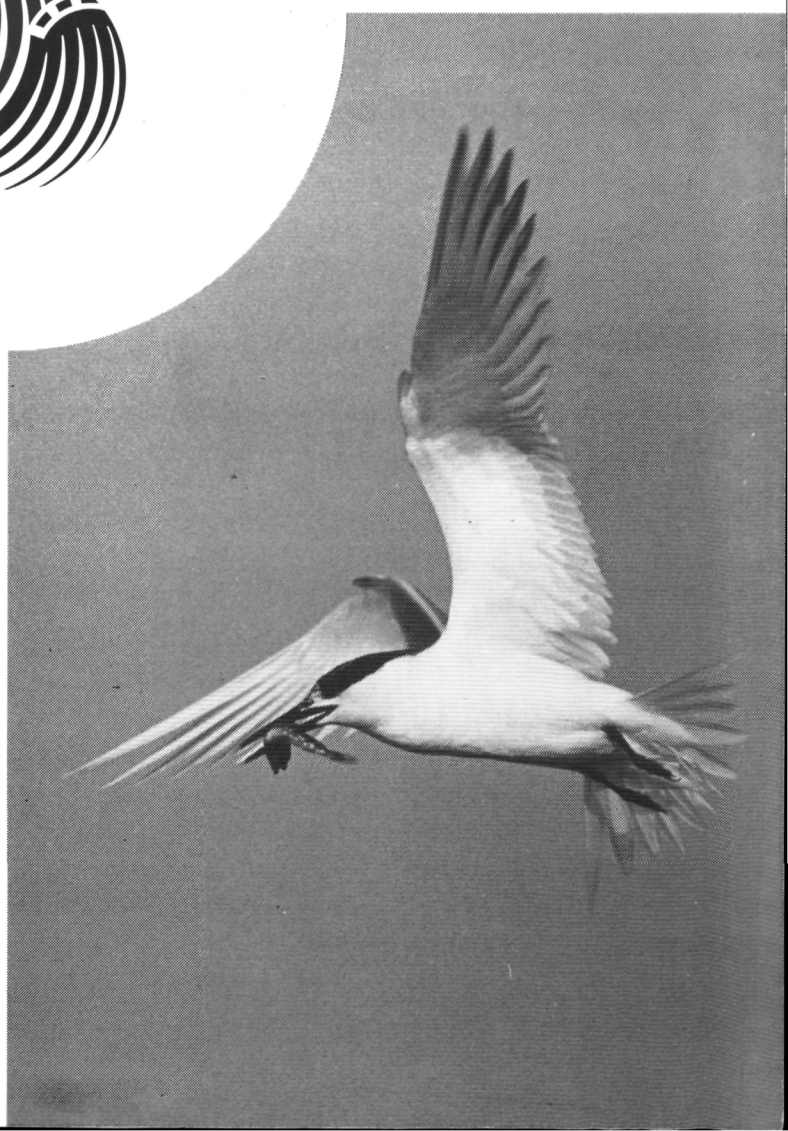
R534

Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek

Ecologisch profiel van de grote stern (Sterna sandvicensis)

A. Brenninkmeijer
E.W.M. Stienen

ibn-dlo



Ecologisch profiel van de grote stern (Sterna sandvicensis)

A. Brenninkmeijer & E.W.M. Stienen

RIN-rapport 92/17

DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek

Arnhem

1992

Project: ECOLMOD*POP

Contractnummer: DG 315.

Projectbegeleiding: J.H.M Schobben en P.L. Meininger (Dienst Getijdewateren, DGW, van Rijkswaterstaat).

De hoofdstukken 2 en 3 zijn tot stand gekomen in samenwerking met P.L. Meininger (DGW, Middelburg), A.J. van Dijk en N.D. Kwint (Samenwerkende Organisaties Vogelonderzoek Nederland, SOVON).

Dit rapport is tot stand gekomen in opdracht van DGW van Rijkswaterstaat.

Foto J. van de Kam.

INHOUD

VOORWOORD 7

1 INLEIDING 9

1.1 Taxonomie 9

1.2 Klimaat 10

2 DE REFERENTIETOESTAND ROND 1930 11

2.1 Verspreiding en aantallen in Europa rond 1930 12

2.1.1 Verspreiding 12

2.1.2 Aantallen 12

2.2 Verspreiding en aantallen in Nederland rond 1930 13

2.2.1 Verspreiding 13

2.2.2 Aantallen 13

3 DE HUIDIGE TOESTAND 15

3.1 Verspreiding en aantallen in Europa rond 1990 15

3.1.1 Verspreiding 15

3.1.2 Aantallen 15

3.2 Verspreiding en aantallen in Nederland rond 1990 17

3.2.1 Verspreiding 17

3.2.2 Aantallen 17

4 AUTECOLOGIE	21
4.1 Broedbiologie	21
4.1.1 Broedbiotoop	21
4.1.2 Aankomst in het broedgebied	22
4.1.3 Legselgrootte	22
4.1.4 Broedduur	22
4.1.5 Broedsucces	23
4.1.6 Nazorg	24
4.1.7 Rui	24
4.1.8 Emigratie	25
4.1.9 Immigratie	25
4.1.10 Mortaliteit	25
4.1.11 Populatiedynamiek	28
4.2 Abiotische factoren	29
4.2.1 Overstroming	29
4.2.2 Zand	30
4.2.3 Wind	30
4.2.4 Oververhitting	31
4.2.5 Onderkoeling	31
4.2.6 Getij	32
4.2.7 Tijdstip van de dag	32
4.3 Biotische factoren	32
4.3.1 Voedsel van de adulte vogels	32
4.3.2 Voedsel van de jongen	34
4.3.3 Energiebehoefte van de jongen	34
4.3.4 Invloed van het gedrag van vissen	36

4.3.5 Voedsel tijdens het seizoen 36

4.3.6 Voedselaanbod in de overