect van waarnemers vanaf schepen blijven.

7.6. RISICO'S VOOR VOGELS

Bij mijnbouwactiviteiten op zee kunnen verschillende storende invloeden optreden: toegenomen lokale activiteit (geluid en licht van het platform, scheeps- en helicopterbewegingen), gas affakkelen en het risico van morsen. Ondanks deze invloeden trekken gas- en olieplatforms trekvogels en zeevogels, vooral meeuwen, aan (LID, 1979; MERRIE, 1979; HOPE JONES, 1980, BAIRD, 1990; VAN DE LAAR, 1993b). Ook roofvogels en kraaien worden aangetrokken door platforms, vanwege de dode en zwakke trekvogels aldaar (HOPE JONES, 1980). De voornaamste redenen voor zeevogels om bij een platform te blijven rondhangen zijn rustmogelijkheden en voedselaanbod (TASKER e.a., 1986; BAIRD & HERRON, 1990).

De mogelijke effecten van de storende invloeden die samen kunnen hangen met mijnbouwactiviteiten op zee, worden globaal beschreven. Nadrukkelijk zij vermeld, dat geen uitvoerige literatuurstudie is verricht. De verstrekte informatie dient uitsluitend om een denkkader te creëren.

Aanwezigheid/beweging

Zwarte Zeeëenden ontwijken een platform door er ruim omheen te vliegen (VAN LAAR, 1993a). Zittend op het water laten ze zich er rustig heen drijven. De met een platform geassocieerde vaarbewegingen zullen vermoedelijk verstorend werken voor schuwe zeevogels als zeeëenden en Roodkeelduikers (zie OFFRINGA & LEOPOLD, 1991). Veelvuldige verstoring heeft een negatieve invloed op de lichamelijke conditie doordat het foerageren wordt onderbroken en de dieren zich naar elders verplaatsen. Het gebied kan zelfs door de toegenomen drukte (tijdelijk) ongeschikt worden als foerageergebied. Deze verstoringseffecten zijn te minimaliseren door een juiste afstemming van de activiteiten met de seizoensgegevens en het zorgvuldig kiezen van de exacte platformlokatie, in combinatie met het vermijden van helicoptertransporten en het minimaliseren van het aantal vaarbewegingen

Licht/hitte

Fakkels kunnen gevaarlijk zijn voor trekvogels, wanneer ze 's nachts en bij slecht zicht door het licht worden aangetrokken. Beschrijvingen van ongelukken van vogels die gedesoriënteerd in een fakkel vliegen en verschroeien (LID, 1979) betreffen meestal vermoeide zangvogels op trek (HOPE JONES, 1980; TASKER e.a., 1986). Trekvogels kunnen mogelijk ook gedesoriënteerd raken en rond een platform blijven vliegen tot hun energiereserves niet meer toereikend zijn om nog land te bereiken (VEELENTURF, 1981; VAN DE LAAR, 1993b). Effecten zijn te vermijden als 's nachts en bij slecht zicht tijdens de zangvogeltrek in voor- en najaar niet wordt afgefakkeld.

Lozingen

Morsen van oliehoudende vloeistoffen (brandstof, smeermiddelen) kan gevolgen hebben voor zeevogels. In geval van een ongeluk zijn de vogels die met het platform zijn geassocieerd de eerste slachtoffers. Het gaat hierbij in de regel om slechts kleine aantallen en bovendien onvolwassen vogels die nog niet aan het voortplantingsproces deelnemen (TASKER *e.a.*, 1986). Vogelsoorten die direct geassocieerd zijn met een platform (meeuwen) hebben in de regel een lage kwetsbaarheidsindex, zie Tabel 7.3. Vogels met een hoge kwetsbaarheidsindex (duikers, eenden en alkachtigen) zwemmen meestal op wat grotere afstand. De aanwezigheid van concentraties zeeëenden in het studiegebied verhoogt het risico, dat er bij een incident slachtoffers vallen. Dit risico geldt met name de Ballonplaat en de kuststrook voor Schiermonnikoog in de winter en in het voorjaar. In sommige jaren kunnen de aantallen zeeëenden tot in mei/juni hoog blijven. Effecten zijn te minimaliseren als naast het beheersen van morsingen deze "hoge concentratieperiodes" worden gemeden.

TABEL 7.3

Kwetsbaarheidsindex (I) van verschillende zeevogels voor oppervlakte contaminanten (bewerkt naar CARTER e.a., 1993), foerageermethode (F), periode van presentie (weeknummers) en indeling in dit rapport.

Soort	I	F	Voedsel	Aanwezigheid	V
Duikers	29*	D	rondvis	38-18	W
Fuut	23*	D	rondvis	40-8	W
Noordse Stormvogel	18	O	vis, bijvangst, plankton	16-42	W
Jan van Gent	22	D	rondvis	22-46	Dt
Aalscholver	20	D	platvis, rondvis	9-15, 19-41	Dt
Eidereend	16*	B	Kokkels, mossels, Spisula	0-52	J
Zwarte Zeeëend	19*	B	Spisula	-	W
Grote Zeeëend	21*	B	Spisula	37-18	W
Dwergmeeuw	24	O	vis, evertebraten	14-19, 39-48	Dt
Kokmeeuw	11	O	omnivoor	1-52	J
Stormmeeuw	13	O	omnivoor	1-52	W
Kleine Mantelmeeuw	19	O	omnivoor	12-44	Z
Zilvermeeuw	15	O	omnivoor	1-52	Z
Grote Mantelmeeuw	21	O	omnivoor	31-11	W
Drieteenmeeuw	17	O	kleine rondvis	37-50	W
Grote Stern	20	O	zandspiering, haring, sprot	16-38	Z
Visdief	20	O	kleine rond- en platvis	17-38	Z
Noordse Stern	16	O	kleine rond- en platvis	-	Z
Dwergstern	19	O	kleine rondvis	17-34	Z
Zeekoet	22*	D	rondvis	44-48	W
Alk	24*	D	rondvis	-	W

*) veel tijd wordt op het wateroppervlak doorgebracht waardoor de individuen van deze soort extra risico lopen in aanraking te komen met oppervlakte vervuiling. D= duikt, O= oppervlakte, B= benthoseter. W= wintervogel, Dt= doortrekker, J= jaarvogel. Naarmate I hoger is wordt meer tijd op het water doorgebracht of is de populatie minder snel is staat zich te herstellen.

7.7. CONCLUSIES

Met de nu beschikbare gegevens van tellingen op de Noordzee is het mogelijk gebleken om voor de kustzone van Ameland tot en met Rottum een beschrijving van de avifauna te geven.

De belangrijkste gebruikers van het studiegebied, uitgedrukt in aantallen en in kwetsbaarheid, zijn de zeeëenden. Bij het ontplooien van exloratie-activiteiten bij Schiermonnikoog en Rottum dient vooral met deze groep rekening te worden gehouden. De zeeëenden verblijven met name in het winterhalfjaar in het gebied. In de zomer zijn de locale broedvogels de belangrijkste gebruikers van het gebied: Kok-, Storm-, Zilver- en Kleine Mantelmeeuw, Noordse- en Grote Stern en Visdief, maar deze lijken minder gevoelig voor offshore activiteiten dan de wintergasten. In herfst en voorjaar vormt het affakkelen een potentieel probleem voor de grote aantallen migrerende zangvogels. Affakkelen is voor trekkende steltlopers minder problematisch, aangezien deze vogels voornamelijk over land en door de Waddenzee trekken (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983). Zeevogels worden in veel mindere mate dan zangvogels door fakkels aangetrokken (van de Laar, 1993b). Effecten van affakkelen zijn te vermijden als 's nachts en bij slecht zicht tijdens de zangvogeltrek in voor- en najaar niet wordt afgefakkeld.

In Fig. 7.17 en 7.18 is per maand en per gebied de kwetsbaarheid weergegeven. In Fig. 7.17 is per deelgebied het aantal vogels per km vermenigvuldigd met de kwetsbaarheidsindex (per zeevogel soort). In Fig. 7.18 is het totaal aantal vogels in het hele studiegebied, vermenigvuldigd met de kwetsbaarheidsindices, per maand uitgezet (in miljoenen). Omdat er niet voor iedere maand gegevens voorhanden waren, is er in Fig. 7.18 mede gebruikt gemaakt van de gegevens in BAPTIST & WOLF (1993). Duidelijk is, dat de (na)zomer de minst kwetsbare periode is. De hoge gevoeligheid van het kustgebied in het winterhalfjaar wordt vooral door het voorkomen van grote aantallen kwetsbare zeeëenden veroorzaakt. De Zwarte Zeeëend is de meest algemene vogel in deze wateren. Zwarte Zeeëenden worden bovendien vaak vergezeld van grote aantallen Grote Zeeëenden en Eidereenden. Locale concentraties kunnen oplopen tot 200.000 vogels. Omdat eenden plaatselijk in hoge dichtheden voorkomen en veel tijd zwemmend doorbrengen zijn ze zeer gevoelig voor oppervlakte verontreiniging. Een ander belangrijk punt is, dat groepen zeeëenden meer dan andere vogels gevoelig zijn voor verstoring door scheepvaart.

Het huidige onderzoeksmateriaal laat zien, dat zeeëenden geneigd lijken te zijn om jaarlijks naar min of meer dezelfde gebieden terug te keren. Voorwaarde is hierbij, dat het gebied in een volgend jaar nog steeds geschikt is voor de vogels. Belangrijke parameters hierbij zijn vermoedelijk rust en de aanwezigheid van veel voedsel. Het voedsel van de eenden in Nederland bestaat de laatste jaren vooral uit *Spisula subtruncata* die plaatselijk in zeer dichte banken voorkomt. Er is tot nu toe alleen onderzoek gedaan aan *Spisula* op zeeëenden locaties, zodat geen antwoord kan worden gegeven op de vraag of de eenden vanwege het voedsel per se gebonden zijn aan de huidige locaties ten noorden van de Waddeneilanden, of dat ze zouden kunnen uitwijken naar elders.

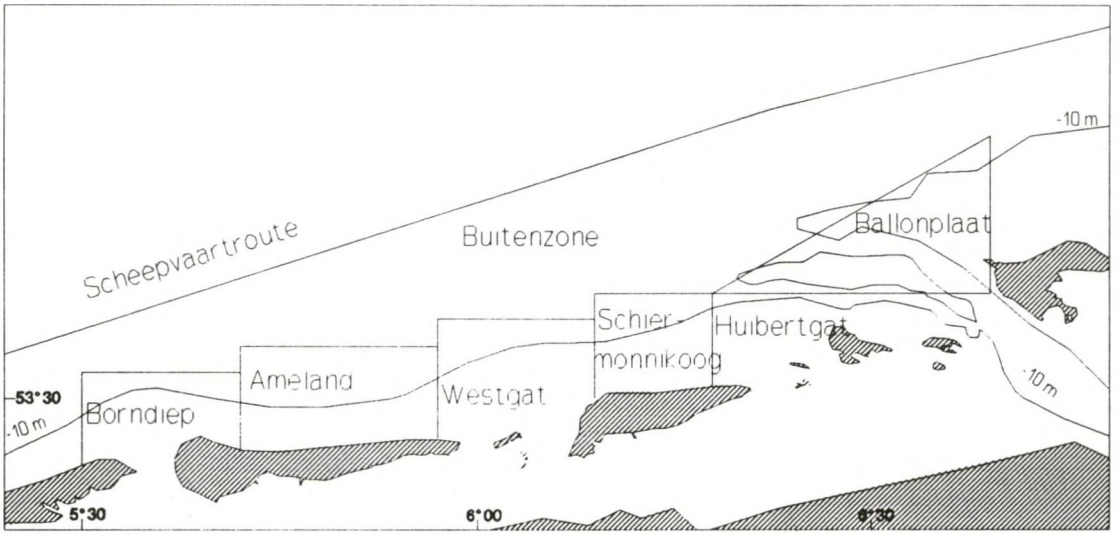


Fig. 7.1. Onderzochte gebied met de namen van de deelgebieden.

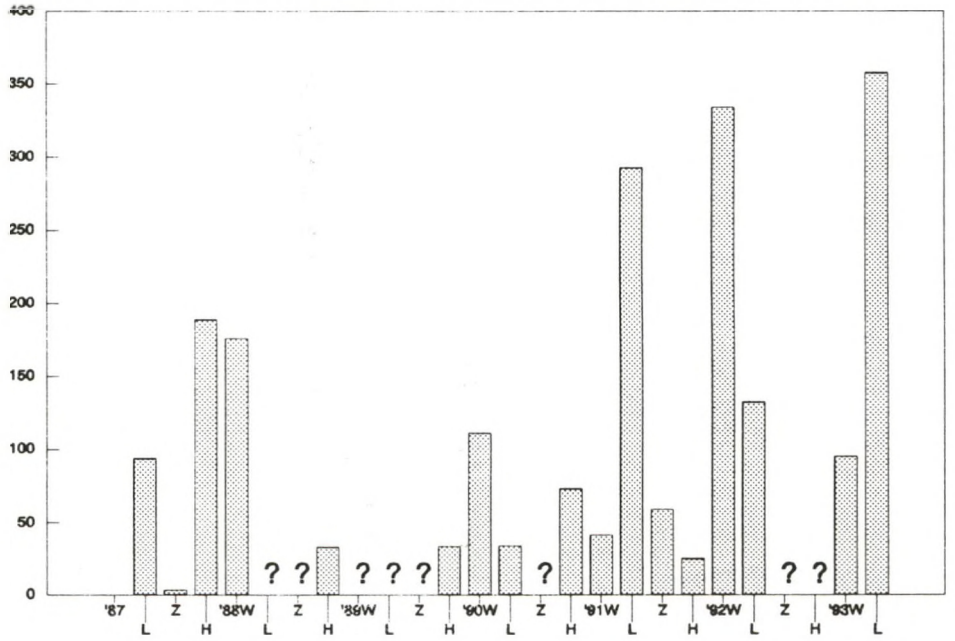


Fig. 7.2. Onderzoeksinspanning per seizoen, vraagtekens geven seizoenen zonder waarnemingen aan.

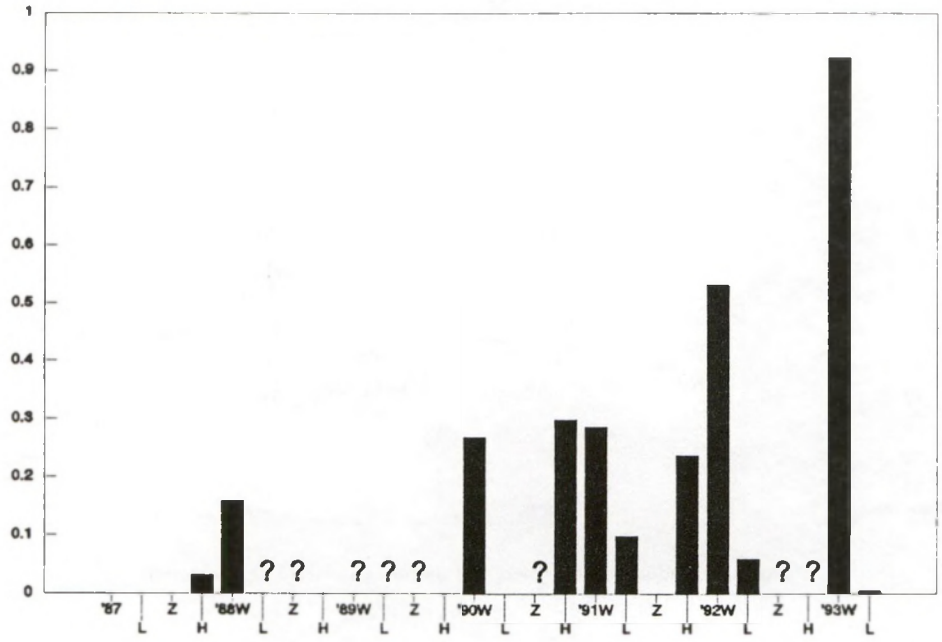


Fig. 7.3. Aantallen duikers per km waarnemingsinspanning per seizoen.

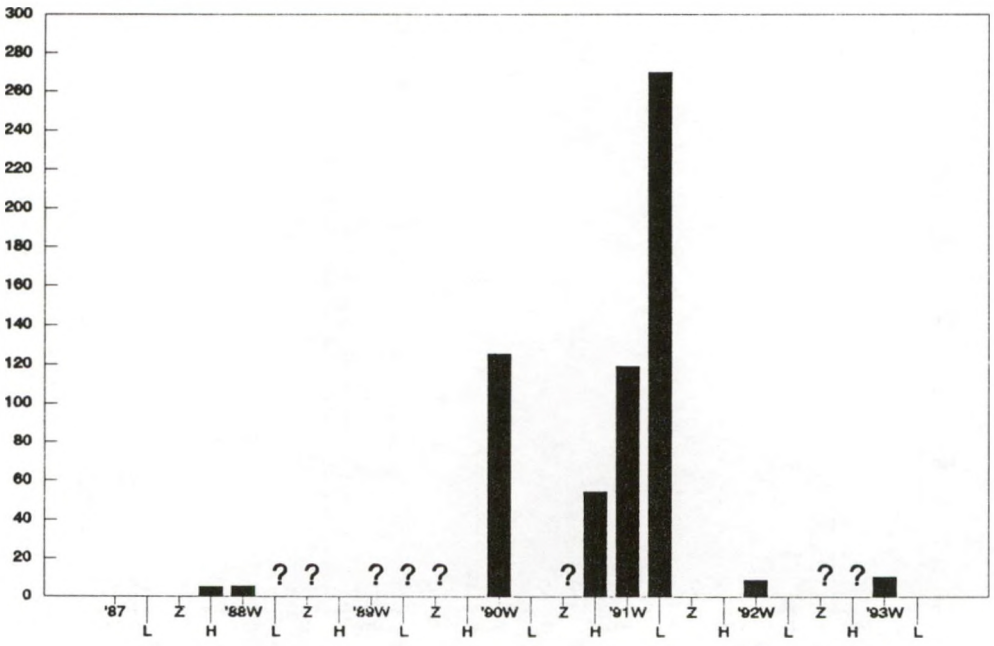


Fig. 7.4. Aantallen Futen per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

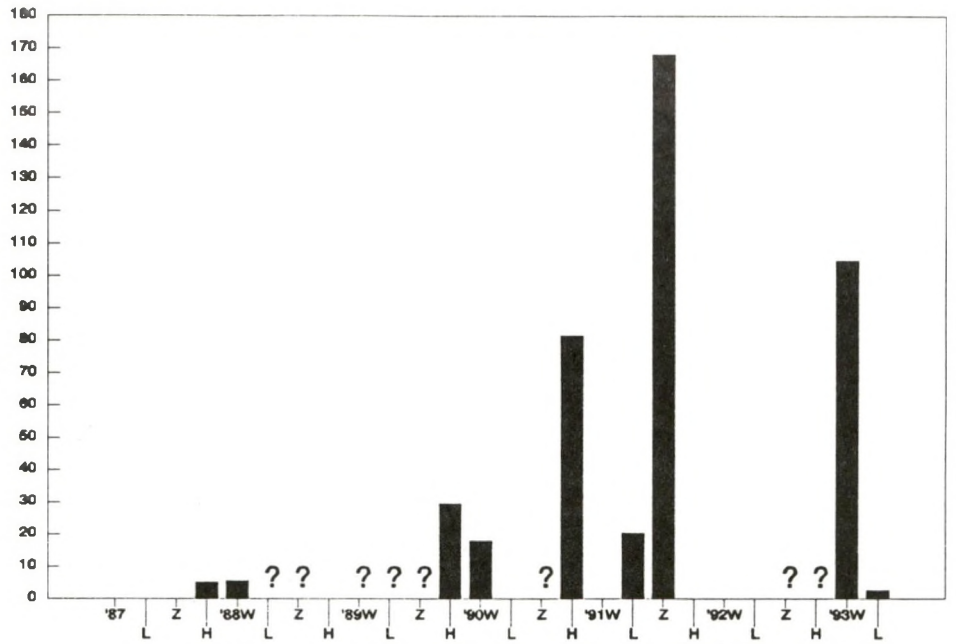


Fig. 7.5. Aantallen Noordse Stormvogels per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

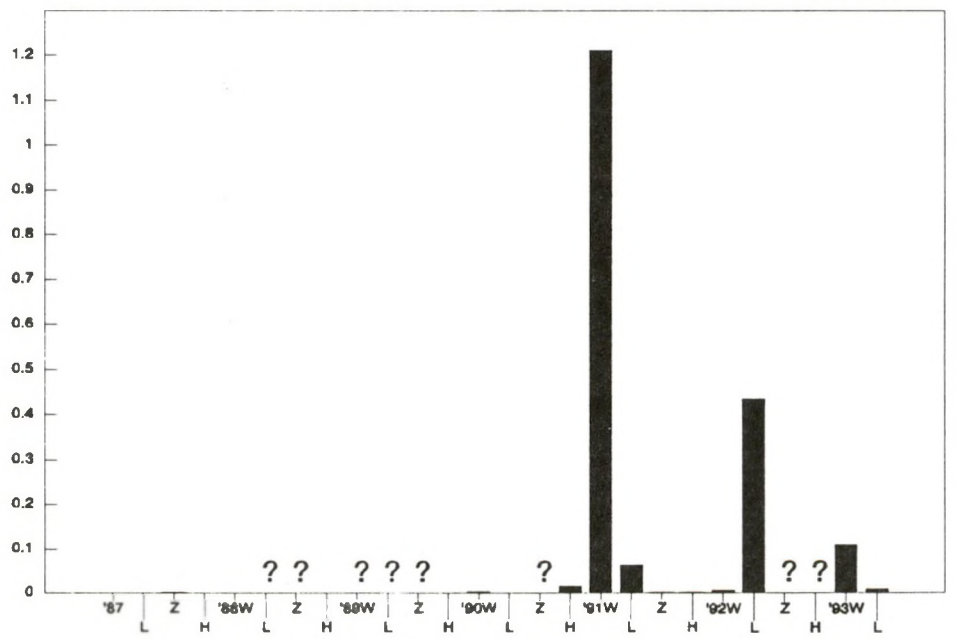


Fig. 7.6. Aantallen Zwarte en Grote Zeeëenden (in miljoenen) per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

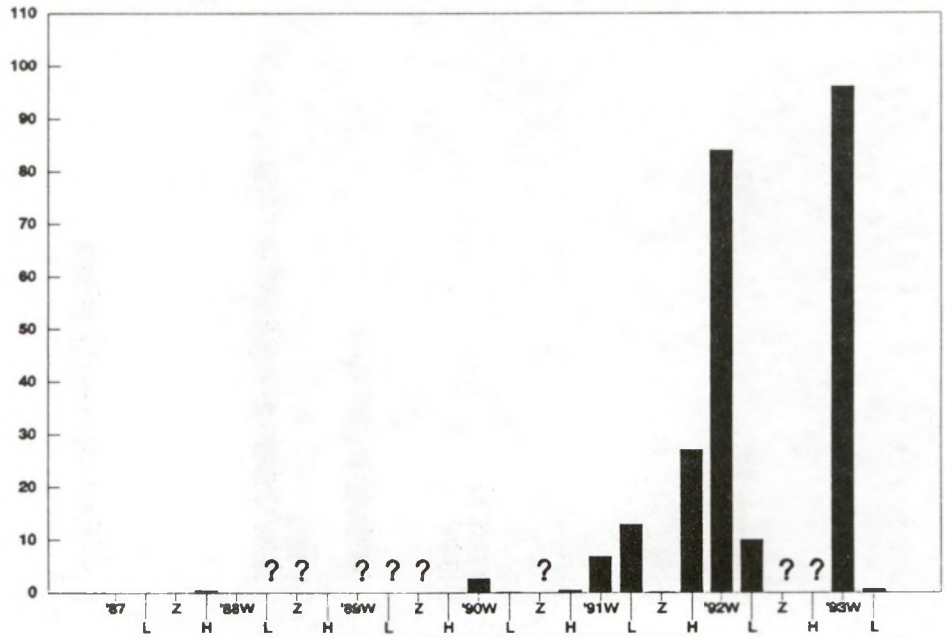


Fig. 7.7. Aantallen Eidereenden per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

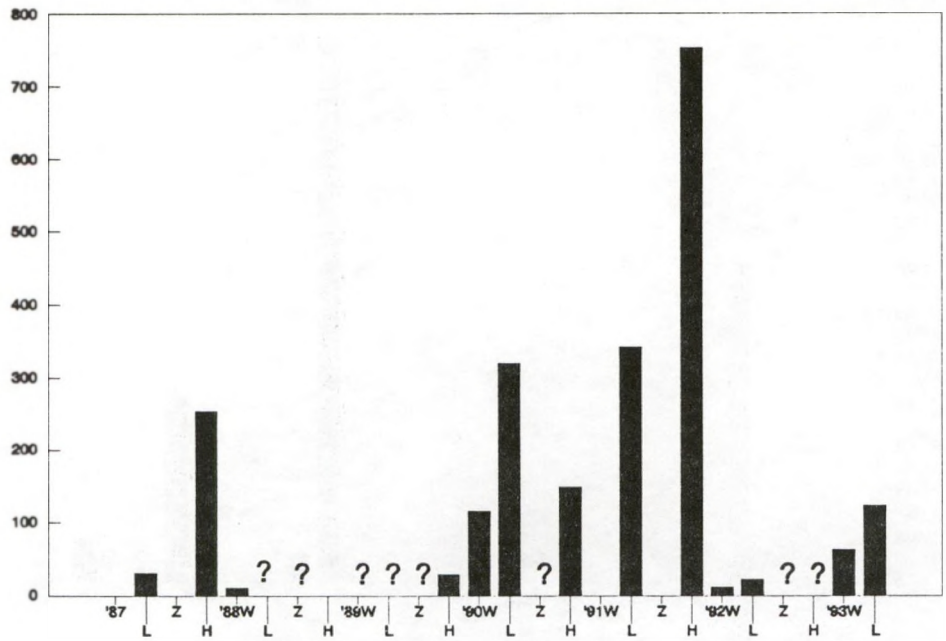


Fig. 7.8. Aantallen Kokmeeuwen per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

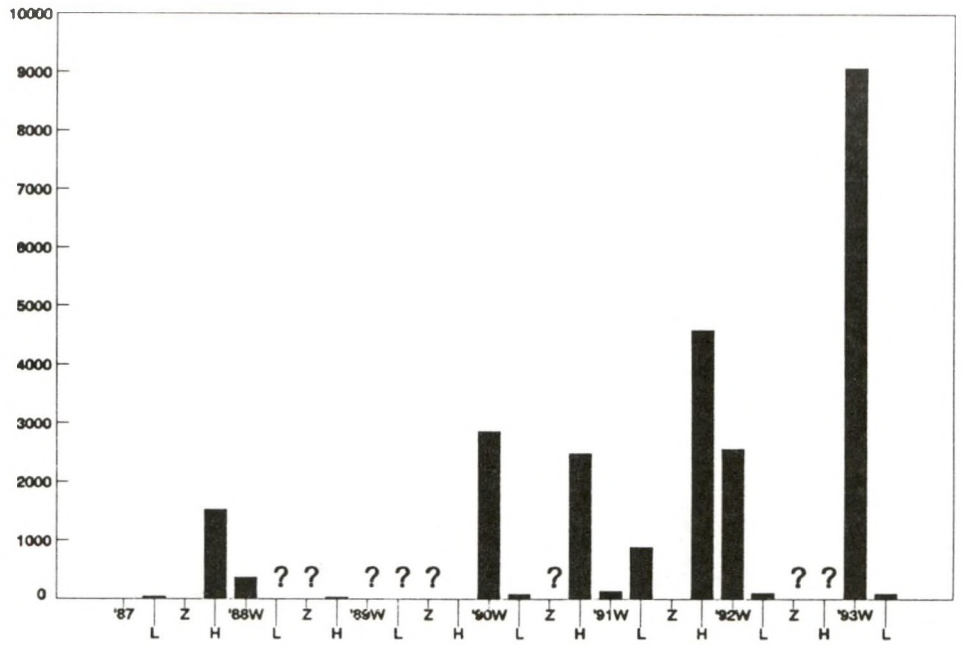


Fig. 7.9. Aantallen Stormmeeuwen per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

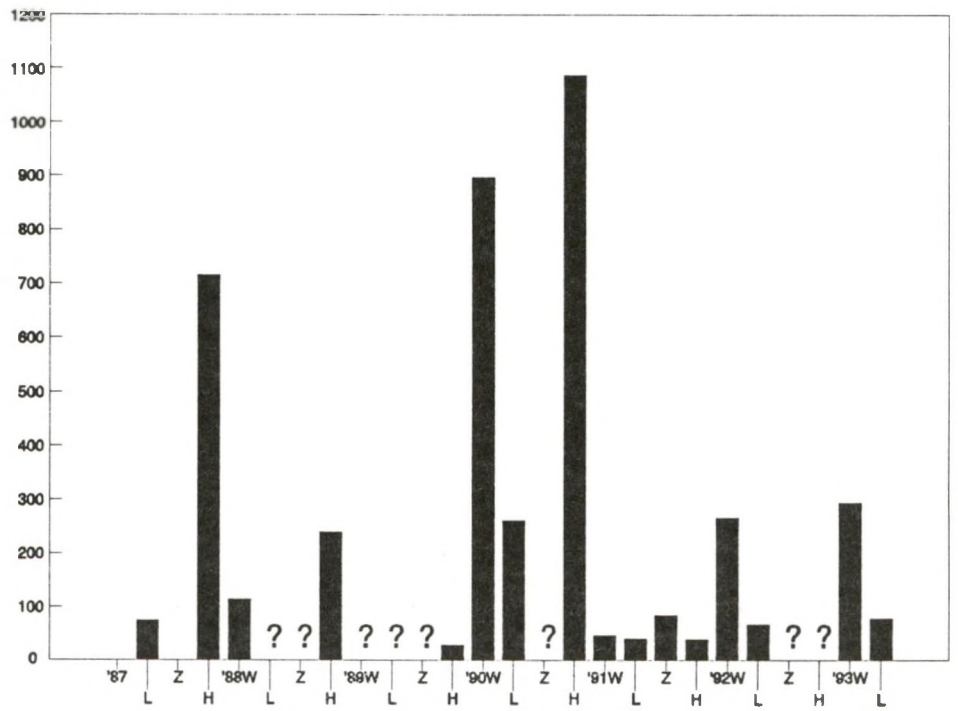


Fig. 7.10. Aantallen Grote Mantelmeeuwen per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

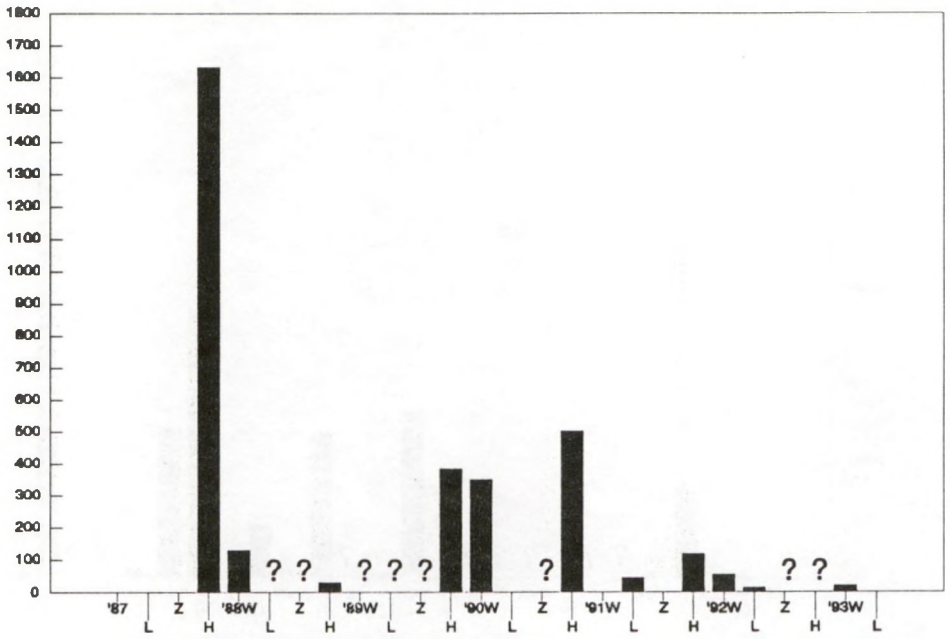


Fig. 7.11. Aantallen Drieteenmeeuwen per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

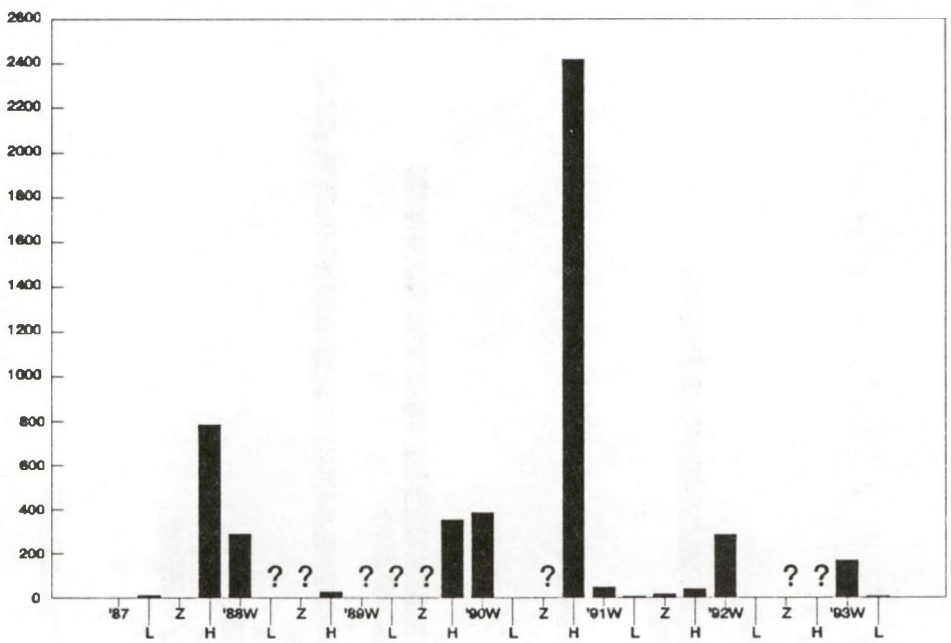


Fig. 7.12. Aantallen Zeekoeten en Alken per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

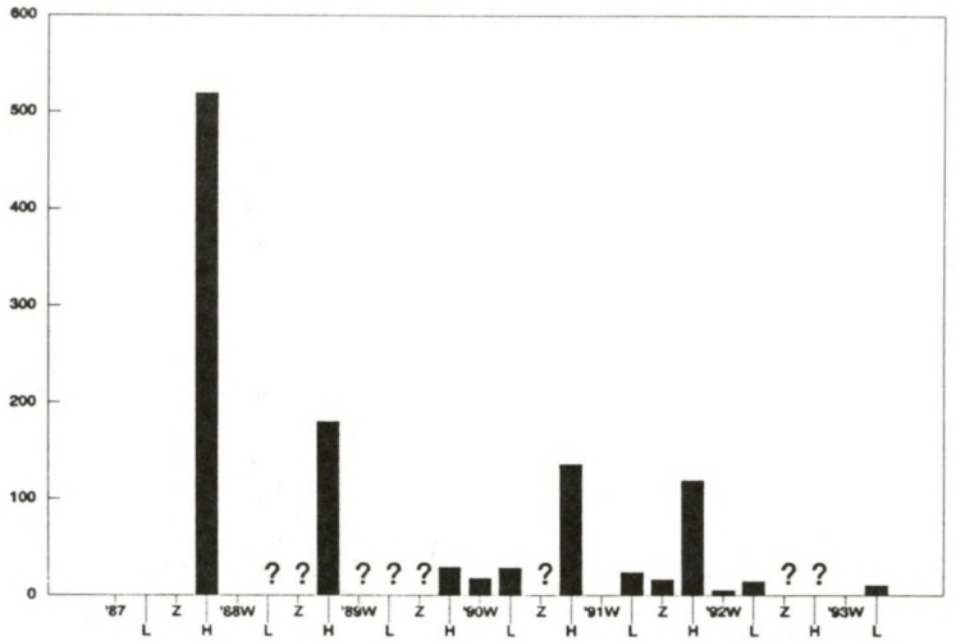


Fig. 7.13. Aantallen Jan van Genten per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

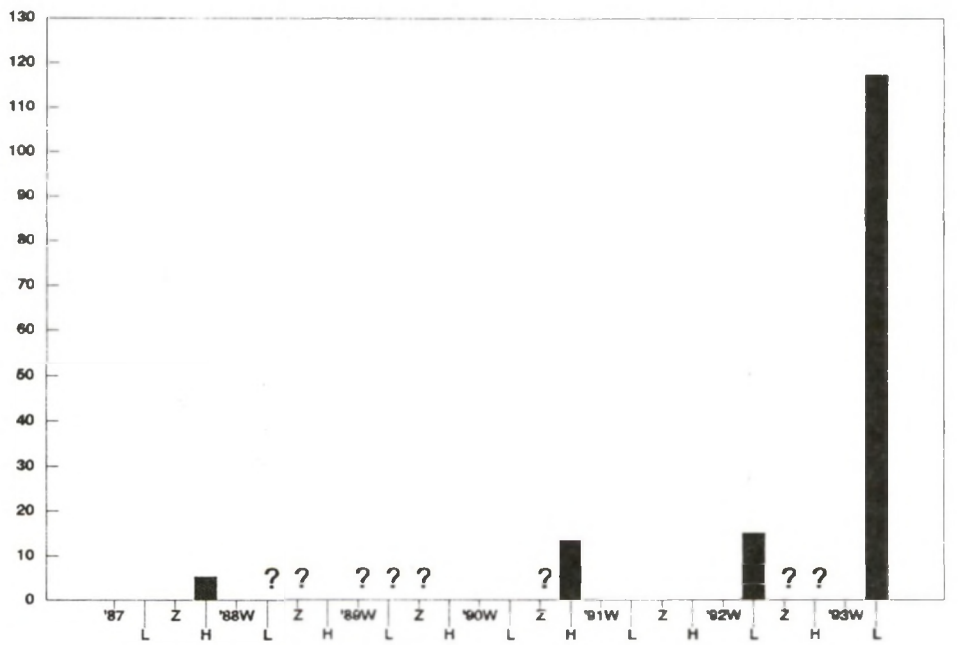


Fig. 7.14. Aantallen Aalscholvers per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

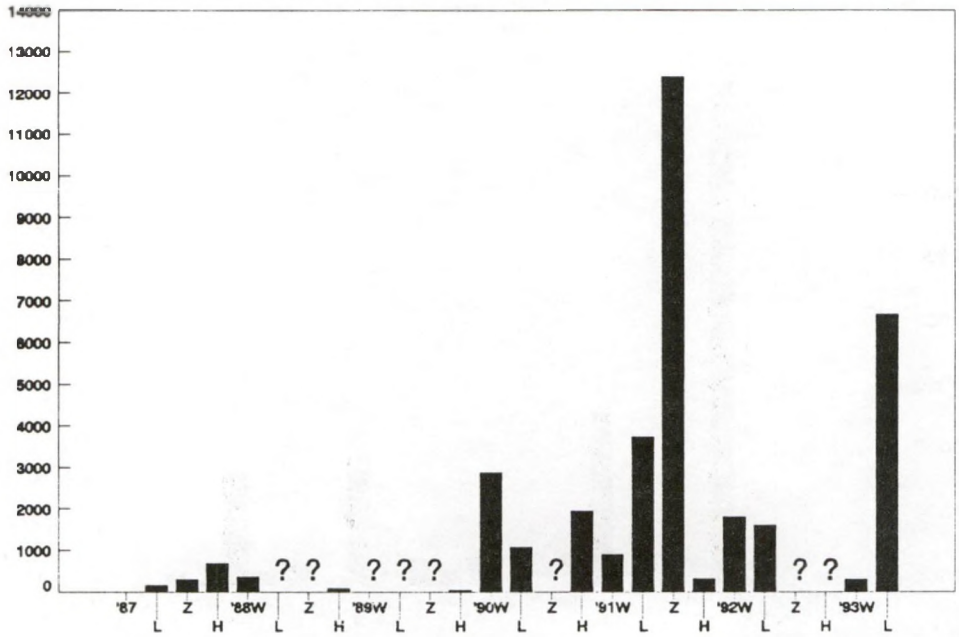


Fig. 7.15. Aantallen "Grote meeuwen" per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

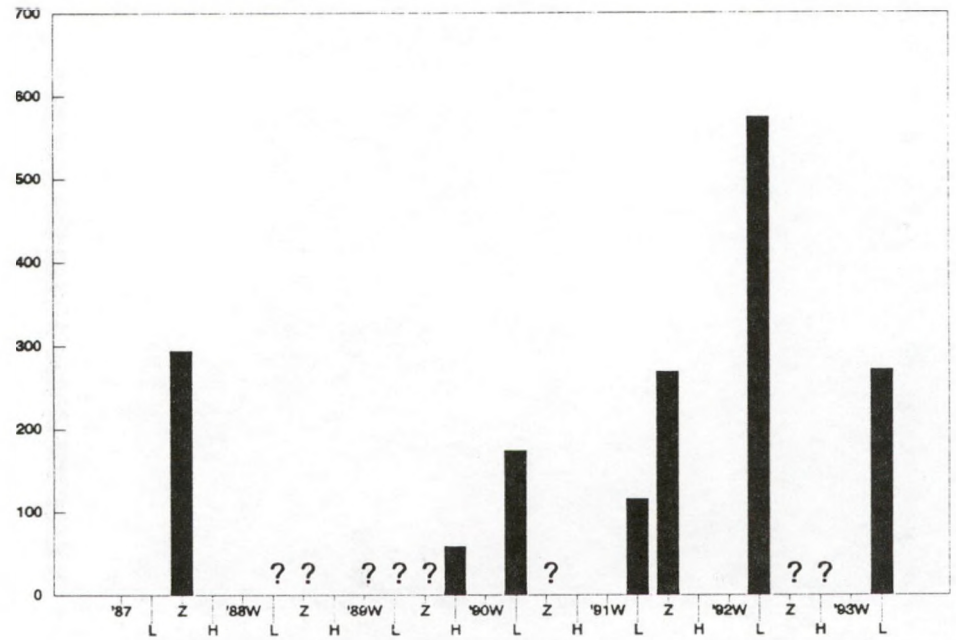


Fig. 7.16. Aantallen sterns per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

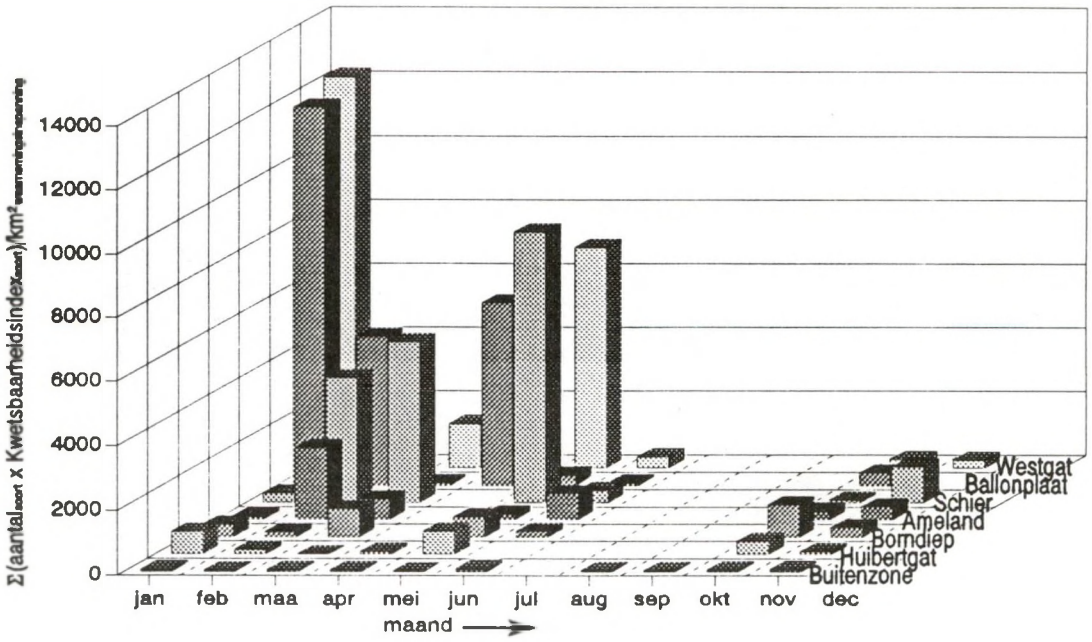


Fig. 7.17. Kwetsbaarheid per maand per deelgebied. De kwetsbaarheid (vertikale as) is de som van de kwetsbaarheid van iedere soort (Carter *et al*, 1993) maal het aantal individuen per soort en gedeeld door het aantal onderzochte km² per deelgebied.

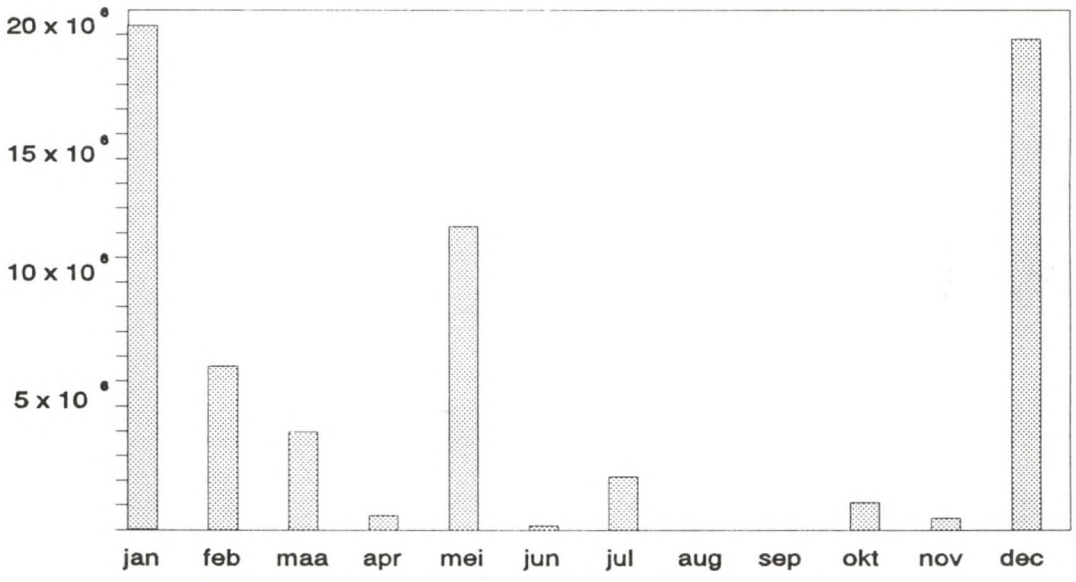


Fig. 7.18. Kwetsbaarheid per maand voor het totale gebied, scheepstellingen aangevuld met gegevens uit BAPTIST & WOLF (1993). Uit de atlas van Baptist & Wolf zijn de aantallen uit deelgebied 'WAD' gebruikt voor de vergelijking met het totale onderzoeksgebied voor deze studie (zie fig. 7.1). Omdat de indeling van gebied voor beide studies verschilt, is de kwetsbaarheid in deze figuur uitgedrukt als de som van de kwetsbaarheid (Carter *et al*, 1993) van iedere soort maal het aantal individuen per soort en gedeeld door 1000 km waarnemingsinspanning. Deelgebieden worden niet nader onderscheiden.

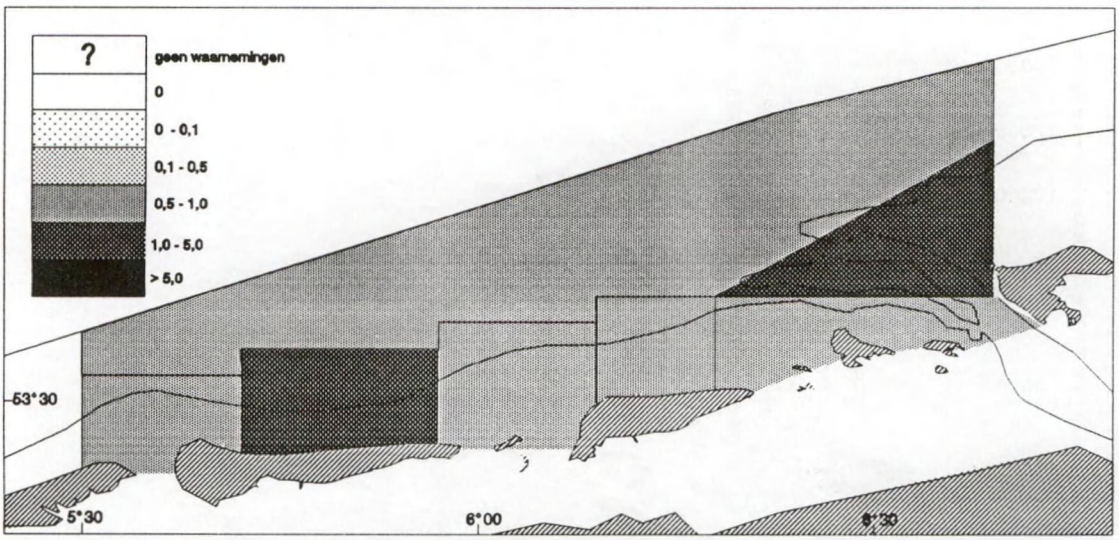


Fig. 7.19a. De verspreiding van duikers in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

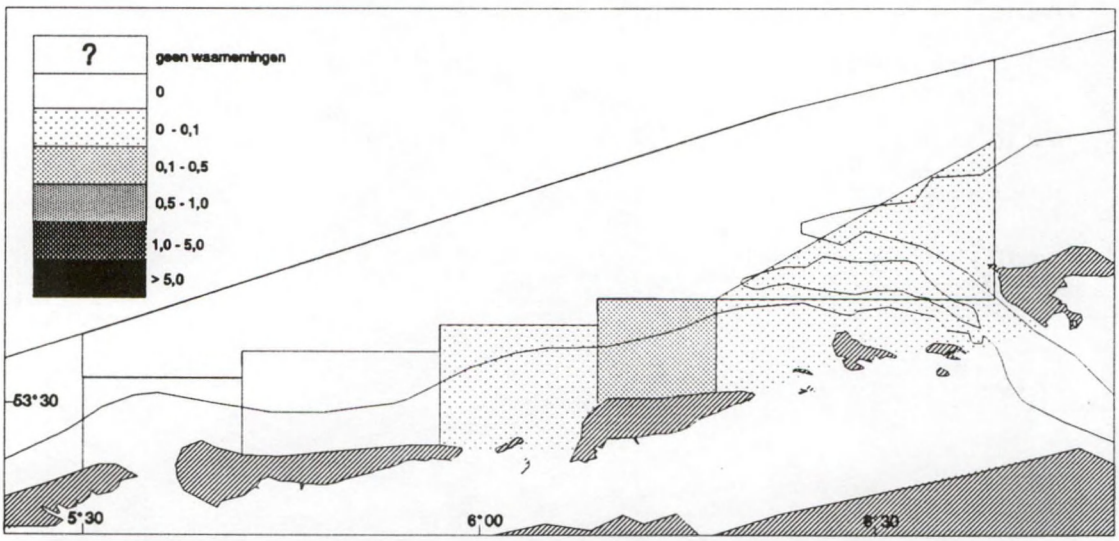


Fig. 7.19b. De verspreiding van duikers in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

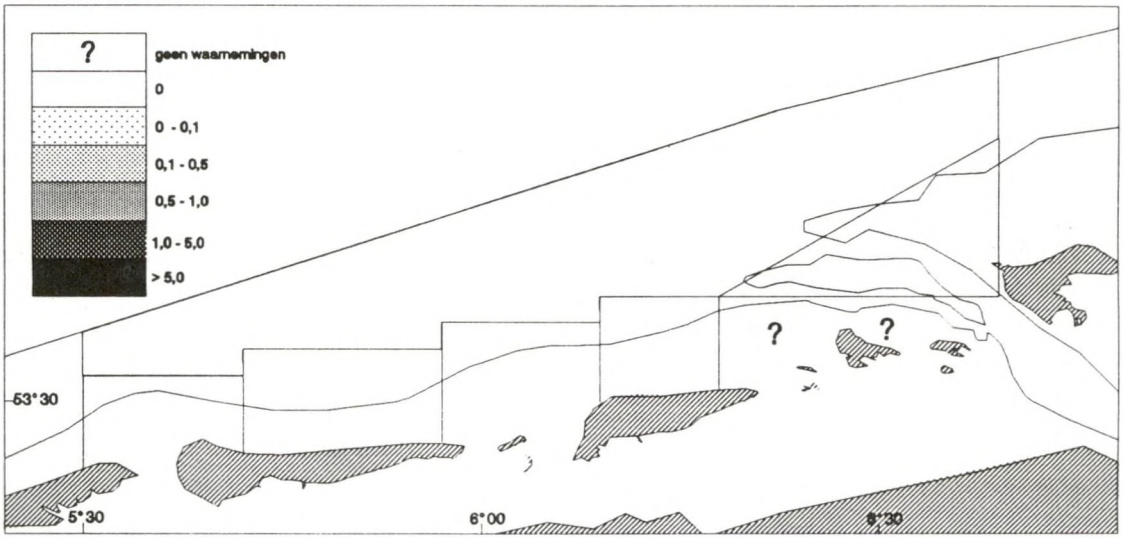


Fig. 7.19c. De verspreiding van duikers in de zomer.

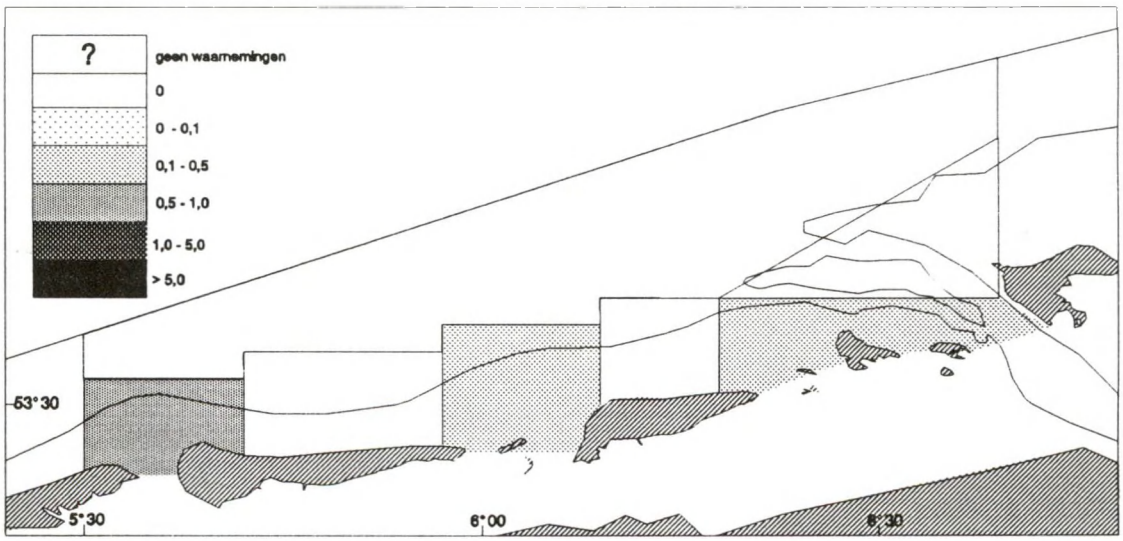


Fig. 7.19d. De verspreiding van duikers in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

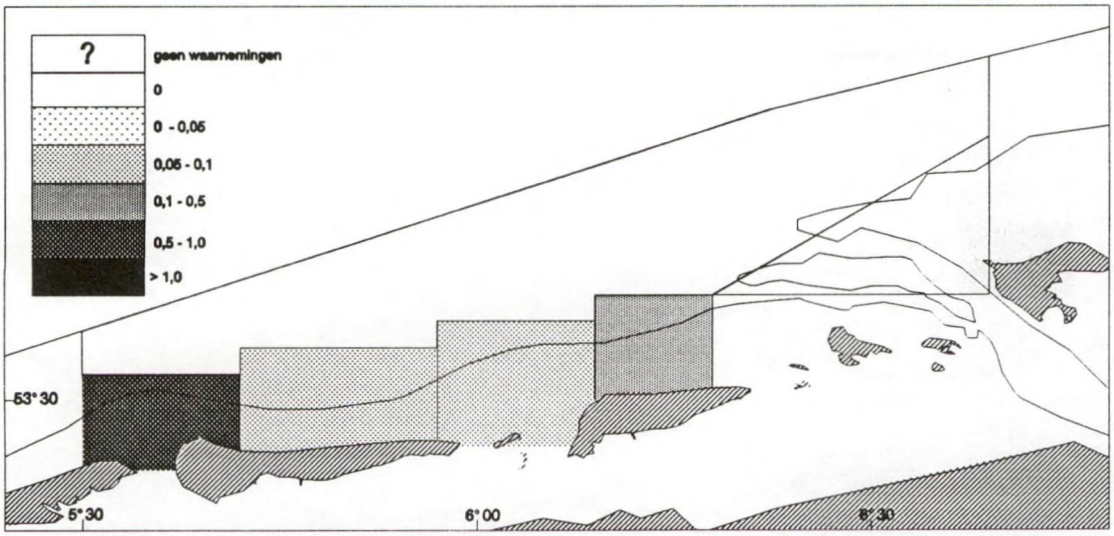


Fig. 7.20a. De verspreiding van de Fuut in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

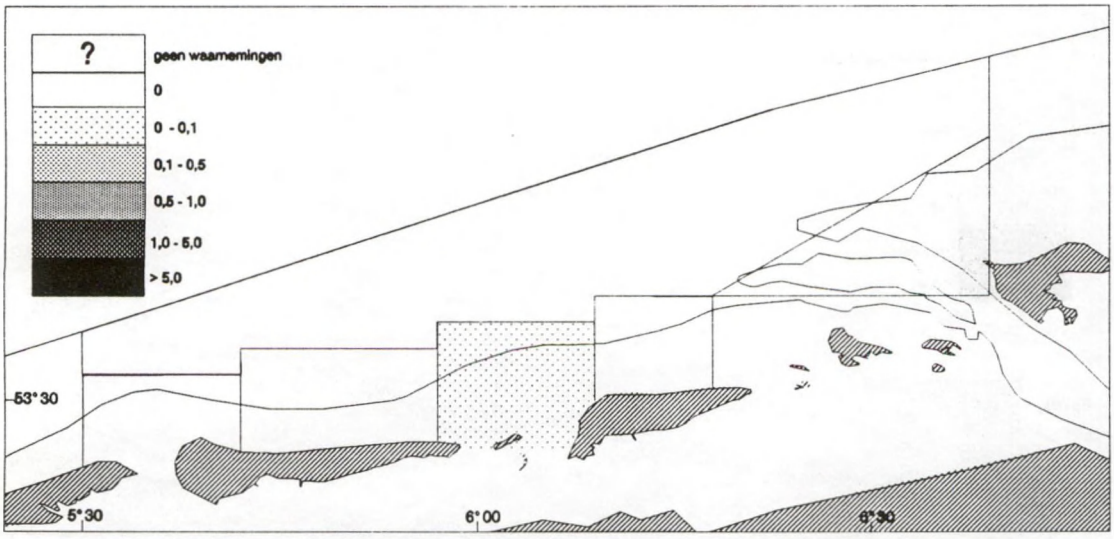


Fig. 7.20b. De verspreiding van de Fuut in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

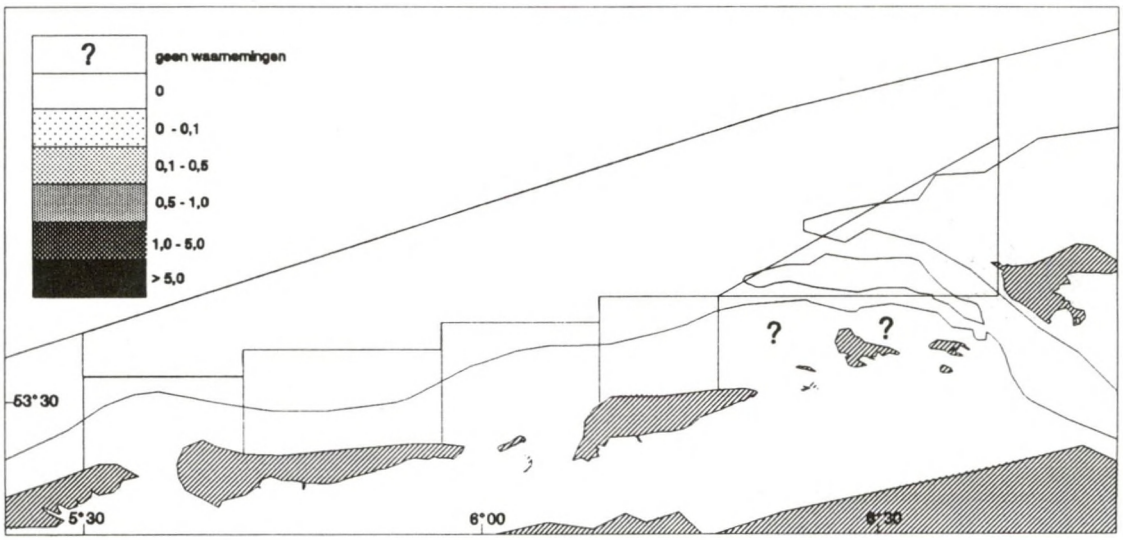


Fig. 7.20c. De verspreiding van de Fuut in de zomer.

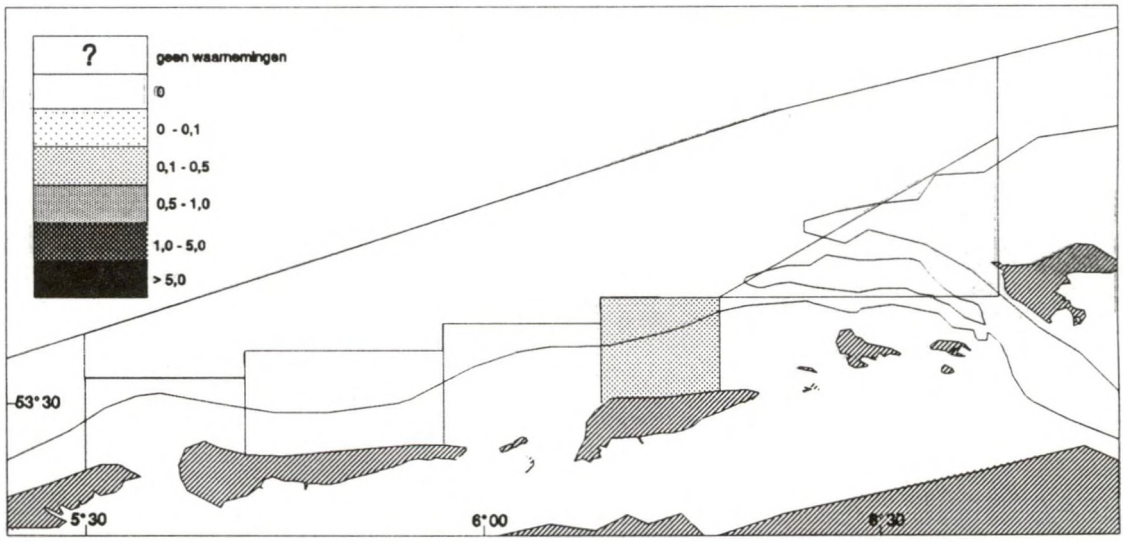


Fig. 7.20d. De verspreiding van de Fuut in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

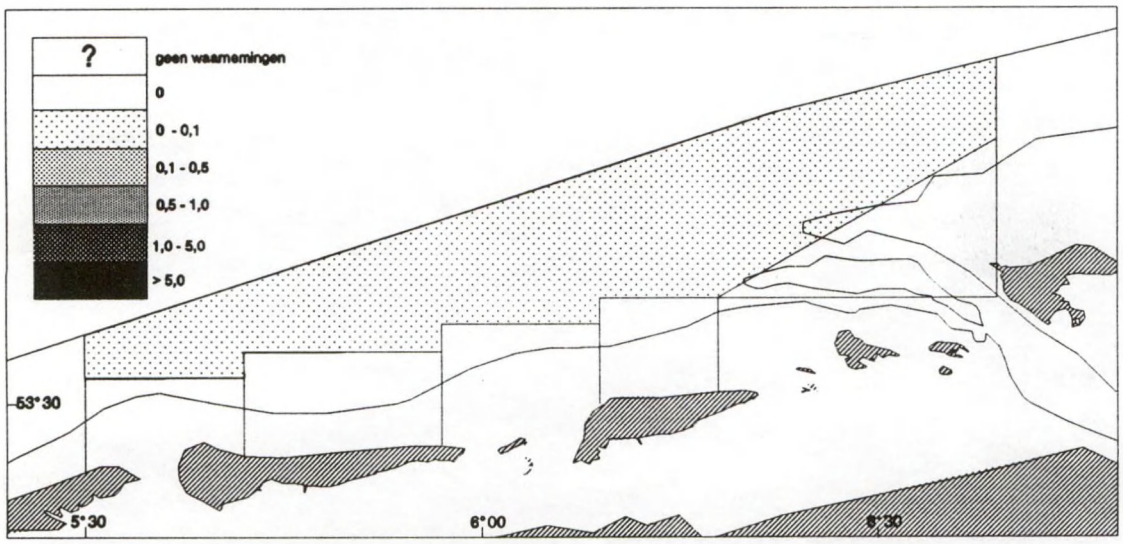


Fig. 7.21a. De verspreiding van de Noordse Stormvogel in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

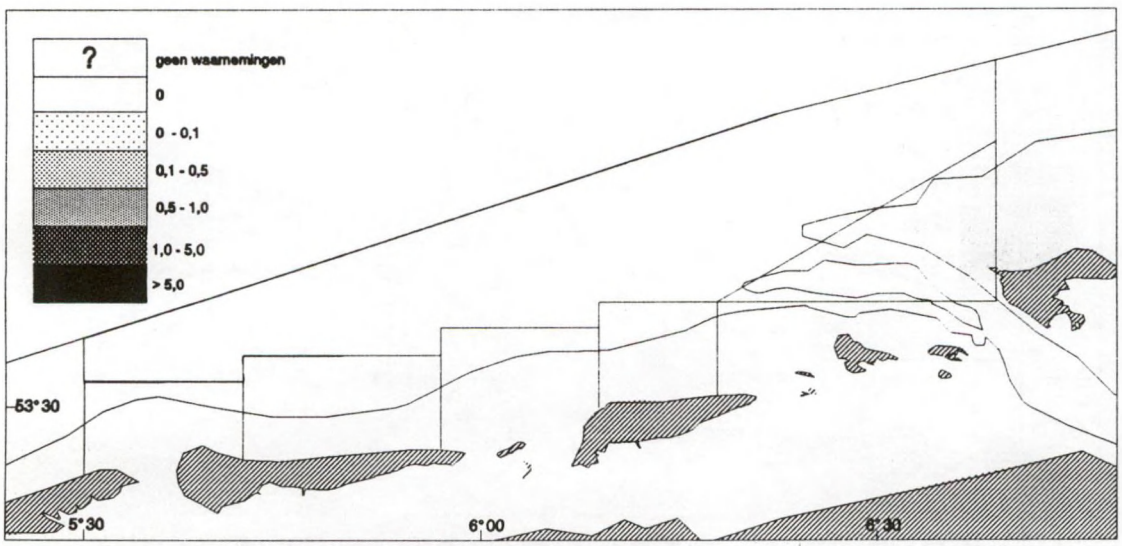


Fig. 7.21b. De verspreiding van de Noordse Stormvogel in het voorjaar.

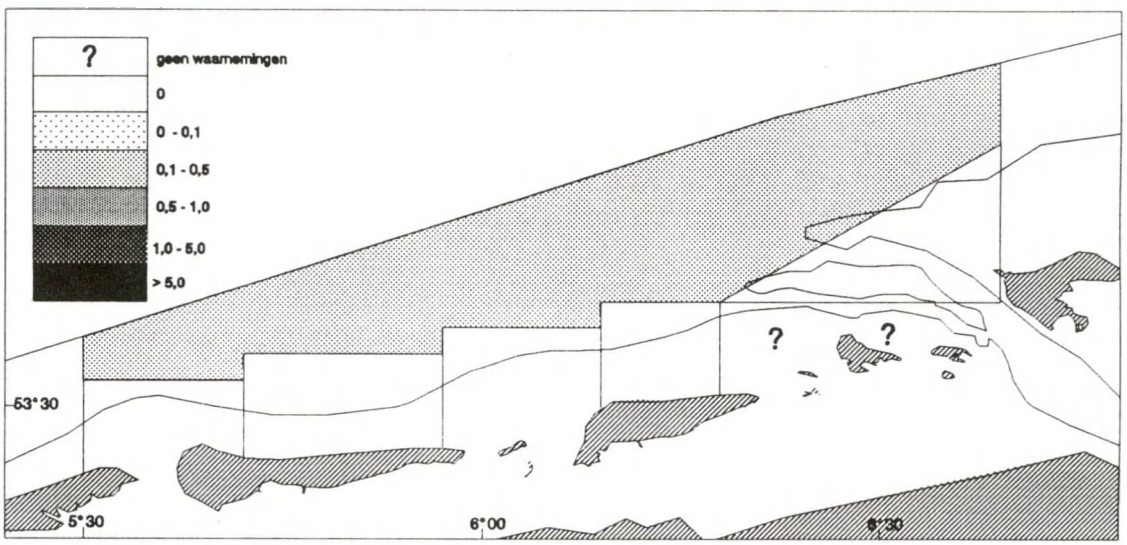


Fig. 7.21c. De verspreiding van de Noordse Stormvogel in de zomer. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

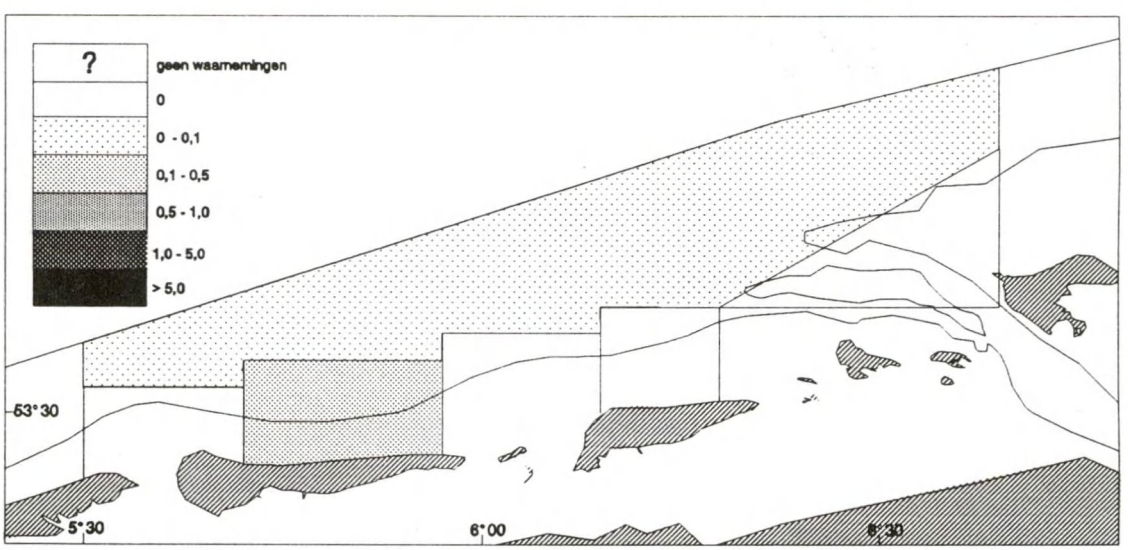


Fig. 7.21d. De verspreiding van de Noordse Stormvogel in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

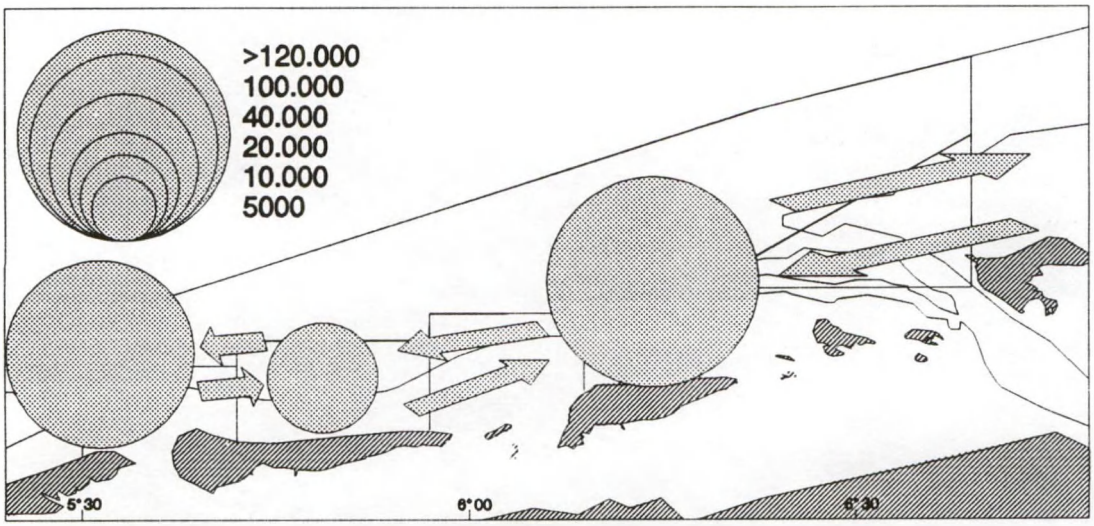


Fig. 7.22a. De verspreiding van de Zwarte - en de Grote Zee- eend in de winter. De cirkels stellen groepen van verschillende grootte voor, de pijlen geven aan dat er voortdurend uitwisseling en verplaatsing is.

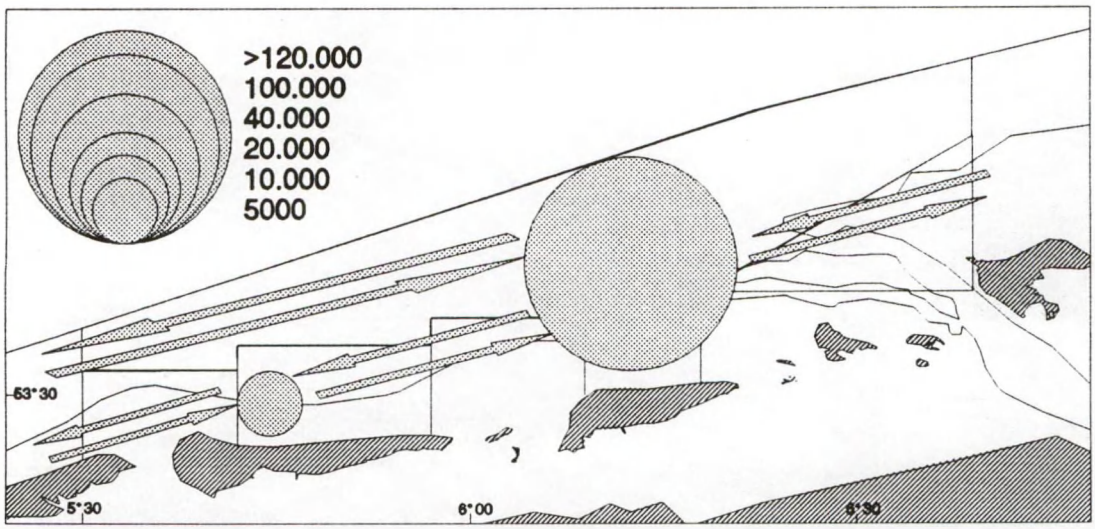


Fig. 7.22b. De verspreiding van de Zwarte - en de Grote Zee- eend in het voorjaar. De cirkels stellen groepen van ver- schillende grootte voor, de pijlen geven aan dat er voortdurend uitwisseling en verplaatsing is.

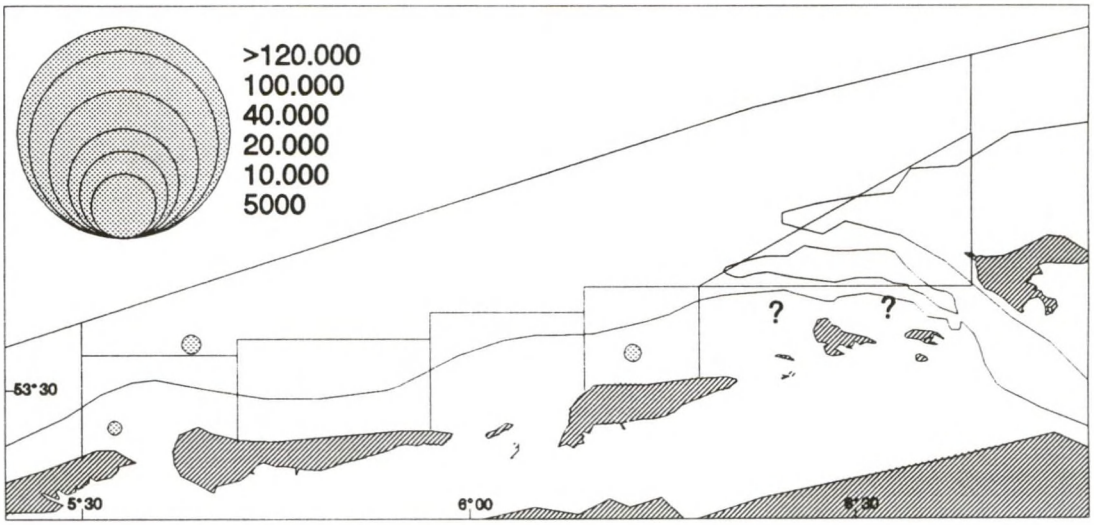


Fig. 7.22c. De verspreiding van de Zwarte - en de Grote Zee- eend in de zomer. De cirkels stellen groepen van verschillende grootte voor.

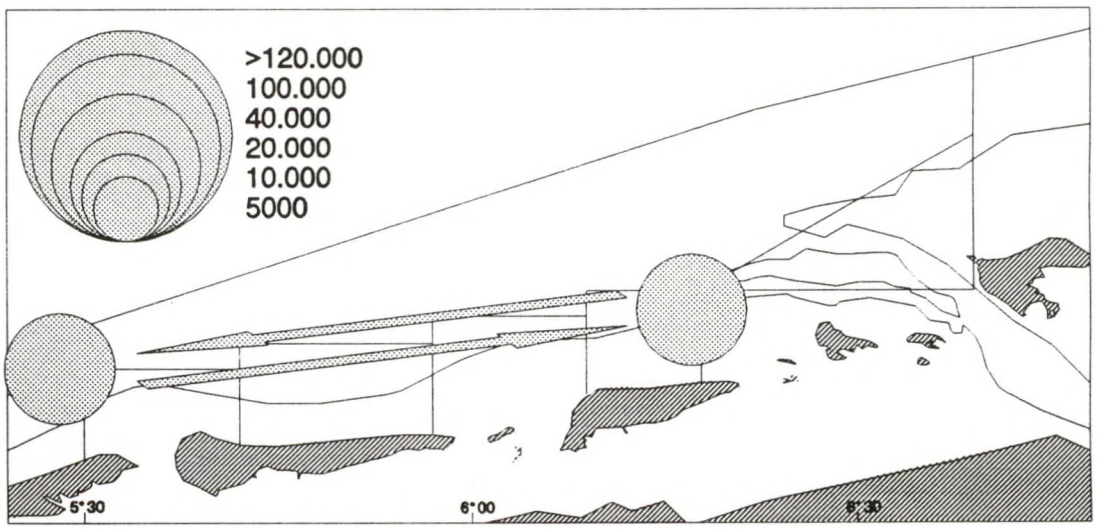


Fig. 7.22d. De verspreiding van de Zwarte - en de Grote Zee- eend in het najaar. De cirkels stellen groepen van verschillende grootte voor.

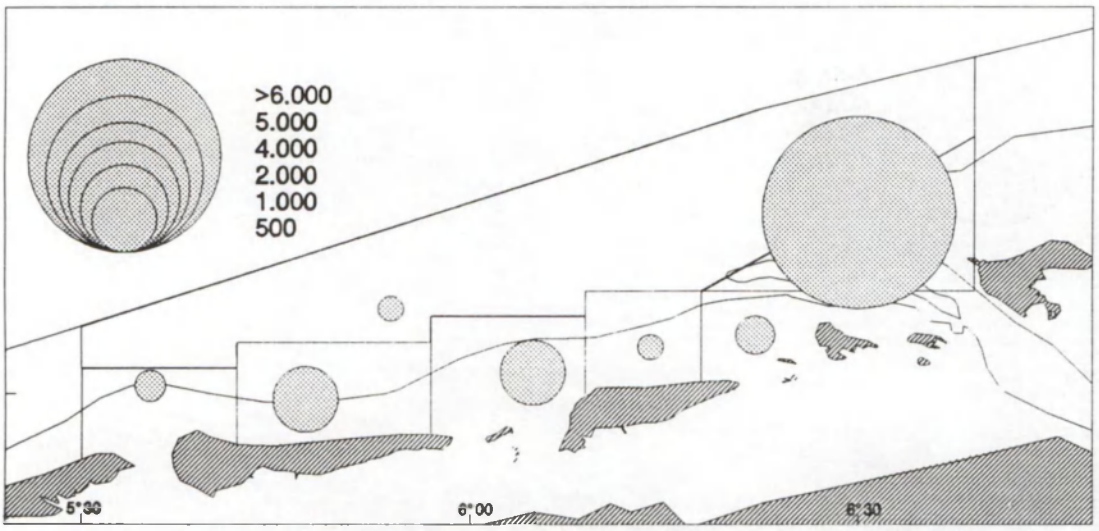


Fig. 7.23a. De verspreiding van de Eidereend in de winter. De cirkels stellen groepen van verschillende grootte voor.

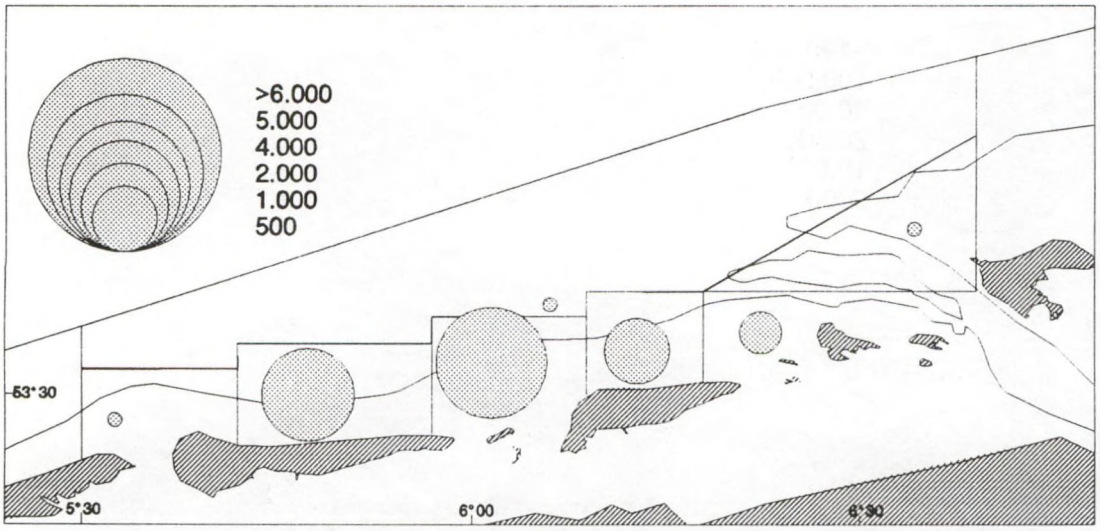


Fig. 7.23b. De verspreiding van de Eidereend in het voorjaar. De cirkels stellen groepen van verschillende grootte voor.

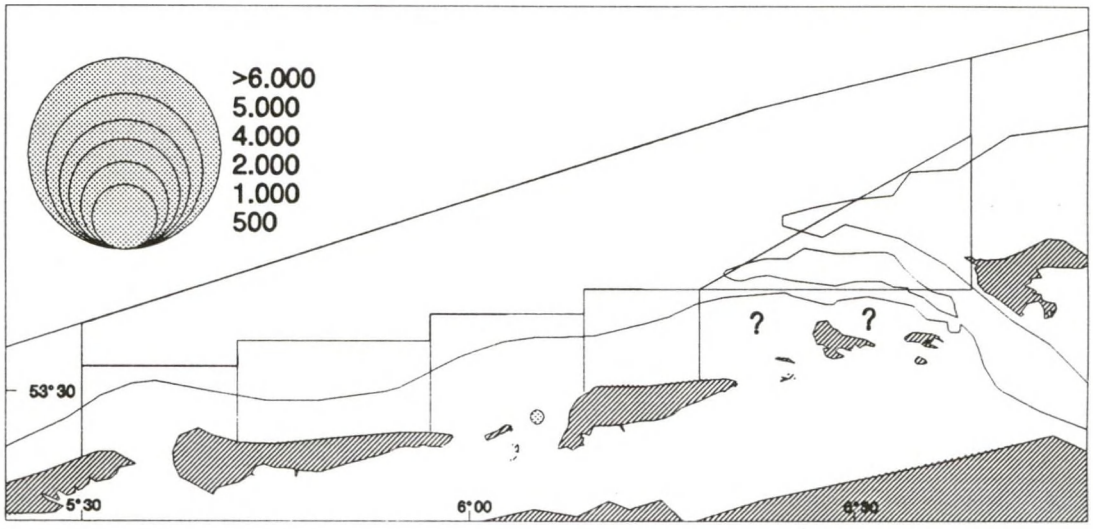


Fig. 7.23c. De verspreiding van de Eidereend in de zomer. De cirkels stellen groepen van verschillende grootte voor.

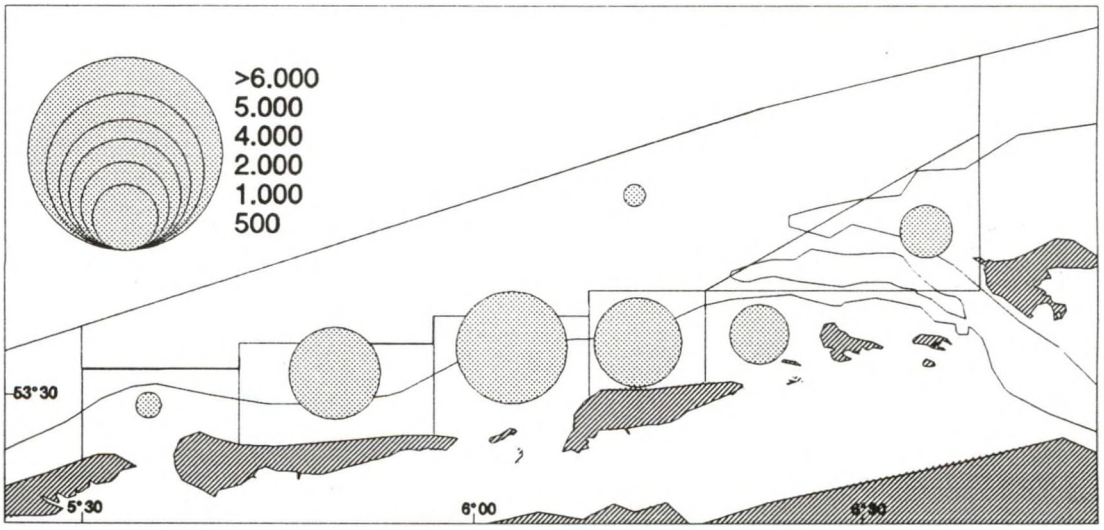


Fig. 7.23d. De verspreiding van de Eidereend in het najaar. De cirkels stellen groepen van verschillende grootte voor.

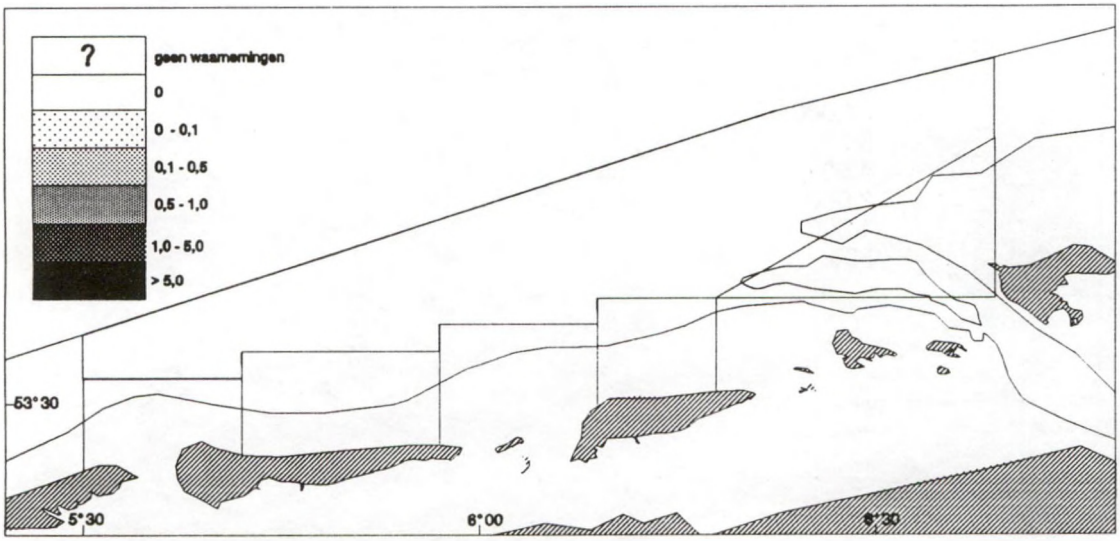


Fig. 7.24a. De verspreiding van de Kokmeeuw in de winter.

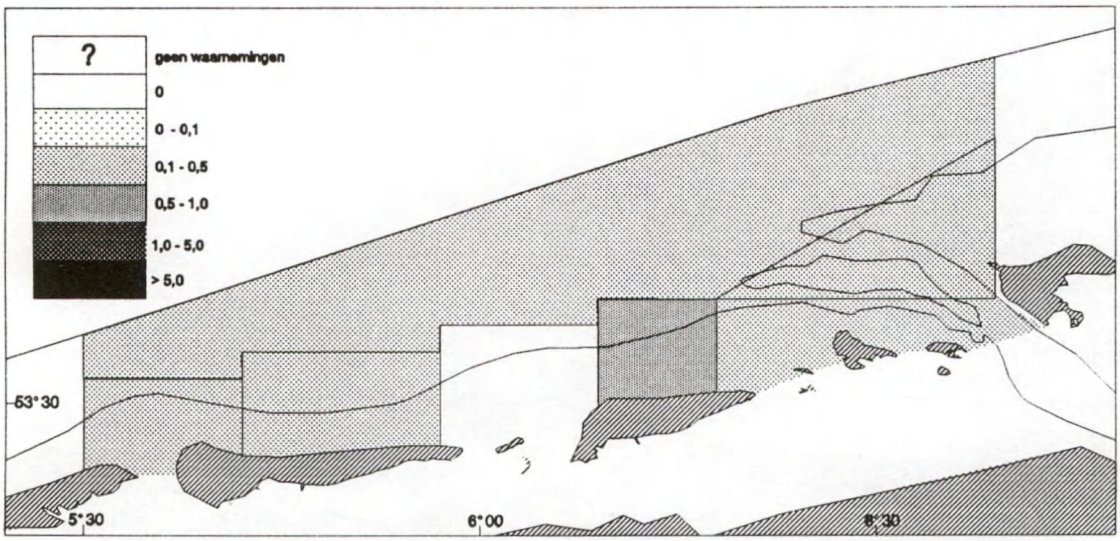


Fig. 7.24b. De verspreiding van de Kokmeeuw in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

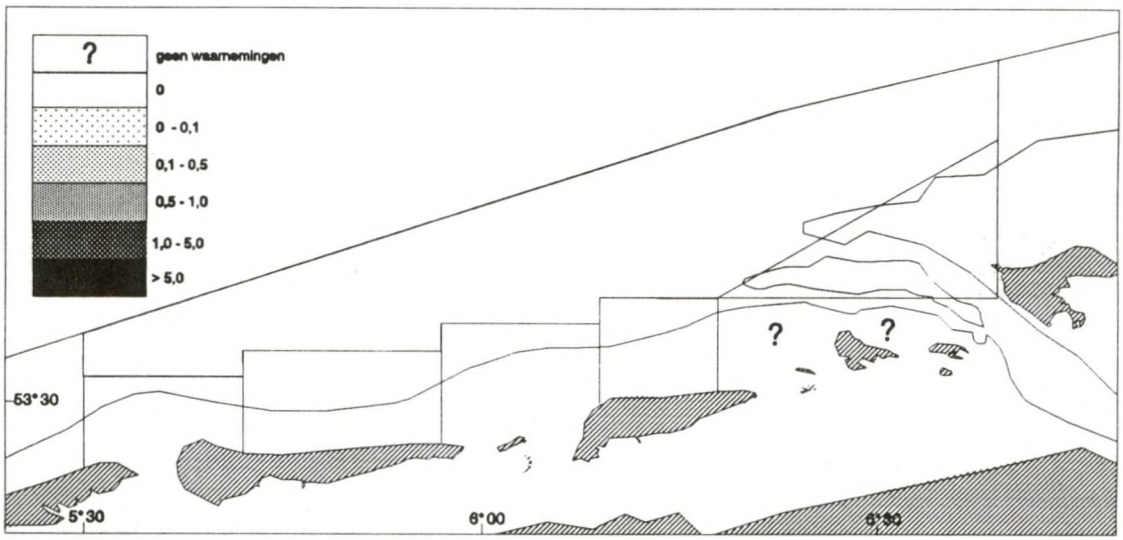


Fig. 7.24c. De verspreiding van de Kokmeeuw in de zomer. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

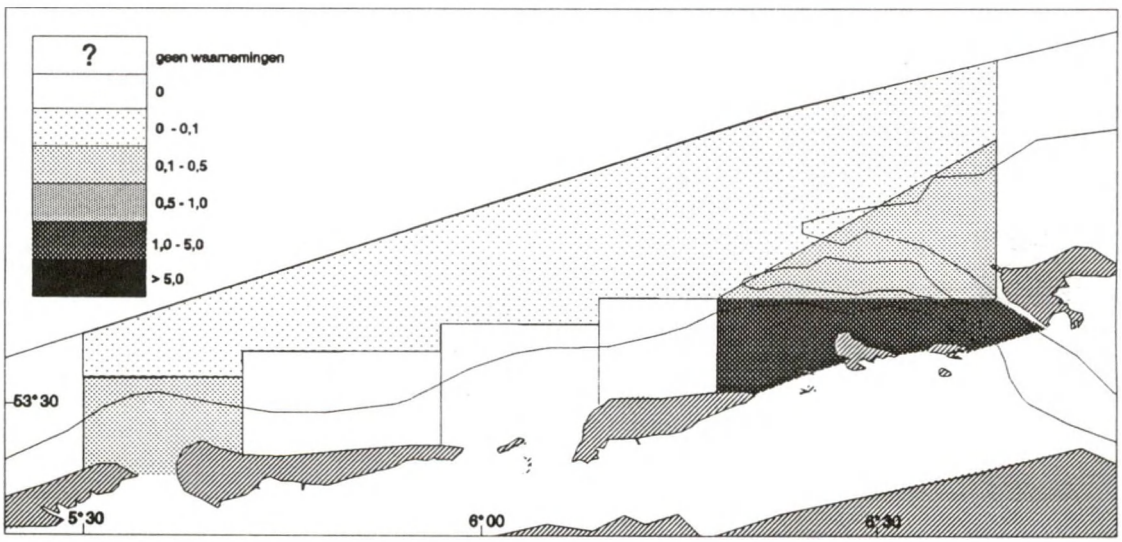


Fig. 7.24d. De verspreiding van de Kokmeeuw in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

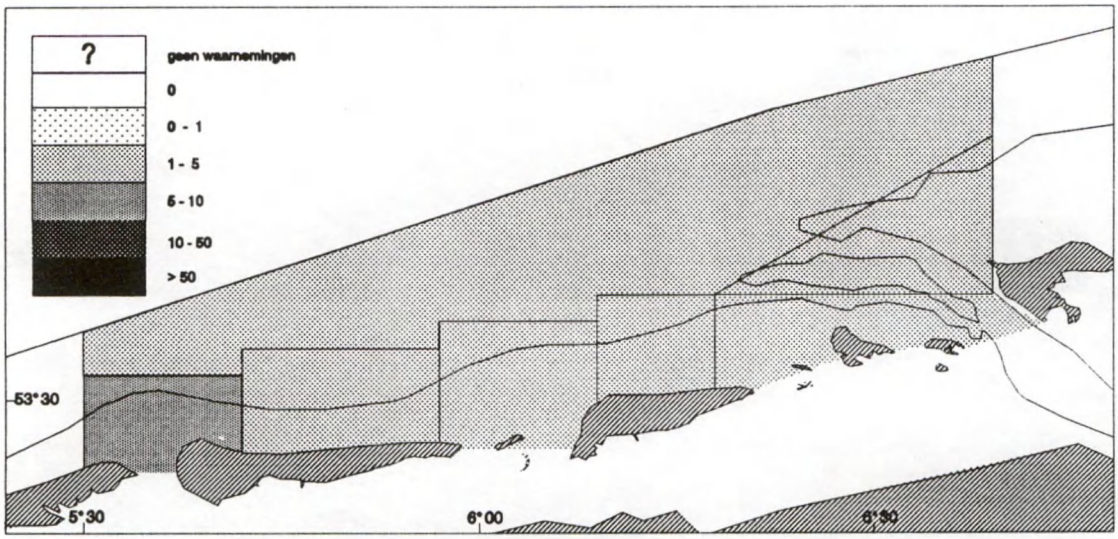


Fig. 7.25a. De verspreiding van de Stormmeeuw in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

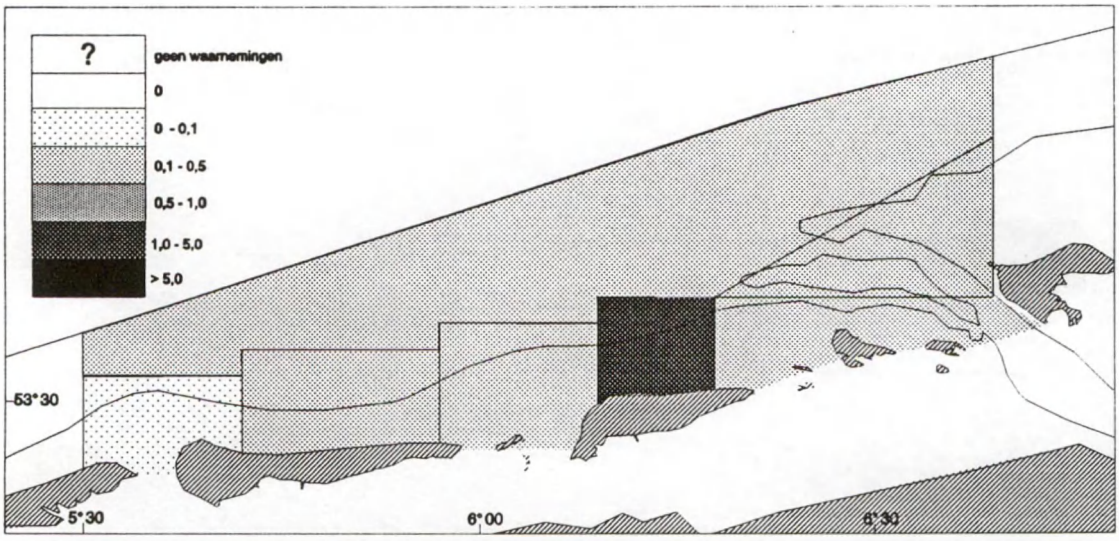


Fig. 7.25b. De verspreiding van de Stormmeeuw in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

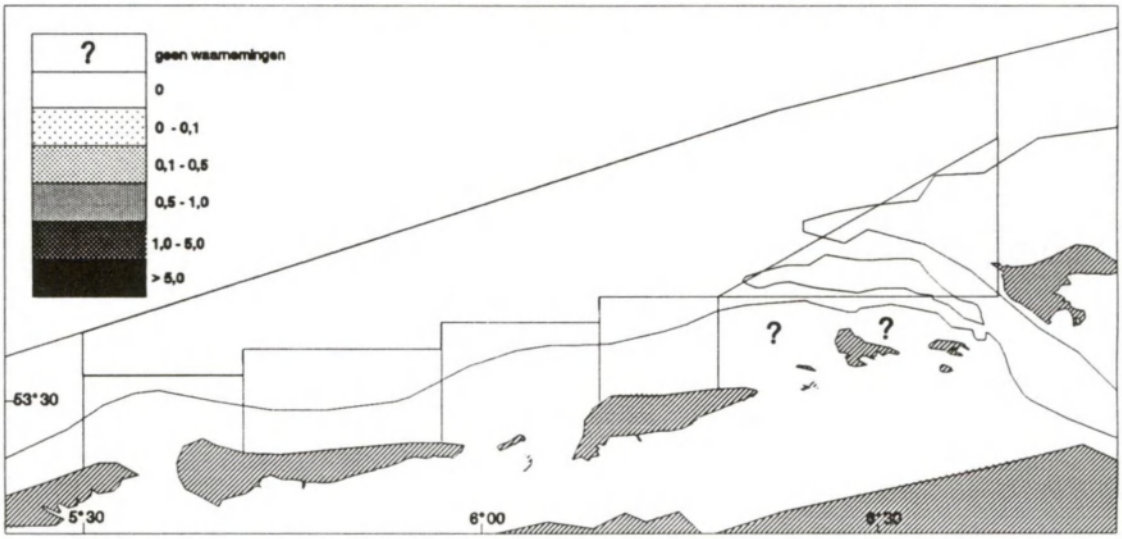


Fig. 7.25c. De verspreiding van de Stormmeeuw in de zomer.

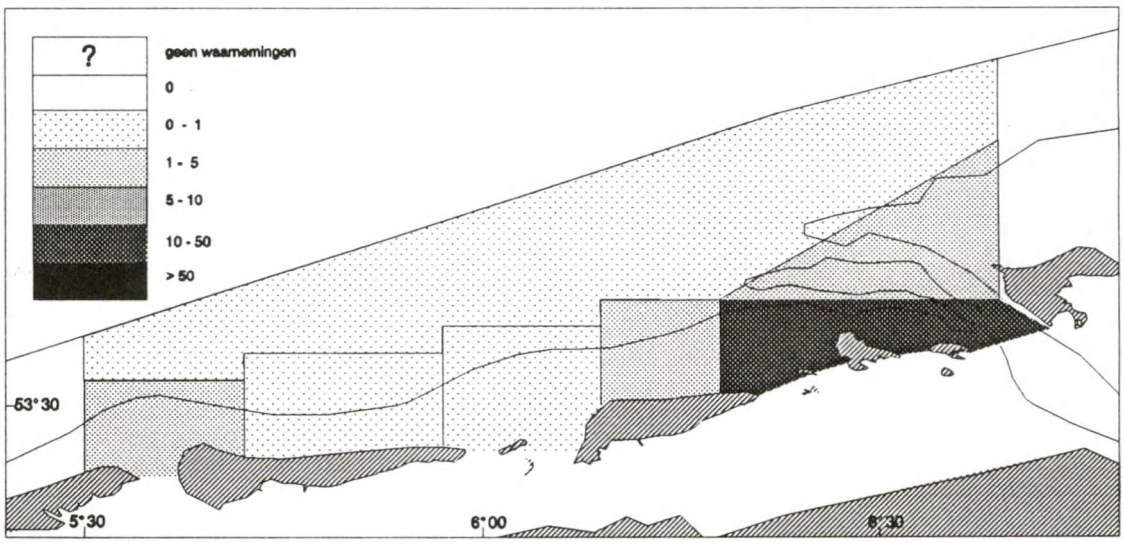


Fig. 7.25d. De verspreiding van de Stormmeeuw in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

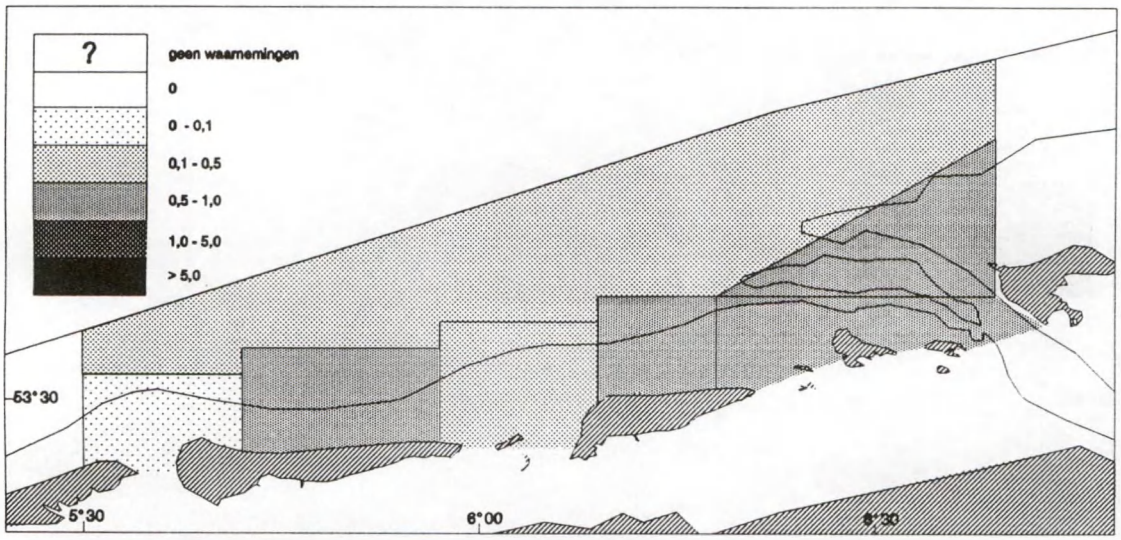


Fig. 7.26a. De verspreiding van de Grote Mantelmeeuw in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

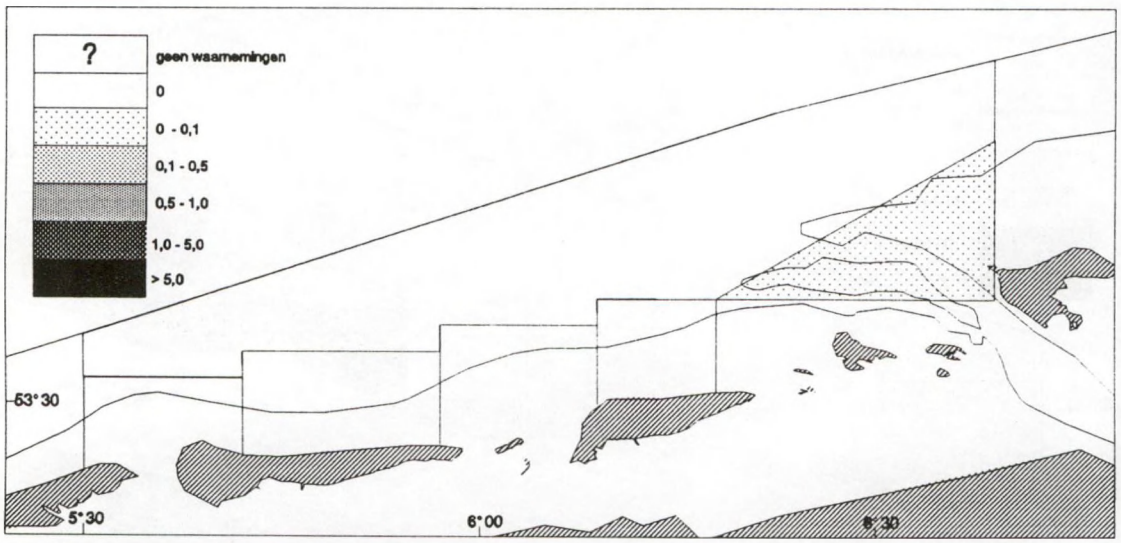


Fig. 7.26b. De verspreiding van de Grote Mantelmeeuw in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

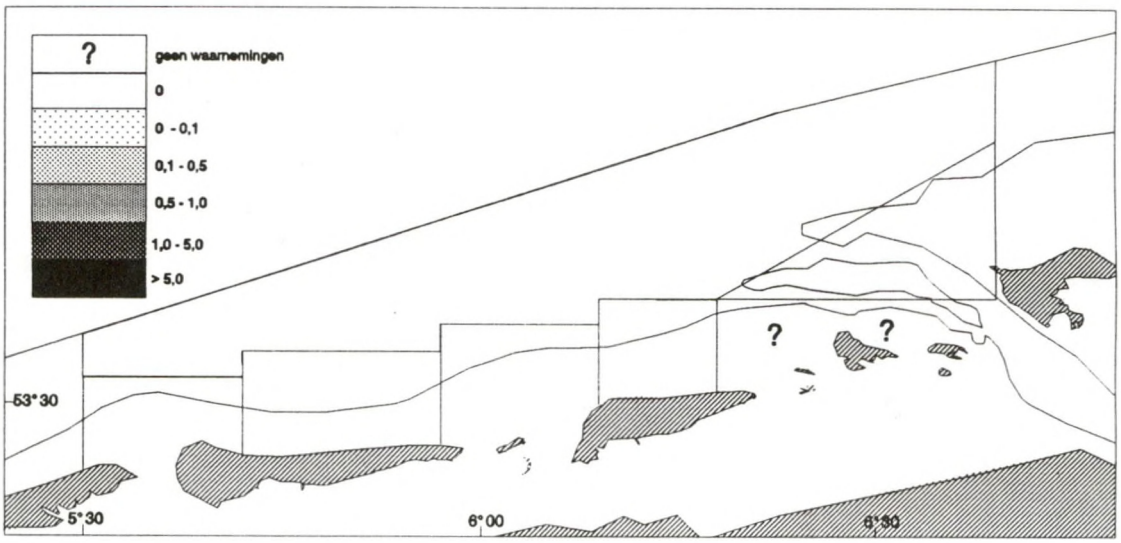


Fig. 7.26c. De verspreiding van de Grote Mantelmeeuw in de zomer.

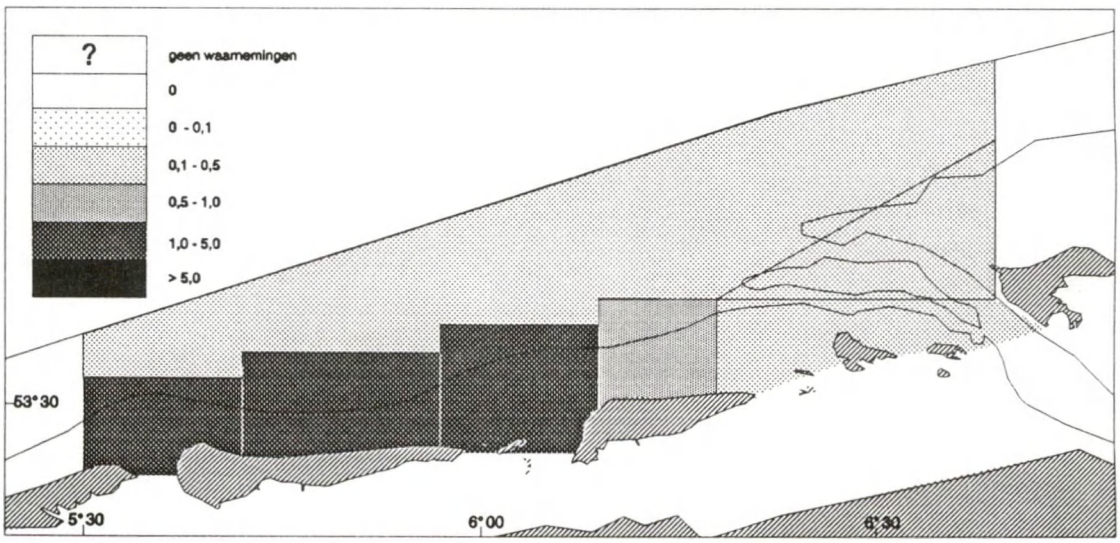


Fig. 7.26d. De verspreiding van de Grote Mantelmeeuw in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

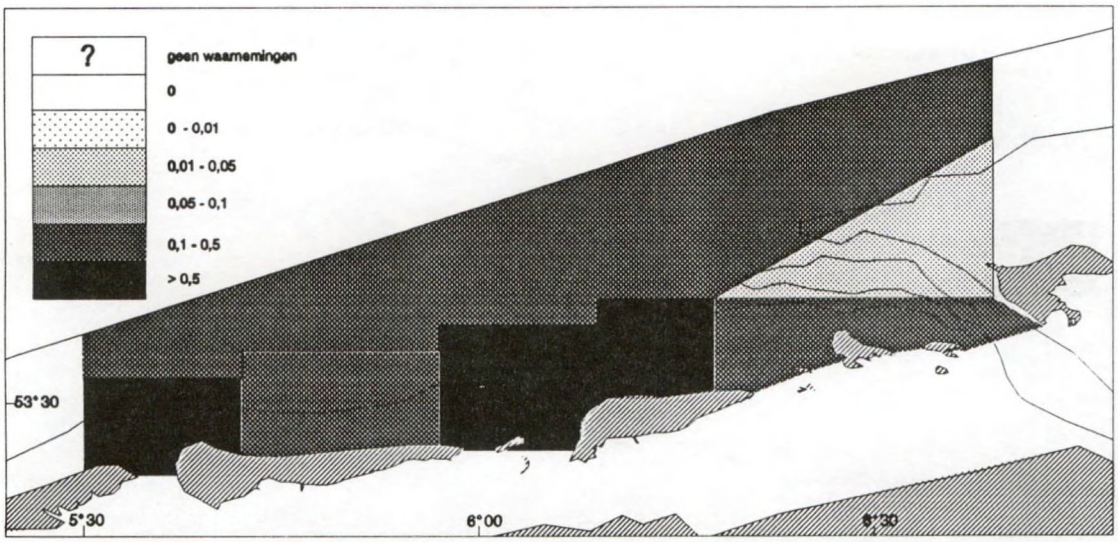


Fig. 7.27a De verspreiding van de Drieteenmeeuw in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

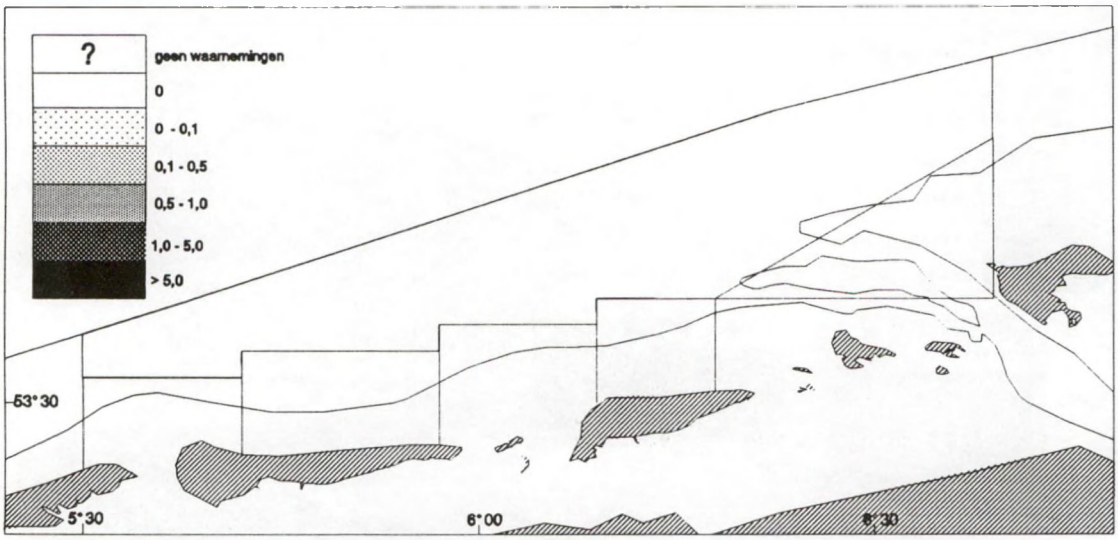


Fig. 7.27b. De verspreiding van de Drieteenmeeuw in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

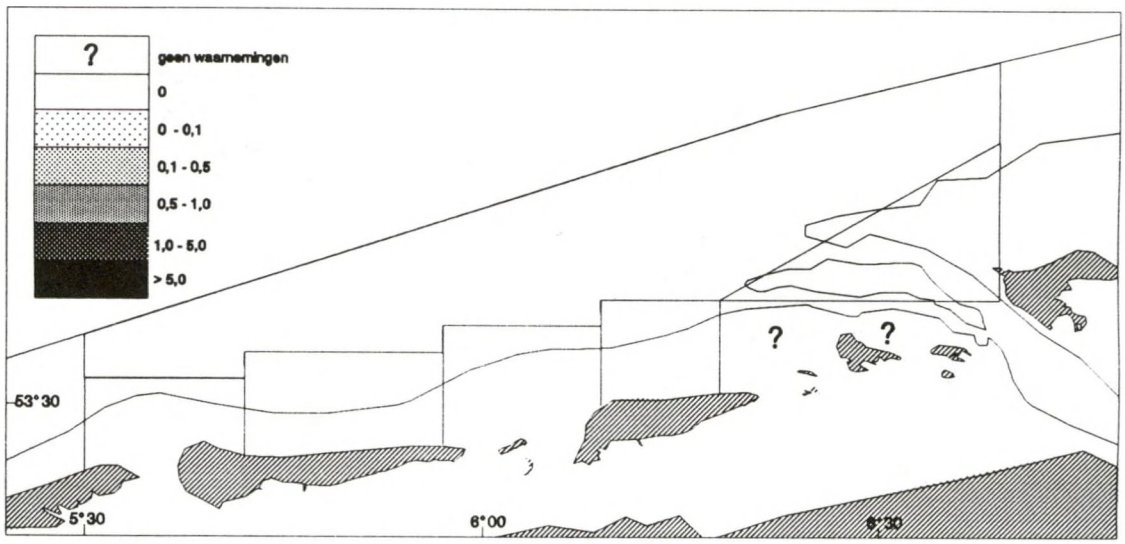


Fig. 7.27c. De verspreiding van de Drieteenmeeuw in de zomer.

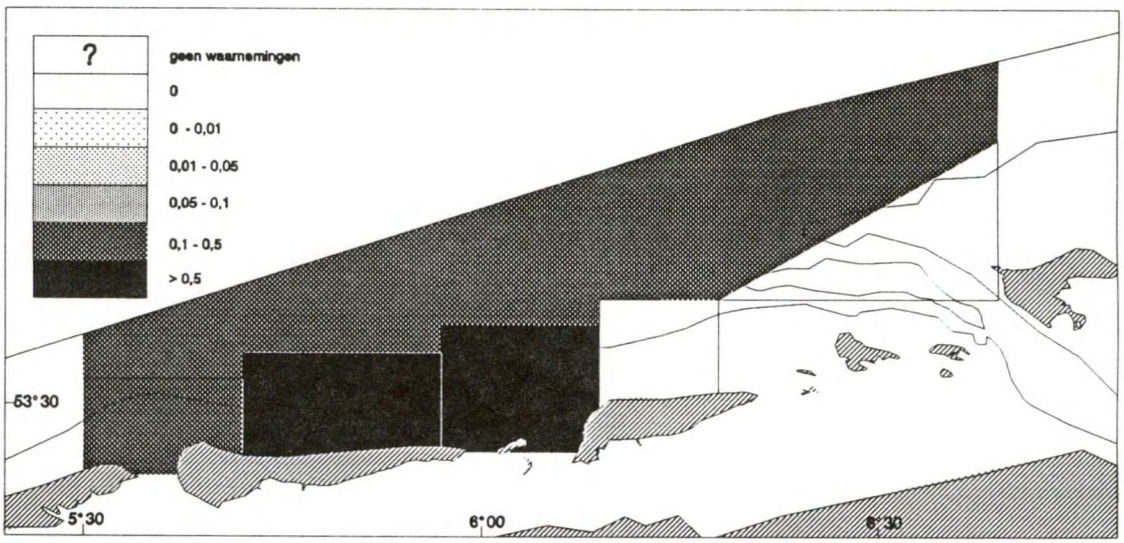


Fig. 7.27d. De verspreiding van de Drieteenmeeuw in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

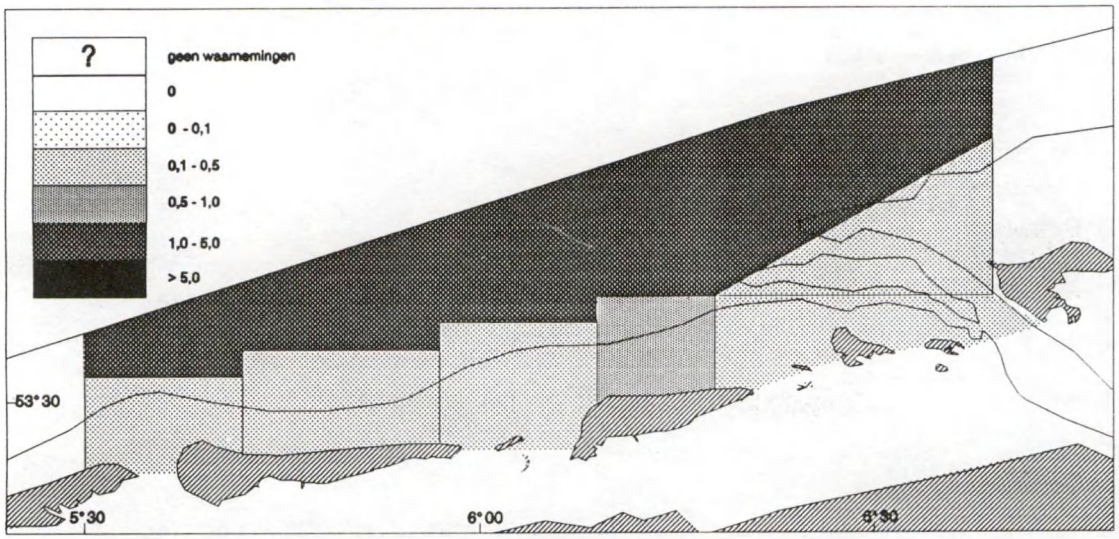


Fig. 7.28a. De verspreiding van alkachtigen in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

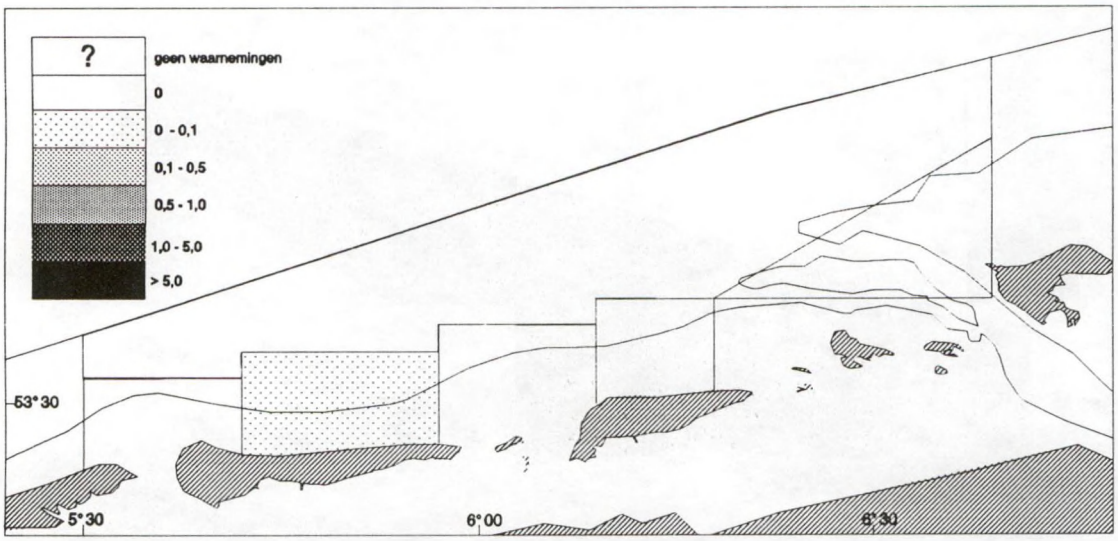
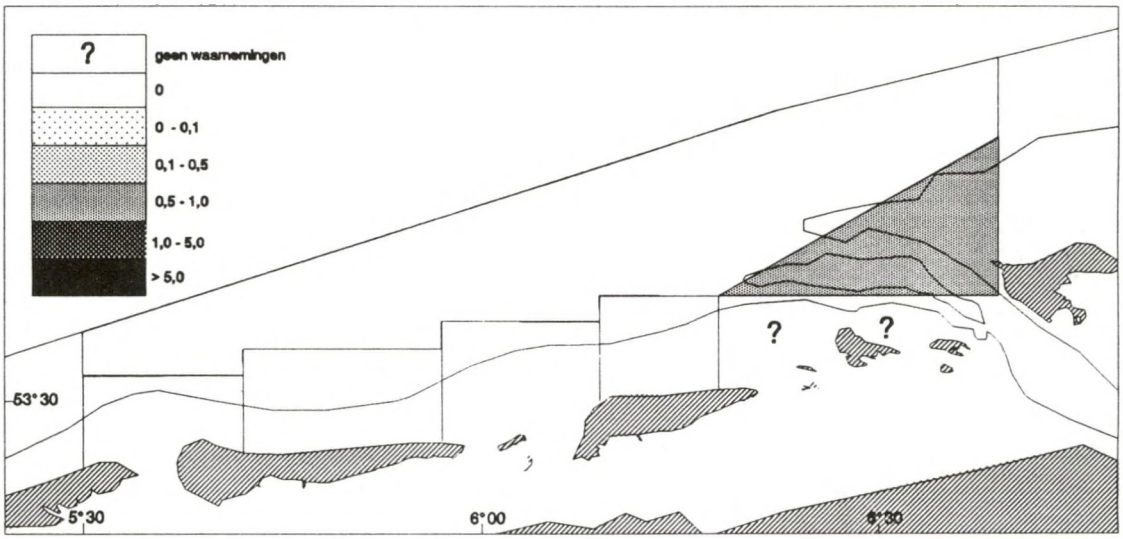


Fig. 7.28b. De verspreiding van alkachtigen in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.



nbFig. 7.28c. De verspreiding van alkachtigen in de zomer. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

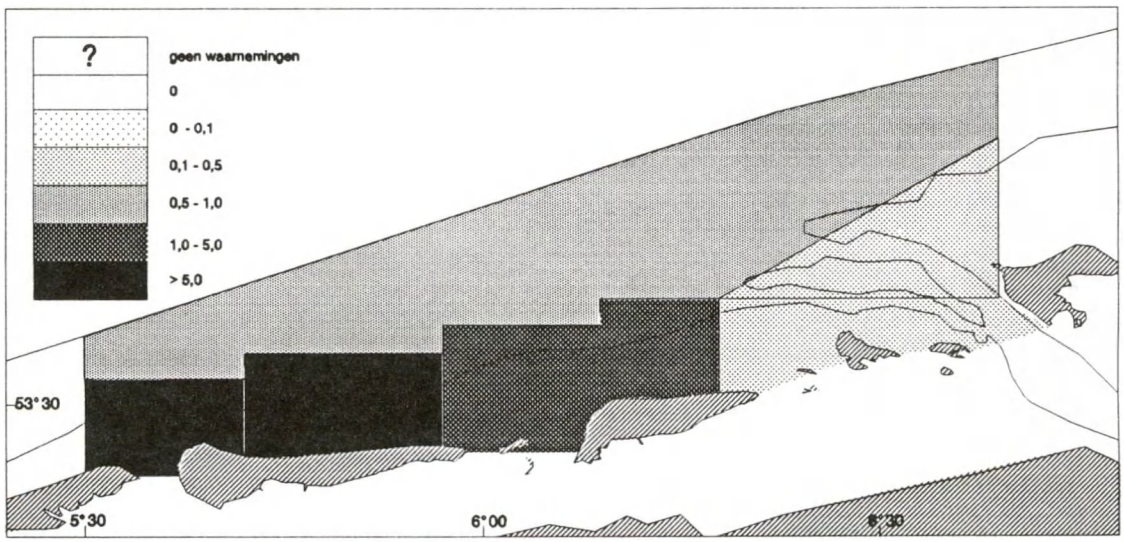


Fig. 7.28d. De verspreiding van alkachtigen in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

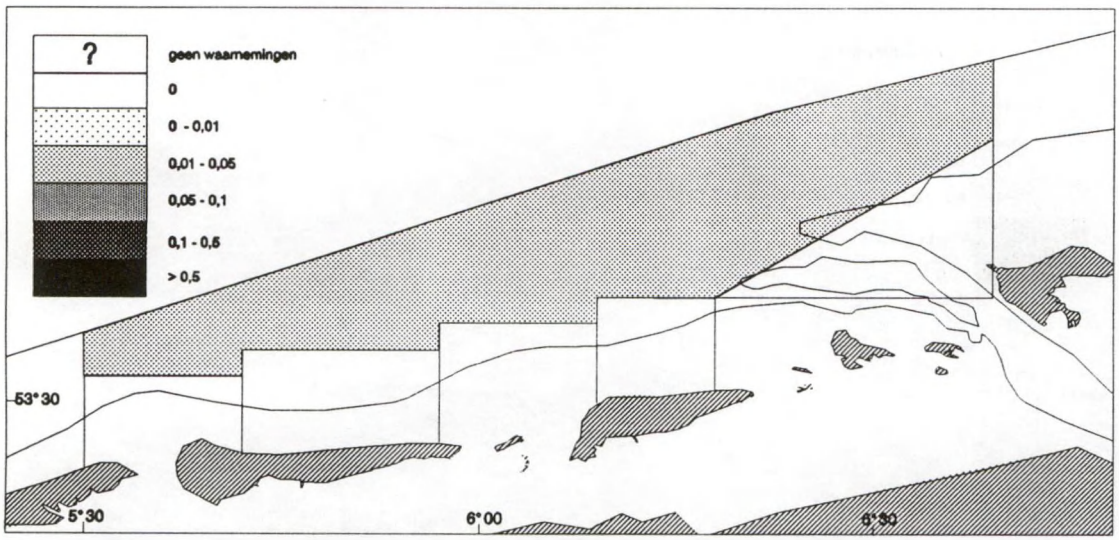


Fig. 7.29a. De verspreiding van de Jan van Gent in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

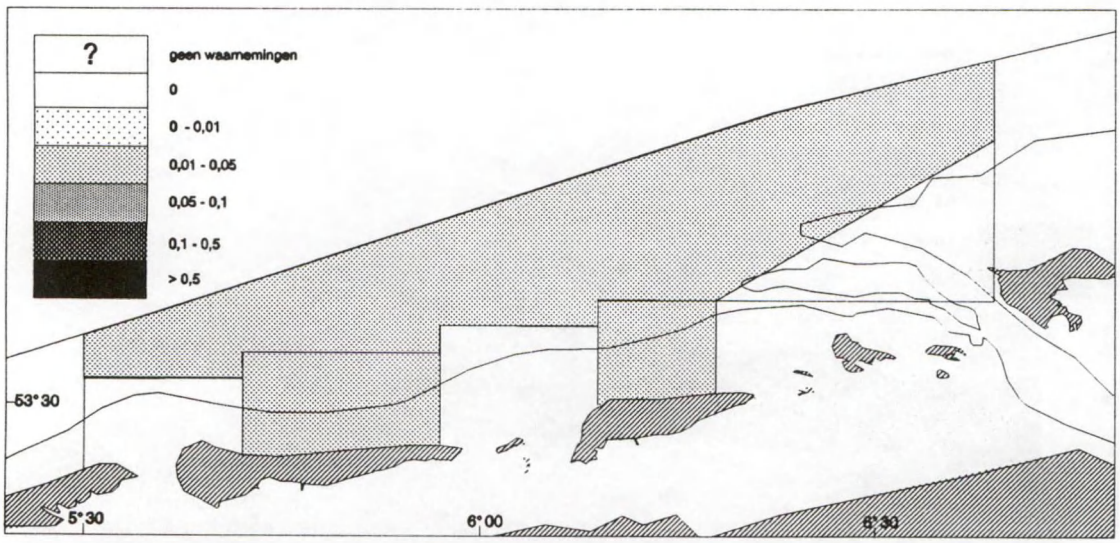


Fig. 7.29b. De verspreiding van de Jan van Gent in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

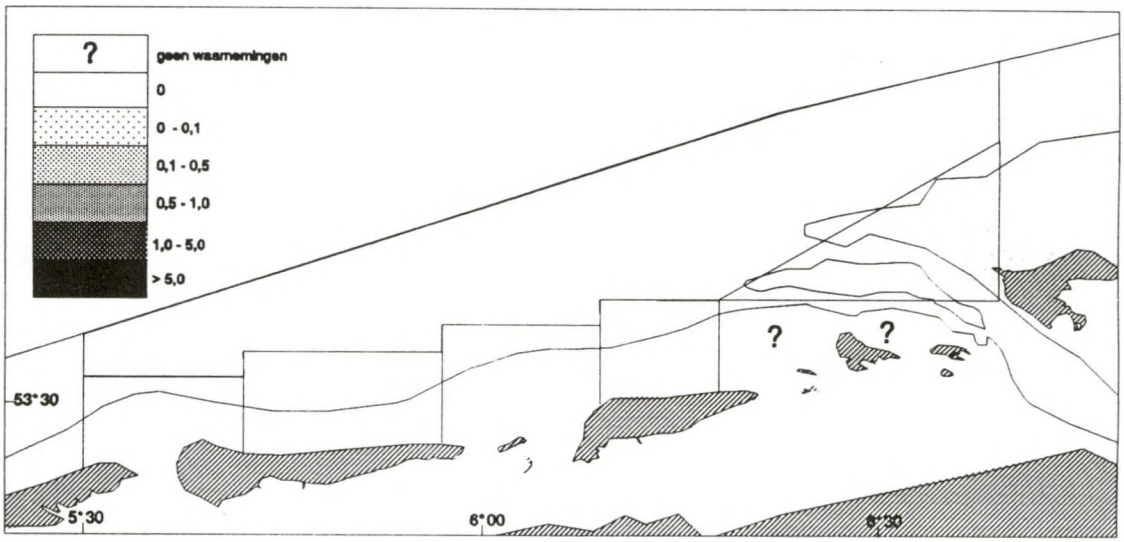


Fig. 7.29c. De verspreiding van de Jan van Gent in de zomer.

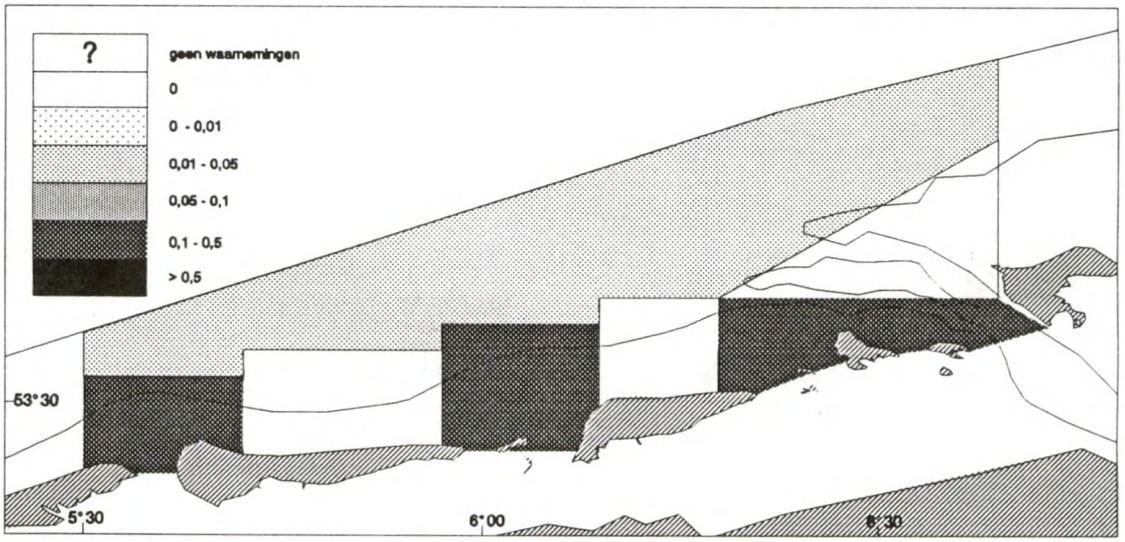


Fig. 7.29d. De verspreiding van de Jan van Gent in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

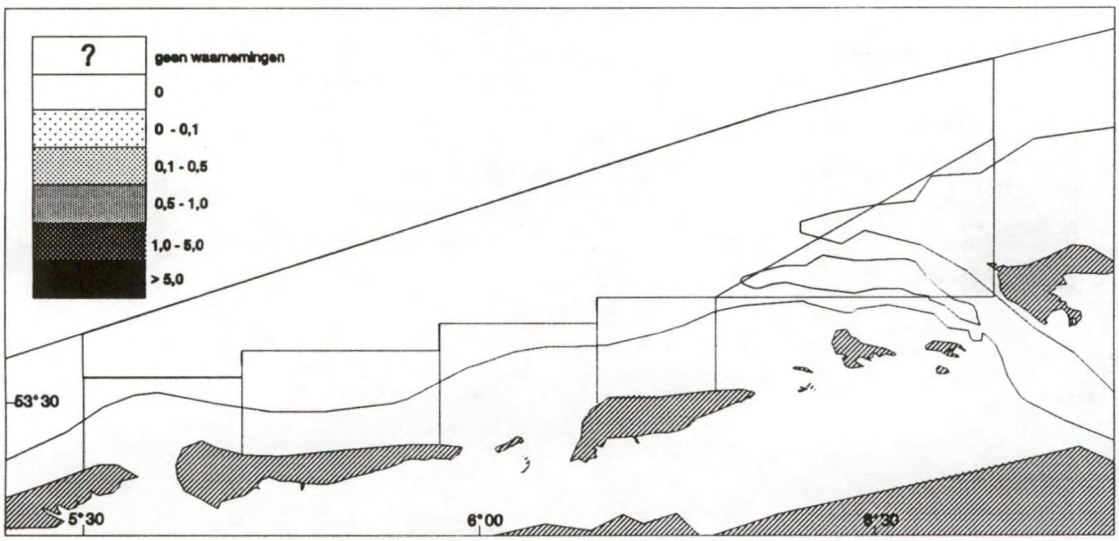


Fig. 7.30a. De verspreiding van de Aalscholver in de winter.

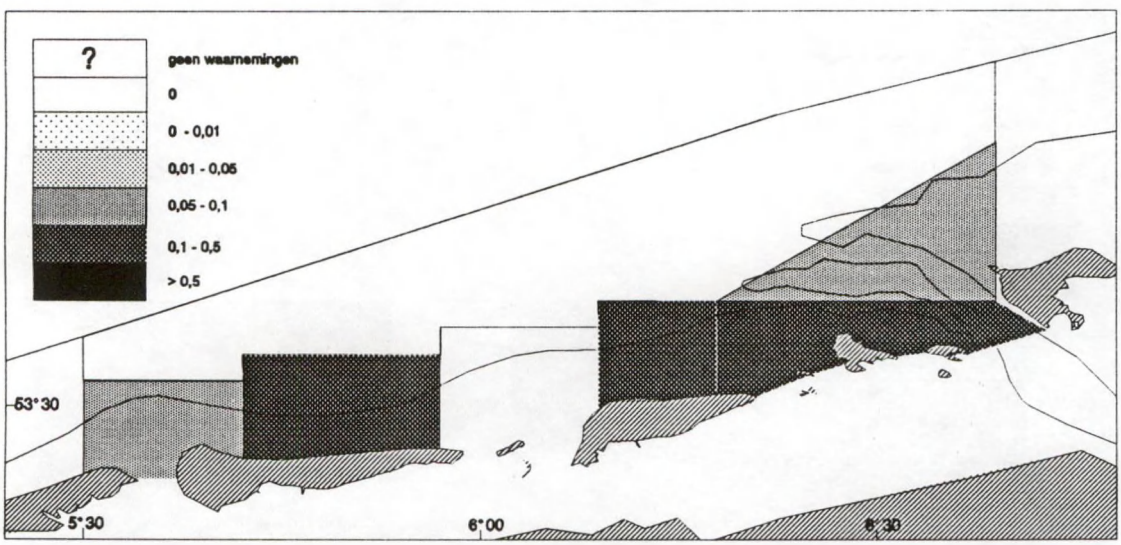


Fig. 7.30b. De verspreiding van de Aalscholver in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

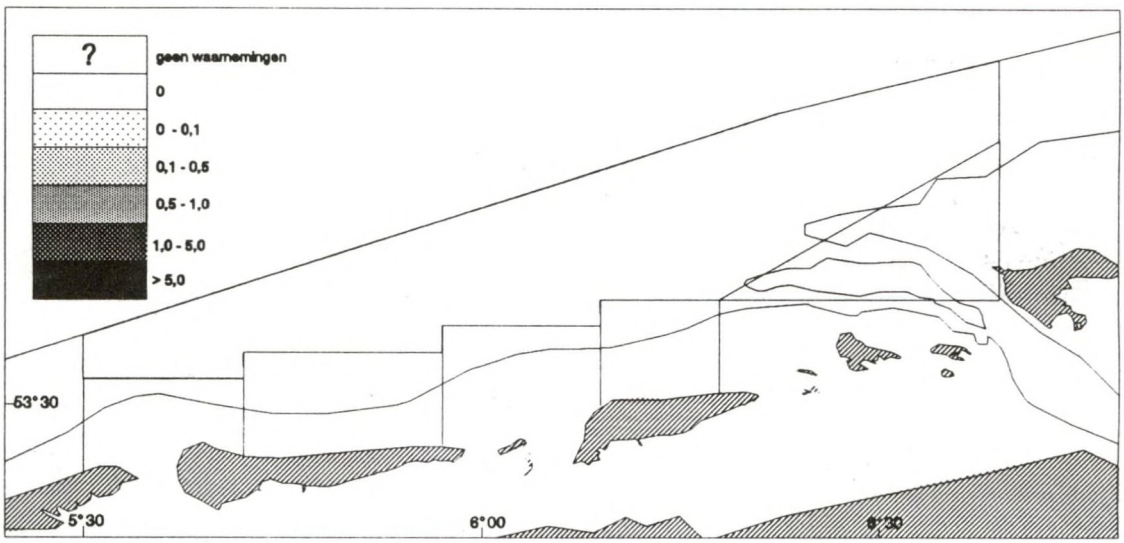


Fig. 7.30c. De verspreiding van de Aalscholver in de zomer.

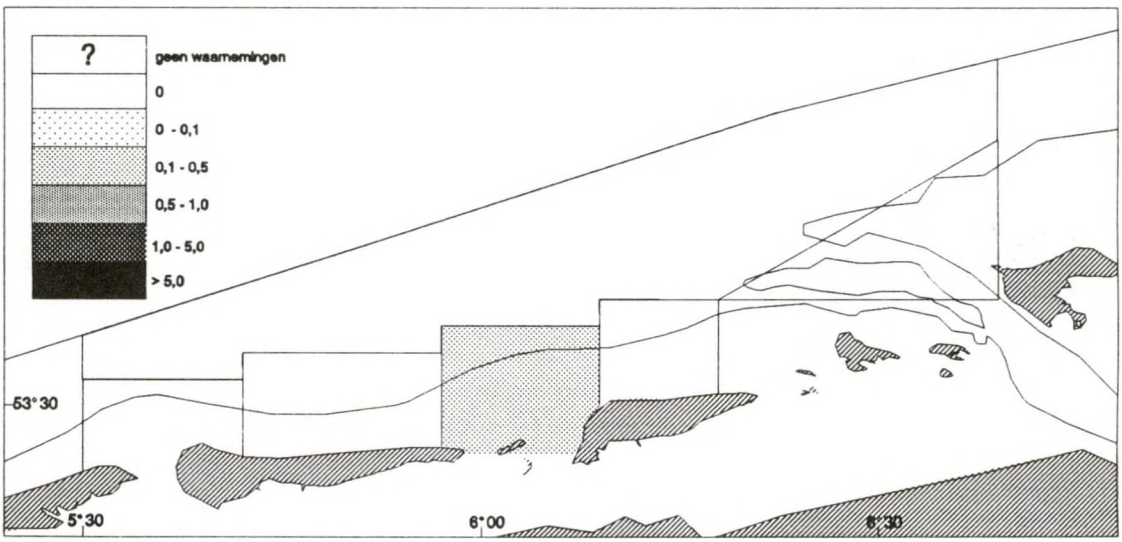


Fig. 7.30d. De verspreiding van de Aalscholver in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

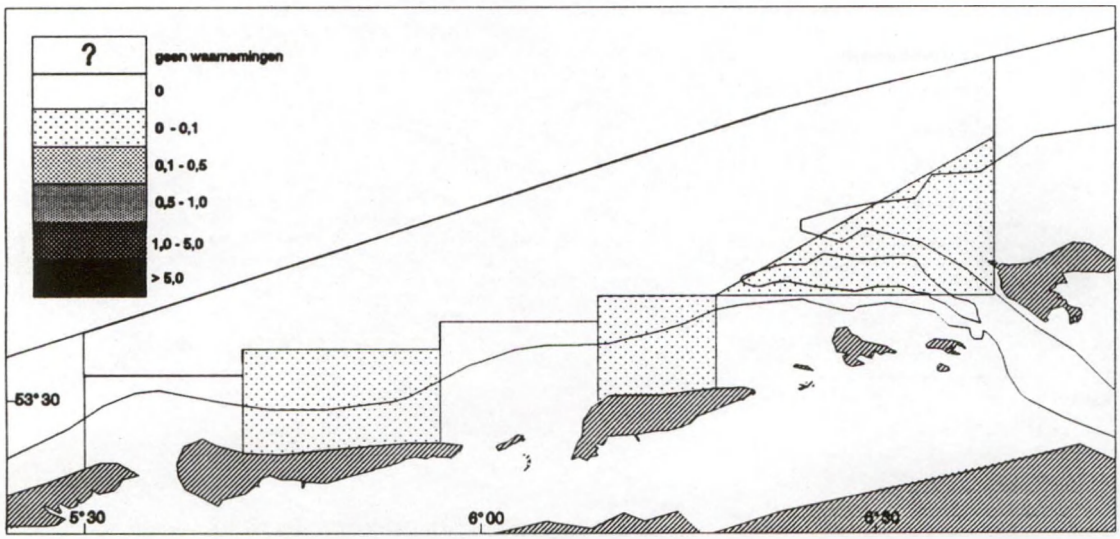


Fig. 7.31a. De verspreiding van de Dwergmeeuw in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

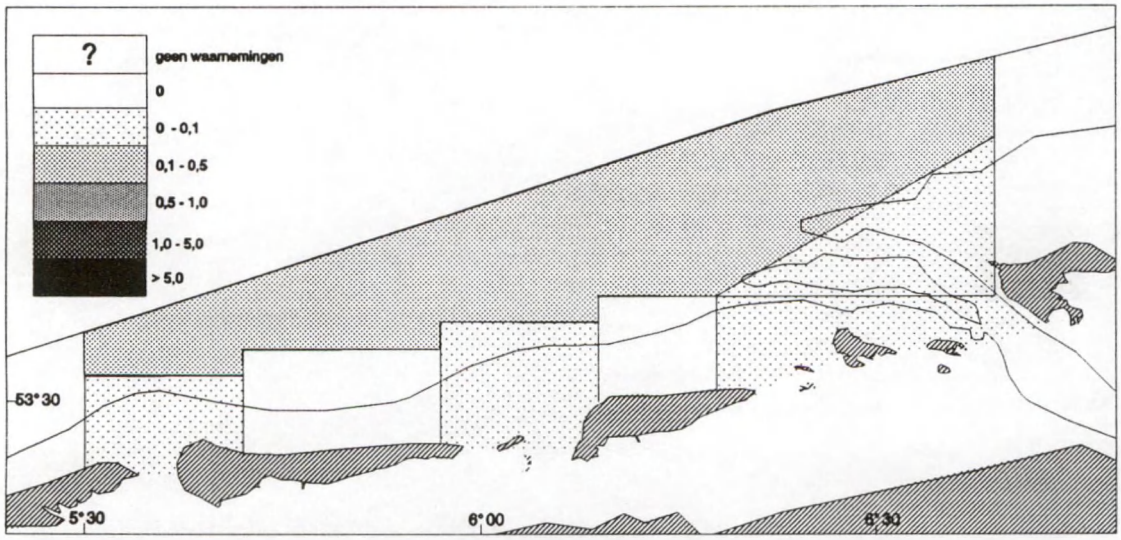


Fig. 7.31b. De verspreiding van de Dwergmeeuw in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

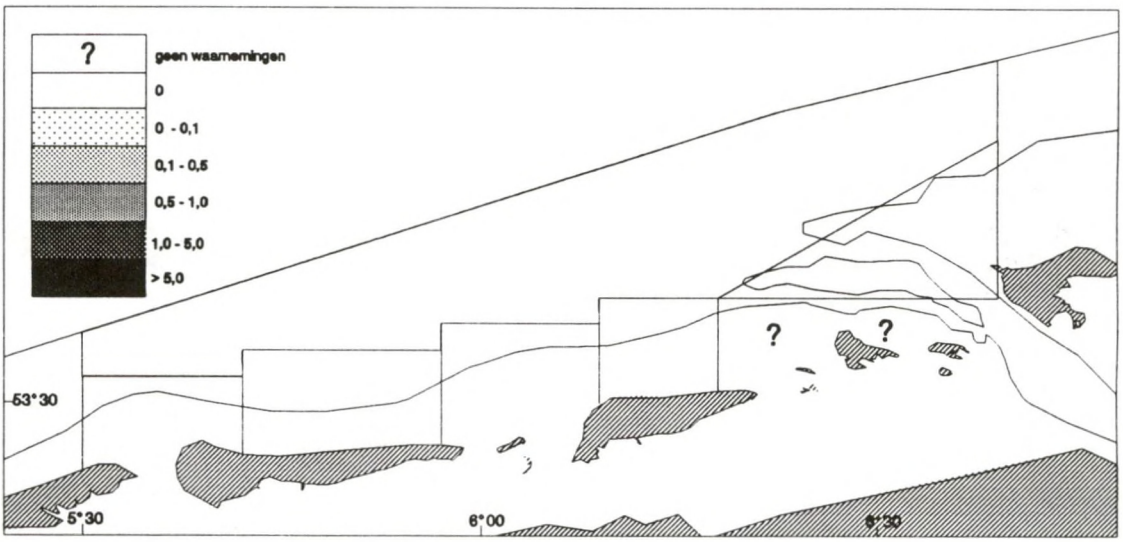


Fig. 7.31c. De verspreiding van de Dwergmeeuw in de zomer.

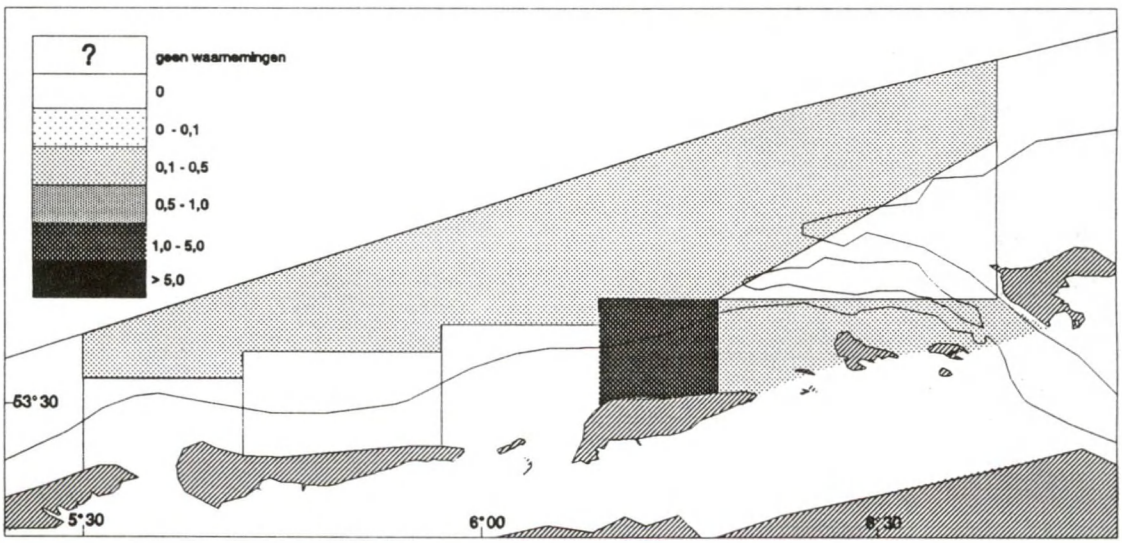


Fig. 7.31d. De verspreiding van de Dwergmeeuw in het najaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

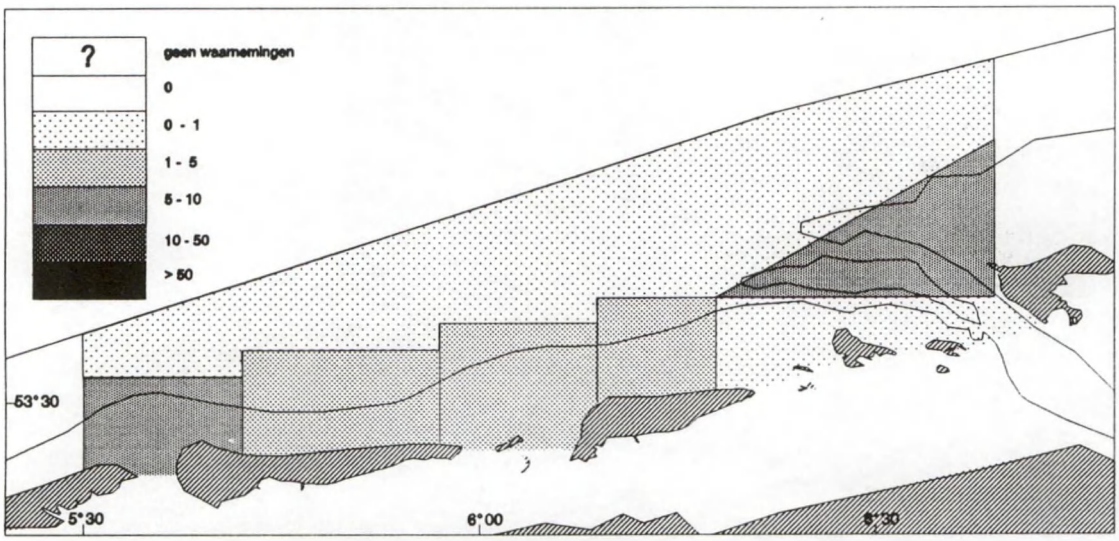


Fig. 7.32a. De verspreiding van de Zilvermeeuw en de Kleine Mantelmeeuw in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

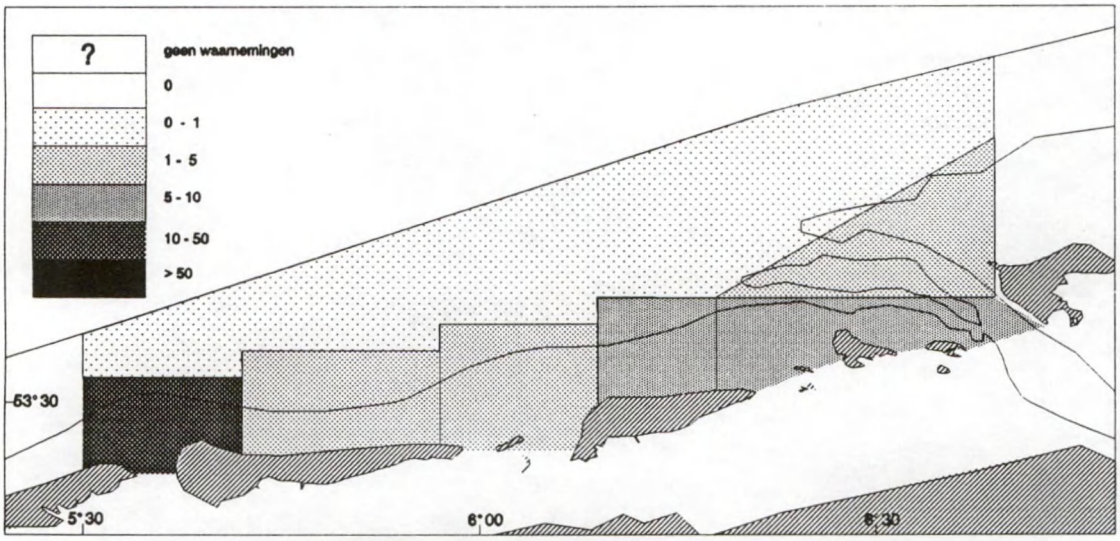


Fig. 7.32b. De verspreiding van de Zilvermeeuw en de Kleine Mantelmeeuw in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

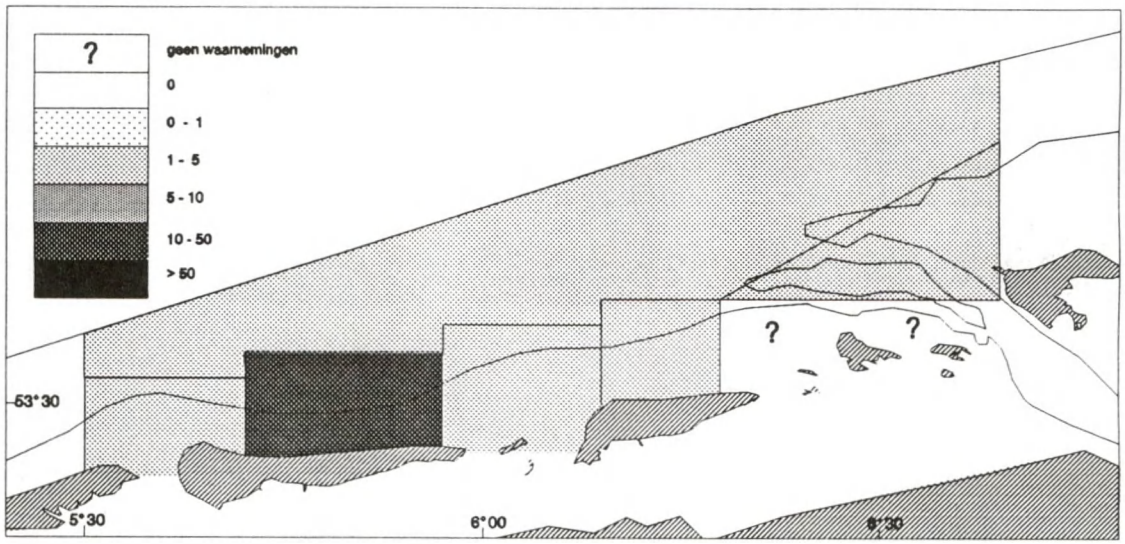


Fig. 7.32c. De verspreiding van de Zilvermeeuw en de Kleine Mantelmeeuw in de zomer. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

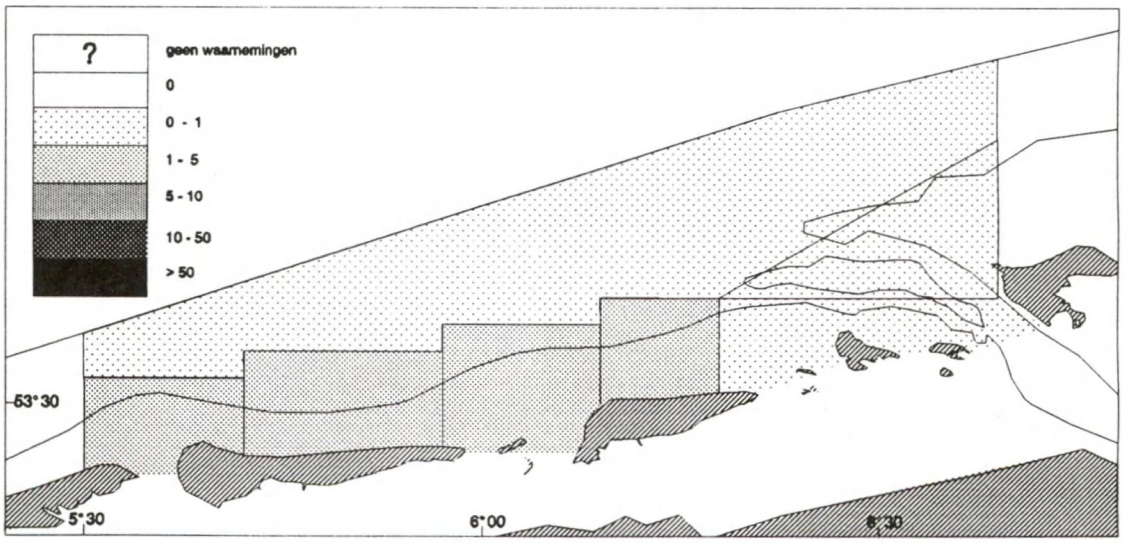


Fig. 7.32d. De verspreiding van de Zilvermeeuw en de Kleine Mantelmeeuw in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

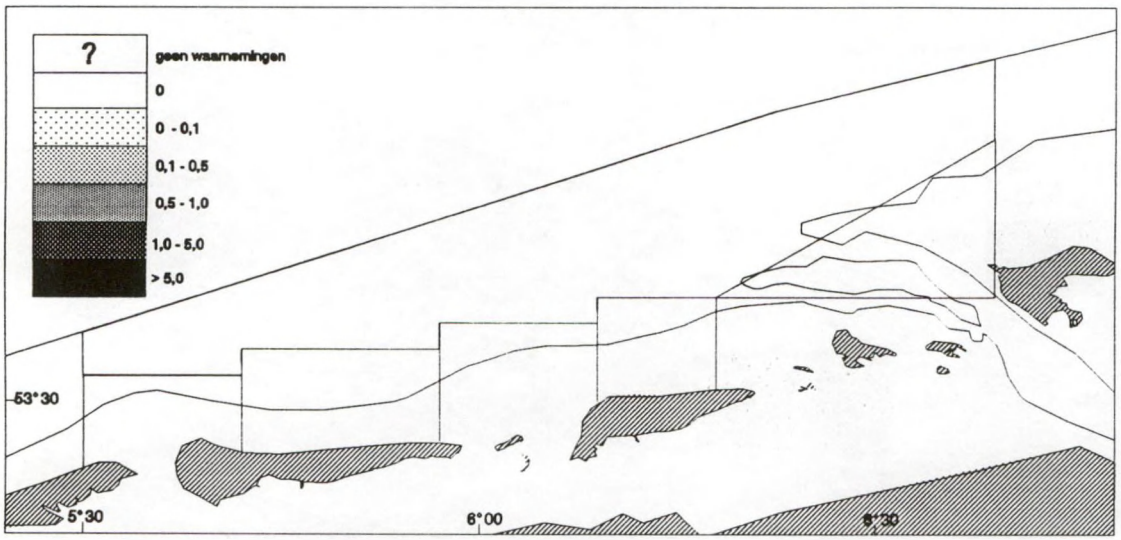


Fig. 7.33a. De verspreiding van de Visdief, Noordse- en Grote Stern in de winter. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

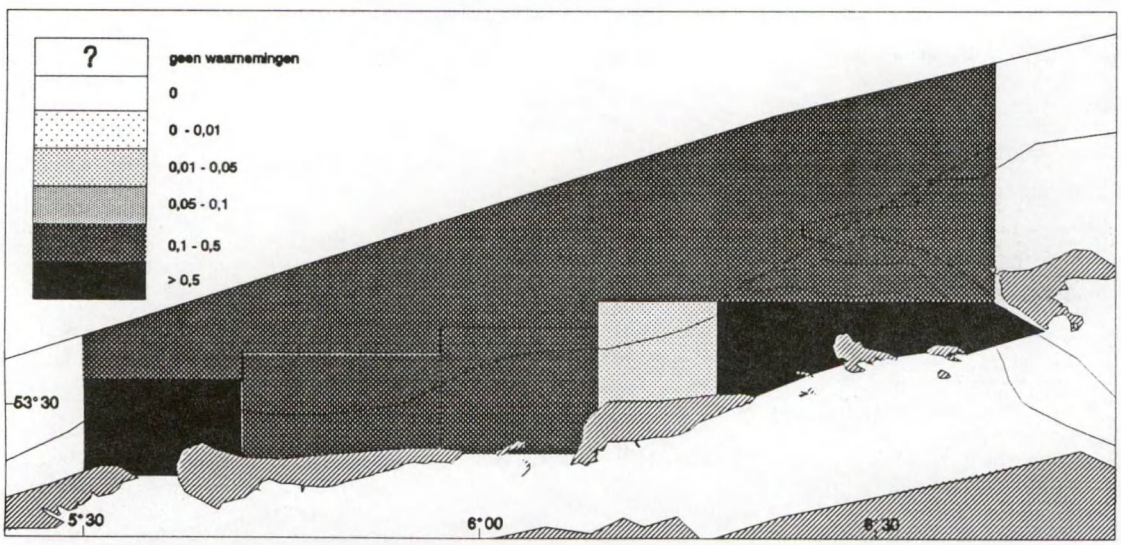


Fig. 7.33b. De verspreiding van de Visdief, Noordse- en Grote Stern in het voorjaar. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

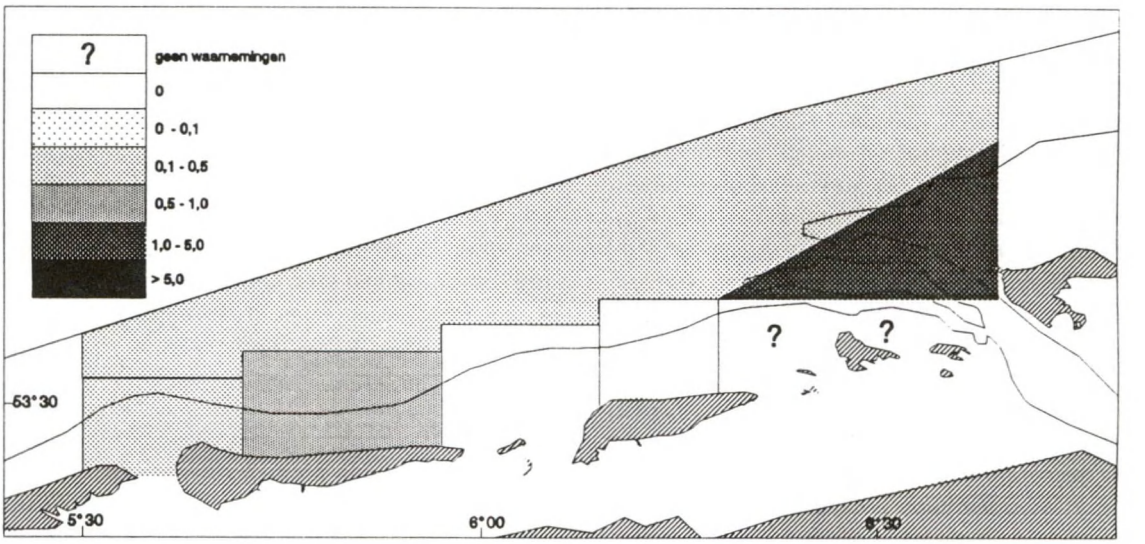


Fig. 7.33c. De verspreiding van de Visdief, Noordse- en Grote Stern in de zomer. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

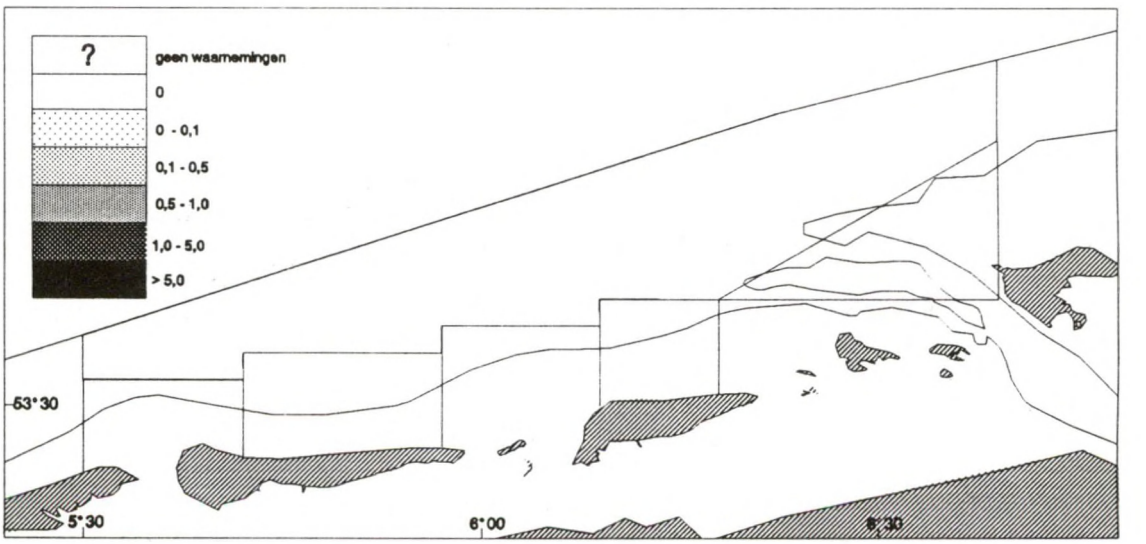


Fig. 7.33d. De verspreiding van de Visdief, Noordse- en Grote Stern in de herfst. De verschillende arceringen geven het gemiddeld aantal vogels per km² weer.

8. ZEEZOOGDIEREN

8.1. ZEEHONDEN

Gewone Zeehond (*Phoca vitulina) en* **Grijze Zeehond** (*Halichoerus grypus)*

Alle zeehonden die tijdens de vogeltellingen zijn waargenomen ten noorden van de eilanden waren Gewone Zeehonden. De waarnemingen, uitgezet op de kaart, zijn gedaan in de winterperiode van november tot en met maart op één waarneming in mei na. Gedurende de wintermaanden verblijven veel zeehonden in de Noordzee, zie staafdiagram Fig. 8.1 en Fig. 8.3, omdat hun prooi, vis, wegtrekt uit de Waddenzee (RIES, 1993). De meeste zeehonden gaan niet verder dan de 20 m dieptelijn (LEOPOLD e.a., 1994). Er zijn tussen 1987 en 1993 geen Grijze Zeehonden in dit gebied gezien tijdens tellingen vanaf schepen, maar Grijze Zeehonden komen wel in dit gebied voor (pers. obs. Postma op Engelsmanplaat en Borkum). Een vergelijking met de verspreidingskaart in de zuidoostelijke Noordzee (zie Fig. 8.5) laat zien dat er een zwaartepunt van de verspreiding ligt bij Rottum.

In de zomer trekken de zeehonden zich terug in de Waddenzee. Direkt grenzend aan het huidige studiegebied liggen belangrijke rust- en foerageergebieden ten zuidoosten van Ameland en tussen Schiermonnikoog en de Eemsmond (REIJNDERS & WOLFF 1982; RIJKSWATERSTAAT, 1989).

8.2. WALVISACHTIGEN

Bruinvis (*Phocoena phocoena)* en **Witsnuitdolfijn** (*Lagenorhynchus albirostris)*

Het voorkomen van de Bruinvis en de Witsnuitdolfijn in het gebied ten noorden van de Waddeneilanden is beschreven in BAPTIST e.a. (1987), BERGMAN & LEOPOLD (1992), en CAMPHUYSEN & LEOPOLD (1993). De Bruinvis was van oudsher vrij algemeen in de Nederlandse wateren, zij het dat zich sinds de tweede wereldoorlog een sterke afname heeft voorgedaan. In de jaren 1970-1985 was de soort zeer schaars, tegenwoordig zijn ze weer meer algemeen in de kustzone. In tegenstelling tot de vijftiger jaren, toen Bruinvissen vooral in de zomer gezien werden, zijn er nu vooral winterwaarnemingen. In de zuidelijke Noordzee vindt 95% van de waarnemingen in de winter plaats. In de zomer verblijven de dieren vermoedelijk bij de Engelse kust, om er te profiteren van de haring die zich daar concentreert om te paaien (CAMPHUYSEN & LEOPOLD, 1993).

Kwantitatief tellen van Bruinvissen is alleen mogelijk bij zeer goed weer (kalme zee en wind ≤ 1 Bf). Een betrouwbare aantalsschatting is daardoor uitgesloten (te weinig geschikte waarnemingen blijven over). Het aantal Bruinvissen in de zuidelijke Noordzee wordt voorzichtig geschat op 20.000 exemplaren, de Nederlandse winterpopulatie op ongeveer 750 exemplaren (CAMPHUYSEN & LEOPOLD, 1993). De helft van de waarnemingen (n=22) in het studiegebied vond plaats in de winter, 40% in de lente en 10% in de herfst. Sinds de eerste systematische telling in dit gebied in 1987 is het aantal waarnemingen per eenheid vaartijd toegenomen, (zie Fig. 8.2 en 8.4).

De enige andere walvisachtige die in aantallen van belang in het gebied direct ten noorden van de Waddeneilanden zou kunnen voorkomen is de Witsnuitdolfijn. Dit valt af te leiden uit strandingen van levende exemplaren of verse kadavers op de Waddenkusten. Witsnuitdolfijnen blijven in de regel verder uit de kust, hoewel ze ook dicht onder de kust kunnen foerageren, zoals blijkt uit de verse vis in de magen van dode gestrande exemplaren (SMEENK & ADDINK, 1990). Vanaf schepen zijn in dit gebied echter geen Witsnuitdolfijnen waargenomen.

8.3. VERSTORING

Een kustzonebewoner als de Bruinvis staat gemakkelijker bloot aan vervuiling in de kustzone (TEN HALLERS TJABBES, 1988; SMEENK, 1988) dan een meer pelagische soort als de Witsnuitdolfijn, die met name in de de centrale en noordelijke Noordzee voorkomt. Door een verschillend gedragspatroon verschillen de soorten ook in gevoeligheid voor verstoring. Uit eigen waarnemingen blijken Bruinvissen in de regel weg te vluchten voor een naderend schip, terwijl Witsnuitdolfijnen juist door schepen worden aangetrokken.

De belangrijkste verstoringsbron voor zeezoogdieren is geluid. Geluid kan onder water verstorend werken doordat geluid onder water vèr draagt en met name de walvisachtigen gevoelig zijn voor geluidsoverlast (TEN HALLERS TJABBES, 1988; ANON, 1990b). Een sterke geluidsbron kan hierdoor de onderlinge communicatie en de moeder-jong band negatief beïnvloeden. In het databestand zijn geen

zomerwaarnemingen van Bruinvissen met kalfjes aanwezig. Op de kaart met Bruinviswaarnemingen is te zien dat Bruinvissen de drukke scheepvaartroute naar de Eems vermijden. Dit is een aanwijzing dat deze soort gebieden met veel verstoring mijden. Ten aanzien van de zeehonden zijn minder geluidseffecten van activiteiten in de Noordzee te verwachten. Gewone Zeehonden werpen hun jongen in de zomermaanden en komen dan niet buiten de Waddenzee. In de winter lijken de zeehonden op de Noordzee eerder belangstelling voor, dan afkeer van schepen te hebben. Beïnvloeding van zeehonden is derhalve te minimaliseren door verstorende aktiviteiten in zooggebieden tijdens de zoogperiode sterk te beperken.

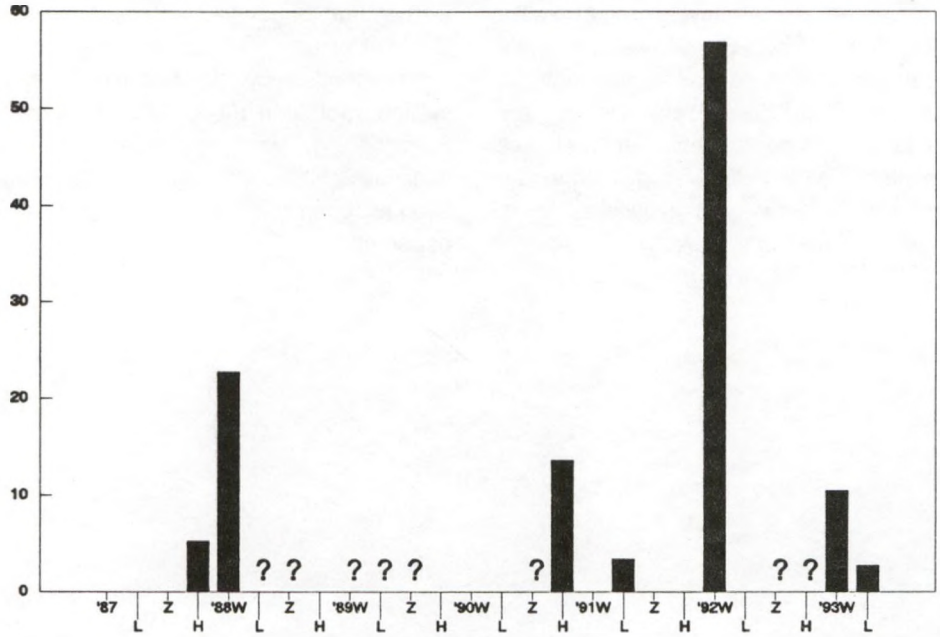


Fig. 8.1. Aantallen Gewone Zeehonden per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

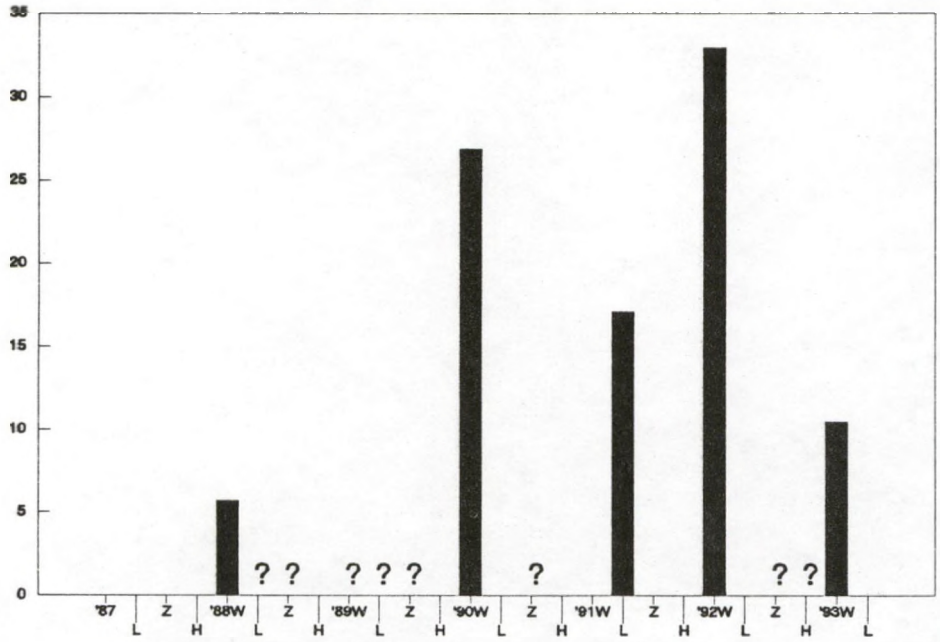


Fig. 8.2. Aantallen Bruinvissen per 1000 km waarnemingsinspanning per seizoen.

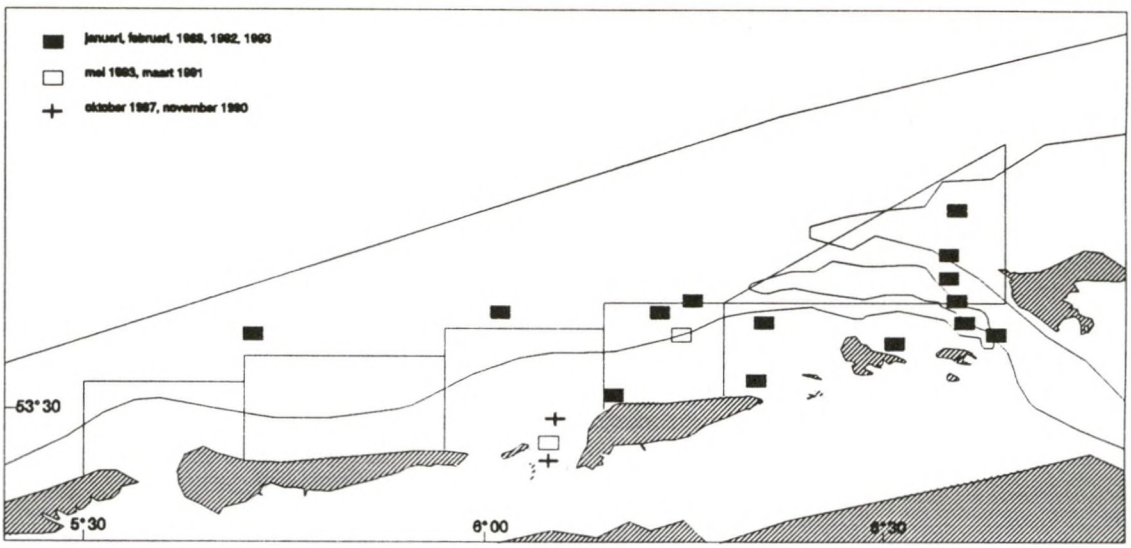


Fig. 8.3. De verspreiding van de Gewone Zeehond in het studiegebied.

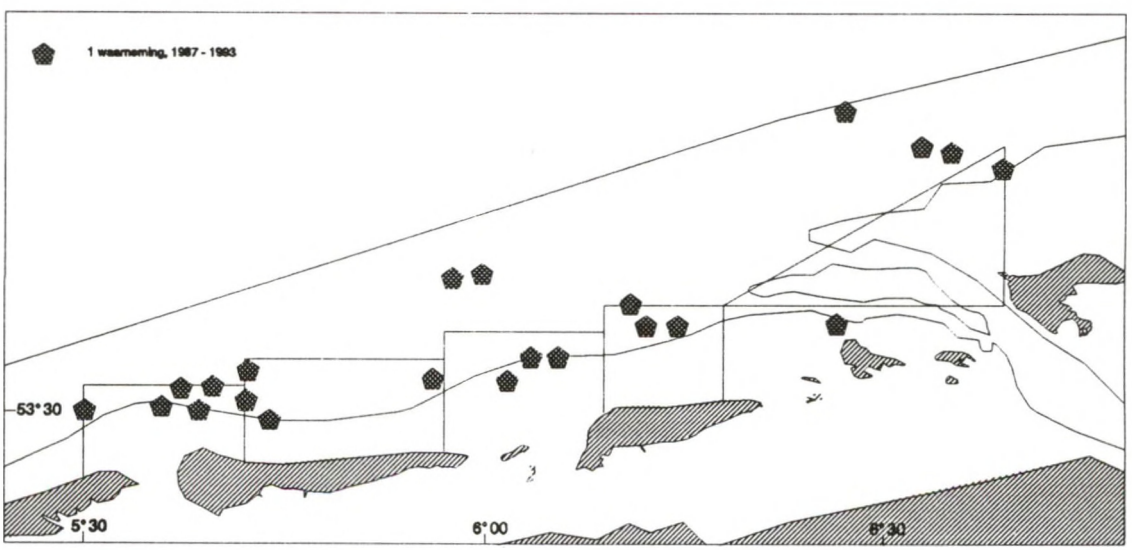


Fig. 8.4. De verspreiding van de Bruinvis in het studiegebied.

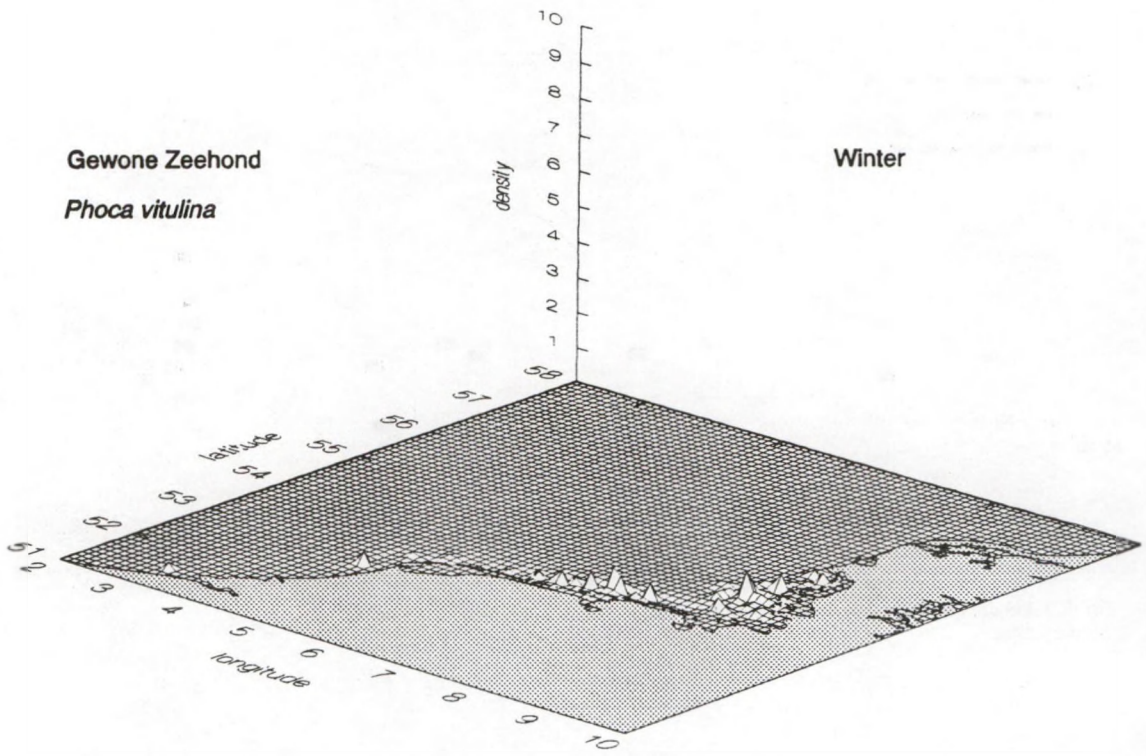


Fig. 8.5. Het voorkomen van de Gewone Zeehond in de oostelijke Noordzee in de winter

LITERATUUR

ADMIRAAL, W. & L.A.H. VENEKAMP, 1986. Significance of tintinnid grazing during blooms of *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae) in Dutch coastal waters. Neth. J. Sea Res. **20**: 61-66.

ALPHEN, J.S.L.J. VAN & M.A. DAMOISEAUX, 1987. A morphological map of the Dutch shoreface and adjacent part of the continental shelf. Nota NZ-N-87.21/MDLK-R-87.18: 22 pp.

ANONYMUS, 1985a. Waterkwaliteitsplan Noordzee, achtergrondsdocument 2A; Rijkswaterstaat en Waterloopkundig Laboratorium, Rijswijk/Delft.

ANONYMUS, 1985b. Waterkwaliteitsplan Noordzee, achtergrondsocument 2B; Rijkswaterstaat en Waterloopkundig Laboratorium, Rijswijk/Delft.

ANONYMUS, 1990. Ecologische ontwikkelingsrichtingen zoute wateren. Basisrapport derde Nota waterhuishouding. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS/DGW Notanr. GWWS-90-009: 288 pp.

ANONYMUS, 1990b. Seismisch onderzoek en zeezoogdieren Nederlands Continentaal Plat (NCP). NAM rapport no: 18.767.

BAARS, M.A. & H.G. FRANSZ, 1984. Grazing pressure of copepods on the phytoplankton stock of the central North Sea. Neth. J. Sea Res. **18**: 120-142.

BAARS, M.A., G.W. KRAAY & S.S. OOSTERHUIS, 1991. Het fytoplankton op het Friese Front. In: GEE, A. DE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER. De ecologie van het Friese Front, NIOZ-Rapport 1991-2: 21-32.

BACKHAUS, J.O., 1989. The North Sea and the climate. Dana **8**: 69-82.

BAIRD, P. & HERRON, 1990. Concentrations of seabirds at oil-drilling rigs. The Condor **92**: 768-771.

BAPIST, H.J.M. & P.A. WOLF, 1993. Atlas van de vogels van het Nederlands Continentaal Plat. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat Generaal Rijkswaterstaat. Rapport DGW-93.013.

BAPTIST, H.J.M. 1987. Waarnemingen van zeezoogdieren in de Nederlandse sector van de Noordzee. Lutra **30**: 93-104.

BENNEKOM, A.J., W.W.C. GIESKES & S.B. TIJSSEN, 1975. Eutrophication of Dutch coastal waters. Proc. R. Soc. B. **189**: 359-374.

BERG,J. VAN DEN, 1993. Het dieet van de Aalscholvers in de kolonie op "de Hond". Afstudeerverslag NIOZ.

BERGMAN, M.J.N., 1989. In: Ecologisch profiel vissen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS/DGW, Den Haag.

BERGMAN, M.J.N. & M.F. LEOPOLD, 1992. De ecologie van de kustzone van Vlieland en Terschelling. NIOZ Rapport 1992-2: 51 pp.

BEUKEMA, J., 1974. Seasonal changes in the biomass of the macrobenthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. **8**: 94-107.

BILLEN, G., C. JOIRIS, L. MEYER-REIL & H. LINDEBOOM, 1990. Role of bacteria in the North sea ecosystem. Neth. J. Sea Res. **26**: 265-293.

BLACKFORD, J.C. & P.J. RADFORD, 1994. A structure and methodology for marine ecosystem modelling. Neth. J. Sea Res., in press.

BODDEKE, R., 1989. Beschrijving van de populaties van de garnaal (*Crangon crangon* L.) langs de Nederlandse kust en in de estuaria. In: Ecologisch profiel vissen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS/DGW, Den Haag: 23 pp.

BOEDE, 1985. Biological Research Ems-Dollard Estuary by a survey of the ecosystem research during 1973 and 1982. RWS communications no. **40**: 182 pp.

BOER, T.E. DEN, F. ARTS, R.B. BEIJERSBERGEN & P.L. MEININGER, 1993. Aktieplan Dwergstern. Actie Rapport Vogelbescherming Nederland 8.

BRAAKSMA, S., 1964. Het voorkomen van de Stormmeeuw (*Larus canus* L.). Limosa **37**: 58-95.

BRENNINKMEIJER, A. & E.W.M. STIENEN, 1992. Ecologisch profiel van de Grote Stern (*Sterna sandvicensis*). Rin-rapport 92/17.

BROCKMANN, U.H., R.W.P.M. LAANE & H. POSTMA, 1990. Cycling of nutrients in the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26**: 239-264.

CADÉE, G.C., 1990. Planten in zee. In: P. de Wolf. De Noordzee. Uitgeverij Terra, Zutphen: 83-92.

CAMPHUYSEN, C.J., 1989. Beached bird surveys in the Netherlands, 1915-1988. Tecn. Report Vogelbescherming 1.

CAMPHUYSEN, C.J., 1990. Fish stocks, fisheries and seabirds in the North Sea. Techn. Rapport Vogelbescherming nr. 5, Vogelbescherming, Zeist.

CAMPHUYSEN,C.J., 1993. Scavenging seabirds behind fishing vessels in the northeast atlantic, with emphasis on the southern north sea. NIOZ-rapport-1993-1, BEON-rapport 20.

CAMPHUYSEN, C.J. & J. VAN DIJK, 1983.. Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust, 1974-79. Limosa **56**: 81-230.

CAMPHUYSEN, C.J. & P.J.T. DERKS, 1989. Voorkomen en sterfte van de Fuut *Podiceps cristatus* (L) voor de Nederlandse kust 1974-86. Limosa **62**: 57-62.

CAMPHUYSEN, C.J. & M.F. LEOPOLD, 1993. The Harbour Porpoise in the Southern Northsea, particularly the Dutch sector. Lutra **36**: 1-24.

CAMPHUYSEN, C.J., K. ENSOR, R.W. FURNESS, S. GARTHE, O. HÜPPOP, G. LEAPER, H. OFFRINGA & M.L. TASKER, 1993. Seabirds feeding on discards in winter in the Northsea. Final report to the European Commission. study contr. 92/3505, NIOZ-rapport 1993-8.

CARTER, I.C., J.M. WILLIAMS, A. WEBB & M.L. TASKER, 1993. seabird concentrations in the North Sea: An atlas of vulnerability to surface pollutants. Offshore Animals Branch, Joint Nature Conservation Committee.

COLE, J.J., S. FINDLAY, M.L. PACE, 1988. Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview. Mar. Ecol. Prog. Ser. **43:** 1-10.

CORTEN, A., 1986. On the causes of the recruitment failure of herring in the central and northern North Sea in the years 1972-1978. J. Cons. int. Explor. Mer. **42:** 281-294.

CORTEN, A., 1990. Long term trends in pelagic fish stocks of the North Sea and adjacent waters and their possible connection to hydrographic changes. Neth. J. Sea Res. **25**: 227-235.

CRAMP, S, 1985. The Birds of the Western Palearctic, 4. Oxford Univ. Press, Oxford.

CRAMP, S. & K.E.L. SIMMONS , 1977. The Birds of the Western Palearctic, Vol 1. Oxford Univ. Press, Oxford.

CRAMP, S. & K.E.L. SIMMONS , 1983. The Birds of the Western Palearctic, Vol 3. Oxford Univ. Press, Oxford.

DAAN, N., 1978. Changes in cod stocks and cod fisheries in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. **172**: 39-57.

DAAN, N., P.J. BROMLEY, J.R.G. HISLOP & N.A. NIELSEN, 1990. Ecology of North Sea fish. Neth. J. Sea Res. **26**: 343-386.

DAMME, C. VAN, 1994. Het dieet van Aalscholvers in de Waddenzee, De Boschplaat op Terschelling. Afstudeerverslag NIOZ, IBN-DLO en Hoge School West-Brabant.

DANKERS, N.M.J.A. & J.F. VAN VEEN, 1978. Variations in relative abundance in a number of fish species in the Wadden Sea and the North Sea coastal areas. In: DANKERS, N., W.J. WOLFF & J.J. ZIJLSTRA. Fishes and fisheries of the Wadden Sea, Report 5 of the Wadden Sea Working Group: 77-105.

DARO, M.H. & B. VAN GIJSEGEM, 1984. Ecological factors affexcting weight, feeding, and production of five dominant copepods in the Southern Bight of the North Sea. Rapp. P. -v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. **183**: 226-233.

DIJKSEN, L.J., 1993. Broedvogelmonitoring in het Nederlandse Waddengebied in 1992. SOVON rapport 93/05, SOVON, Beek-Ubbergen

DIJKSEN, L.J. & M.C.M. KLEMANN, 1992. Intergrale broedvogelinventarisatie van het Nederlandse Waddengebied in 1991. SOVON-rapport 92-16. Beek-Ubbergen, september 1992.

DORRESTEIN, R., 1960. On the distribution of salinity and of some other properties of the water in the Ems-estuary. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb.k. Gen., Geol. Ser. Dl. XIX, Symposium Ems-Estuarium (Nordsee): 43-74.

DRIESSEN, G., 1982. De Noordzeekust als kinderkamer voor de garnaal *Crangon crangon* (L.). RIVO-rapport ZE 82-04.

DUINEVELD, G.C.A., P.A.W.J. DE WILDE & A. KOK, 1990. A synopsis of the macrobenthic assemblages and benthic ETS activity in the Dutch sector of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26**: 125-138.

DUINEVELD, G.C.A., A. KÜNITZER. U. NIEMANN, P.A.W.J. DE WILDE & J.S. GRAY, 1991. The macrobenthos of the North Sea. Neth J. Sea Res. **28**: 53-65.

DUNNET, G.M., R.W. FURNESS, M.L. TASKER & P.H. BECKER, 1990. Seabird ecology of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26**: 387-425.

DURINCK, J., H. SKOV & F. DANIELSEN, 1991. Fødevalg hos overvintrende Lomvier *Uria aalge* i Skagerrak. [Winterfood of Guillemots *Uria aalge* in the Skagerrak]. Dansk Ornitologisk Tidsskrift **86**: 145-150.

DUYL, F.C. VAN, R.P.M. BAK, A.J. KOP & G. NIEUWLAND, 1991. A synopsis of the macrobenthic assemblages and benthic ETS-activity in the Dutch sector of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26**: 125-138.

EHLERS, J., 1988. The morphodynamics of the Wadden Sea. A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfiel: 397 pp.

EISMA, D., 1966. The distribution of benthic marine molluscs off the main Dutch coast. Neth. J. Sea Res. **3**: 107-163.

EISMA, D., 1980a. Natural forces. In: DIJKEMA, K.S., H.E. REINECK & W.J. WOLFF. Geomorphology of the Wadden Sea area. Final report of the section 'Geomorphology' of the Wadden Sea Working Group. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden. A.A. Balkema, Rotterdam: 20-31.

EISMA, D., 1980b. De Noordzee. Uitgeverij Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen:128 pp.

EISMA, D., 1981. Supply and deposition of suspended matter in the North Sea. Spec. Publs. int. Ass. Sediment. **5**: 415-428.

EISMA, D., 1987. The North Sea: an overview. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B **316**: 461-485.

EISMA, D. & J. KALF, 1987. Dispersal, concentration and deposition of suspended matter in the North Sea. J. Geol. Soc. Lond. **144**: 161-178.

EVANS, C. 1989. Little Gulls associating with Auks in winter. British Birds **82**: 373.

FINLAYSON, J.C. & J.E. CORTÉS, 1984. The migration of Gannets *Sula bassana* past Gibraltar in spring. Seabird **7**: 19-22.

FONDS, M., 1974. Sand gobies in the Dutch Wadden Sea (Pomatoschistus, Gobiidae, Pisces). Thesis, Leiden.

FONDS, M., 1978. The seasonal distribution of some fish species in the Western Dutch Wadden sea. In: DANKERS, N., W.J. WOLFF & J.J. ZIJLSTRA Fishes and fisheries of the Wadden Sea, Report 5 of the Wadden Sea Working Group: 42-77.

FRANSZ, H.G. & W.G. VAN ARKEL, 1983. Fluctuation and succession of common pelagic copepod species in the Dutch Wadden Sea. Oceanologia Acta Vol. spec: 87-91.

FRANSZ, H.G. & W.W.C. GIESKES, 1984. The unbalance of phytoplankton and copepods in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **183**: 218-225.

FRANSZ, H.G., J.C. MIQUEL & S.R. GONZALEZ, 1984. Mesozoöplankton composition, biomass and vertical distribution, and copepod production in the stratified central North Sea. Neth. J. Sea Res. **18**: 82-96.

FRANSZ, H.G., J.M. COLEBROOK, J.C. GAMBLE & M. KRAUSE, 1991. The zoöplankton of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **28**: 1-52.

GIESKES, W.W.C., 1971. Ecology of Cladocera of the North Atlantic and the North Sea. Neth. J. Sea Res. **5**: 342-376.

GIESKES, W.W.C., 1974. Phytoplankton and primary productvity studies in the Southern Bight of the North Sea, eastern part, in 1972. Annls. Biol., Copenh. **29**: 54-61.

GIESKES, W.W.C. & G.W. KRAAY, 1975. The phytoplankton spring bloom in Dutch coastal waters of the North sea. Neth. J. Sea Res. **9**: 166-196.

GOETHE, F. 1981a. Black-headed Gull. In: C.J. SMIT & W.J. WOLFF. Birds of the Wadden Sea. Final report of the section 'Birds' of the Wadden Sea Working Group. A.A. Balkema, Rotterdam.

GOETHE, F. 1981b. Common Gull. In: C.J. SMIT & W.J. WOLFF. Birds of the Wadden Sea. Final report of the section 'Birds' of the Wadden Sea Working Group. A.A. Balkema, Rotterdam.

GÖHREN, H., 1970. Deformation of rotational tidal currents in shallow coastal water. 12th Coastal Engineering Conference, **3**: 2147-2162.

GROENEWOLD, A. & Y. VAN SCHEPPINGEN, 1990. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijke Noordzee. De Noord-Nederlandse kustzone 1989. Milzon-Benthos Rapport Nr. 90-01 (Milzon 90-001), 27pp.

HALLERS-TJABBES, C.C. TEN, 1988. Verstoring van zintuigelijke waarneming en gedrag, een inventarisatie. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Dienst getijde wateren: 49 pp.

HEESSEN, H. & G. KUITER, 1983. Report on the catches on cod, haddock, whiting and Norway pout during ICES young fish survey 1982. ICES CM 1982/G:66, 37 pp.

HEIP, C., P.M.J. HERMAN, J. CRAEYMEERSCH & K. SOETAERT, 1990. Statistical analysis and trends in biomass and diversity of North Sea macrofauna. ICES C.M. 1990/MINI: 10.

HIGLER, L.W.G,. 1962. De census van de Kokmeeuw (*Larus ridibundus* L.) in Nederland, België en Luxemburg in 1961. Limosa **35**: 260-265.

HILL, H.W. & R.R. DICKSON, 1978. Long-term changes in North Sea hydrography. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. **172**: 310-334.

HOLLANDER, N. DEN, 1993. Zwarte Zeeëenden (*Melanitta nigra*) en Schelpdiervisserij. Een conflictsituatie tussen Natuurwaarden en Economische Belangen. Afstudeerverslag NIOZ, IBN-DLO en Hoge School West-Brabant.

HOLTMANN, S.E. & A. GROENEWOLD, 1992. Distribution of the zoöbenthos on the Dutch continental shelf: the Oyster ground, Frisian front, Vlieland ground and Terschelling bank (1991). MILZON-BENTHOS II, NIOZ Rapport no. 1992-8, NIOO-CEMO rapporten en verslagen 1992-6: 129 pp.

HONDEVELD, B.J.M., G. NIEUWLAND & R.P.M. BAK, 1993. Heterotrophic nanoflagellate abundance in North Sea sediments and their role in benthic small food web dynamics. In: RAAPHORST, W. VAN & J.P. BOON (Eds.), The integrated North Sea programme 1991-1992, Preliminary results, NIOZ Rapport 1993-9: 42-46.

HOPE JONES, P., 1980. The effect on birds of a North Sea gas flare. British Birds **73**: 547-554.

HOVENKAMP, F., 1991. Immigration of larval plaice (*Pleuronectes platessa* L.) into the western Wadden Sea: a question of timing. Neth. J. Sea Res. **27**: 287-296.

HOVENKAMP, F. & H.W. VAN DER VEER, 1993. De visfauna van de Nederlandse estuaria: een vergelijkend onderzoek. NIOZ Rapport 1993-13: 121 pp.

HUYS, R., C.H.R. HEIP, P.M.J. HERMAN & K. SOETAERT, 1990. The meiobenthos of the North Sea: Preliminary results of the North Sea benthos survey. ICES C.M. 1990/Mini: 8.

HUYS, R., P.M.J. HERMAN, C.H.R. HEIP & K. SOETAERT, 1992. The meiobenthos of the North Sea: density, biomass trends and distribution of copepod communities. ICES J. Mar. Sci. **49**: 23-44.

JENNESS, M.I. & G.C.A. DUINEVELD, 1985. Effects of tidal currents on chlorophyll a content of sandy sediments in the southern North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. **21**: 283-287.

JOIRIS, C., G. BILLEN, C. LANCELOT, M.H. DARO, J.P. MOMMAERTS, A. BERTELS, M. BOSSICART, J. NIJS & J.H. HECQ, 1982. A budget of carbon cycling in the Belgian coastal zone: Relative roles of zooplankton, bacterioplankton and benthos in the utilization of primary production. Neth. J. Sea Res. **16**: 260-275.

KEIJL, G.O. & E.V. KOOPMAN, 1991. Veel Aalscholvers *Phalacrocorax carbo* en Dwergsterns *Sterna albifrons* op Rottumeroog in juli en augustus 1990. Sula **5**: 146-148.

KNIJN e.a., 1993. ICES Atlas van Noordzee vis.

KOFFIJBERG, K. & B. KOKS, 1993. De Aalscholver als broedvogel in de provincie Groningen in 1992. De Grauwe Gors **20**: 8-10.

KOREVAAR, C.G., 1990. North sea climate: based on observations from ships and lightvessels. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London: 137 pp.

KÜHL, H. & B.R. KUIPERS, 1978. Food relationships of Wadden Sea fishes: Qualitative food relationships of Wadden Sea fishes. In: DANKERS, N., W.J. WOLFF & J.J. ZIJLSTRA. Fishes and fisheries of the Wadden Sea, Report 5 of the Wadden Sea Working Group: 112-123.

KUIPERS, B.R., 1977. On the ecology of juvenile plaice on a tidal flat in the Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. **11**: 59-91.

KUIPERS, B.R., U. GAEDKE, L. ENSERINK & H. WITTE, 1990. Effect of ctenophore predation on mesozoöplankton during a spriing outburst of *Pleurobrachia pileus*. Neth. J. Sea Res. **26:** 111-124.

KUIPERS, B.R., H.IJ. WITTE, H.G. FRANSZ, S.R. GONZALEZ, R. DAAN, S.S. OOSTERHUIS & M.A. BAARS, 1991. Zoöplankton en pelagische vis op het Friese Front. In: GEE, A. DE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER. De ecologie van het Friese Front, NIOZ-Rapport 1991-2: 21-32.

KÜNITZER, A., 1990. The benthic infauna of the North Sea: Species distribution and assemblages. ICES C.M. 1990/Mini 2.

LAAR, F.J.T. VAN DE, 1993a. Vogels en affakkelen. Een studie naar de reacties van vogels op affakkelen, februari 1992. Lokatie twee kilometer ten noorden van Terschelling. NAM-Assen.

LAAR, F. VAN DE, 1993b. Vogelverplaatsingen rondom een exploratie platform voor gaswinning. Sectie Natuurlijk milieu, Stafgroep Luchtmacht Bedrijfsveiligheid, Luchtmachtstaf, Den Haag.

LAEVASTU, T., 1963. Surface water types of the North Sea and their characteristics. Serial atlas of the marine environment, folio **4**: 1-3. Am. Geogr. Soc. New York.

LAURSEN, K., 1989. Estimates of sea duck winter populations of the Western palearctic. Rev. Rev. Game Biol. **13**: 1-22.

LEE, A.J., 1980. North Sea: Physical oceanography. In: F.T. BANNER, M.B. COLLINS & K.S. MASSIE. The North-West European Shelf Seas, the seabed and the sea in motion. II: Physical and Chemical Oceanography, and Physical resources. Elsevier Oceanography Series, 24B, Elsevier, Amsterdam: 467-493.

LEOPOLD, M.F. 1991. Sula op Helgoland! Eerste broedgeval voor Duitsland. Sula **5**: 61.

LEOPOLD, M.F, 1993. *Spisula*'s, zeeëenden en kokkelvissers: een nieuw milieuprobleem op de Noordzee. Sula **7**: 24-28.

LEOPOLD, M.F., 1993c. Seabirds in the shelf edge waters bordering the Banc d'Arguin, Mauretania, in May. Hydrobiologia **258**: 197-210.

LEOPOLD, M.F. & J.VAN DEN BERG, 1992. Een zoutwaterkolonie Aalscholvers *Phalacrocorax carbo* in Groningen. Sula **6**: 100-101.

LEOPOLD, M.F. & CAMPHUYSEN C.J., 1992. Olievogels op het Texelse strand, februari 1992. Oiled seabirds on Texel, February 1992. NIOZ-rapport 1992-5.

LEOPOLD, M.F. & PLATTEEUW M., 1987. Talrijk voorkomen van Jan van Genten *Sula bassana* bij Texel in de herfst: reactie op lokale voedselsituatie. Limosa **60**: 105-110.

LEOPOLD, M.F., H. BAPTIST, P.A. WOLF & H. OFFRINGA, 1994. De Zwarte zeeëend *Melanitta nigra* in Nederland. Limosa. In prep.

LEOPOLD, M.F., SKOV, H. & HÜPPOP, O, 1993. Where does the Wadden Sea end? Wadden Sea News Letter 1993-3: 5-9.

LID, G., 1979. Trekvogels vinden de dood in gasvlammen op de Noordzee. Het vogeljaar **27**: 124-127.

LLOYD, C.L., 1976. An estimate of the world breeding population of the Razorbill. British Birds **69**: 298-304.

MADGE, S.G., 1965. Little Gull associating with feeding Razorbills. British Birds **58**: 192.

MARTENS, P., 1980. Contributions to the mesozoöplankton of the northern Wadden Sea of Sylt, German Bight, North Sea. Helgoländer Meeresunter. **34:** 41-54.

MERRIE, T.D.H., 1979. Birds and North Sea oil production platforms. Scottish Birds **10**: 271-276.

MONAGHAN, P., J.D. UTTLEY, M.D. BURNS, C.THAINE & J. BLACKWOOD, 1989. The relationship between food supply, reproductive effort and breeding success in Arctic terns *Sterna paradisaea*. J. Anim. Ecol. **58**: 261-274.

MUUS, B.J. & P. DAHLSTRØM, 1966. Zeevissengids. Elsevier: 1-244.

NELSON, J.B., 1978. The Gannet. T & AD Poyser, Berkhamsted: 336 pp.

NETTLESHIP, D.N. & P.G.H. EVANS, 1985. Distribution and status of the Atlantic Alcidae. In: D.N. NETTLESHIP & T.R. BIRKHEAD. The Atlantic Alcidae. Academic Press, London-New York-Toronto.

NIHOUL, J.C. & P. POLK, 1977. Project zee. Eindverslag 8. Trofische ketens en cyclus der nutriënten: 339 pp.

NIJSSEN, H. & S.J. DE GROOT, 1987. De vissen van Nederland. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV, Uitgeverij Pirola, Schoorl: 224 pp.

NORTH SEA ATLAS, 1992, Icona, Staatsuitgeverij Amsterdam: 96 pp.

OFFRINGA, H., 1991. Verspreiding en voedseloecologie van de Zwarte Zeeëend (*Melanitta nigra*) in Nederland. Intern Verslag NIOZ 1991-13: 1-62.

OFFRINGA, H. & M.F. LEOPOLD, 1991. Het tellen van Zwarte Zeeëenden *Melanitta nigra* voor de Nederlandse kust. Sula **5**: 154-158.

OTTO, L., J.T.F. ZIMMERMAN, G.K. FURNES, M. MORK, R. SÆTRE & G. BECKER, 1990. Review of the physical oceanography of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26**: 161-238.

POSTMA, H., 1973. Transport and budget of organic matter in the North Sea. In: North Sea Science, M.I.T. Press: 326-333.

POSTMA, H. & K.S. DIJKEMA, 1982. Hydrography of the Wadden Sea: Movements and properties of water and particulate matter. In: POSTMA, H. Final report 'Hydrography', Wadden Sea Working Group, Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, A.A. Balkema, Rotterdam: 75 pp.

RAUCK, G. & J.J. ZIJLSTRA, 1978. On the nursery aspects of the Waddensea for some commercial fish species and possible long-term changes. Rapp. P. -v Réun. Cons. int. Explor. Mer **172**: 266-275.

REID, P.C., C. LANCELOT, W.W.C. GIESKES, E. HAGMEIER & G. WEICHART, 1990. Phytoplankton of the North Sea and its dynamics: a review. Neth. J. Sea Res. **26**: 295-331.

REIJNDERS, P.H.J. & WOLFF, W.J., 1981. Marine mammals of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam: 64 pp.

RIDDERINKHOF, H., 1990. Residual currents and mixing in the Wadden Sea. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht: 91 pp.

RIJKSWATERSTAAT, 1989. Wadatlas, DGSM.

RIJNSDORP, A.D., M. VAN STRALEN & H.W. VAN DER VEER, 1985. Selective tidal transport of North Sea Plaice larvae *Pleuronectes platessa* in coastal nursery areas. Transactions Am. Fish. Soc. **114**: 461-470.

RIJNSDORP, A.D. & A.D. VETHAAK, 1989. Beschrijving van de populaties van bot (*Platichthys flesus*) in de Noordzee en het Nederlandse kust- en binnenwater. In: Ecologisch profiel vissen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS/DGW, Den Haag: 26 pp.

RUYTER, W.P.M. DE, L. POSTMA & J.M. DE KOK, 1987. Transport atlas of the southern North Sea. Nijmegen: 33 pp.

SAEIJS, H.L.F & H.J.M. BAPTIST, 1976. Het voorkomen van de Fuut *Podiceps cristatus* L. op het Grevelingenmeer. Limosa **49**: 1-8.

SCHEPPINGEN, Y. VAN & A. GROENEWOLD, 1990. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijke Noordzee. De Noord-Nederlandse kustzone overzicht 1988-1989. Milzon-Benthos Rapport Nr. 90-03 (Milzon 90-003): 27 pp.

SCHÜTTENHELM, R.T.E., 1980. The superficial geology of the Dutch sector of the North Sea. Mar. Geol. **34:** M27-M37.

SCOTT, R.E., 1972. Little Gulls associating with feeding Razorbills. Brit. Birds **65**: 259.

SMEENK, C., 1988. De Bruinvis terug in de Waddenzee: illusie of mogelijkheid? Waddenbulletin **23**: 186-188.

SMEENK, C. & M.J. ADDINK, 1990. Witsnuitdolfijnen in storm en branding: 'massastranding' op de Nederlandse kust. Zoogdier **1**: 5-9.

SOVON, 1987. Atlas van de Nederlandse vogels.

SPAANS, A.L., 1987. Stabilisatie van broedvogelaantallen bij de Zilvermeeuw. Limosa **60**: 99-100.

STAM, A., 1988. Kust- en Waddenzeevisserij. Interne verslag NIOZ.

STIENEN, E.W.M & A. BRENNINKMEIJER, 1992. Ecologisch profiel van de Visdief (*Sterna hirundo*). Rin-rapport 92/18: 128 pp.

SWENNEN, C., 1991. Ecology and population dynamics of the Common Eider in the Dutch Wadden Sea. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

SWENNEN, C., 1993. De Eidereenden in de Waddenzee. Het Vogeljaar **41**: 195-206.

TASKER, M.L., P. HOPE JONES, B.F. BLAKE, T.J. DIXON & A.W. WALLIS, 1986. Seabirds associated with oil production platforms in the Northsea. Ringing & Migration **7**: 7-14.

TEIXEIRA, R.M. (ed.) 1979. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Natuurmonumenten, 's Graveland.

UHLIG, G. & G. SAHLING, 1990. Long-term studies on *Noctiluca scintillans* in the German Bight. Population dynamics and red tide phenomena 1968-1988. Neth. J. Sea Res. **25**: 101-112.

VAUK G. & I. JOKELE, 1975. Vorkommen, Herkunft und Winternahrung Helgoländer Dreizehnmöwen *Rissa tridactyla*. Veröff. Inst. Meeresf. Bremerhaven **15**: 69-77.

VEELENTURF, P., 1985. De grond ingeboord? Milieubelangen bij de olie- en gaswinning op de Noordzee. Stichting werkgroep Noordzee.

VEEN, J., 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis*. Dissertatie. Uitgeverij Brill.

VEEN, J. & J. FABER, 1989. Sterns: een bedreigde vogelgroep? In: A.L. SPAANS. Wetlands en Watervogels. Pudoc, Wageningen: 18-33.

VEER, H.W. VAN DER, H. VAN GARDEREN & J.J. ZIJLSTRA, 1983. Impact of coelenterate predation on larval fish stocks in the coastal zone of the southern North Sea. ICES C.M. 1983/L:8: 1-10.

VELDHUIS, M.J.W., F. COLIJN & L.A.H. VENEKAMP, 1986. The spring bloom of *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae) in Dutch coastal waters. Neth. J. Sea Res. **20:** 37-48.

VISSER, M.P., 1969. The turbidity of the Southern North Sea. Dtsch. hydrogr. Z. **23:** 97-117.

VOOUS, K.H., 1960. Atlas of European Birds. Nelson and sons Ltd, London 284.

VOSJAN, J.H., W. GUNKEL, S.B. TIJSSEN, E. PAUPTIT, K.W. KLINGS, K. BRUNS, K. POREMBA & E. HAGMEIER, 1992. Distribution and activity of microorganisms in coastal waters off The Netherlands and Germany. Neth. J. Sea Res. **29**: 333-341.

ZIJLSTRA, J.J., 1978. The function of the Wadden Sea for the members of its fish-fauna. In: DANKERS, N., W.J. WOLFF & J.J. ZIJLSTRA. Fishes and fisheries of the Wadden Sea, Report 5 of the Wadden Sea Working Group: 20-25.

ZIJLSTRA, J.J., 1988. The North Sea ecosystem. In: Ecosystems of the world. GOODALL, D.W., Part 27, Continental Shelves, POSTMA, H. & J.J. ZIJLSTRA. Elsevier Science Publ., Amsterdam: 231-277.

ZIJLSTRA, J.J. & J.I.J. WITTE, 1985. On the recruitment of 0-group plaice in the North Sea. Neth. J. Zool. **35**: 360-376.

INHOUD

Voorwoord 1
1. Samenvatting 3
2. Inleiding 6
3. Hydrografie en geomorfologie 8
    3.1. Hydrografie 8
    3.2. Geomorfologie 8
4. Plankton 17
    4.1. Fytoplankton 17
    4.2. Zoöplankton 18
    4.2.1. Microzoöplankton 18
    4.2.2. Mesozoöplankton 18
    4.2.3. Macrozoöplankton 19
5. Benthos 22
    5.1. Fytobenthos 22
    5.2. Zoöbenthos 22
    5.2.1. Microzoöbenthos 22
    5.2.2. Meiozoöbenthos 22
    5.2.3. Macrozoöbenthos 23
    Macrobenthische infauna 23
    Macrobenthische epifauna 23
6. Vissen 30
7. Zeevogels 39
    7.1. Inleiding 39
    7.2. Methode 39
    7.3. Wintervogels 42
    7.4. Vogels van voor- en najaar 45
    7.5. Broedvogels 46
    7.6. Risico's voor vogels 47
    7.7. Conclusies 50
8. Zeezoogdieren 90
    8.1. Zeehonden 90
    8.2. Walvisachtigen 90
    8.3. Verstoring 90
Literatuur 95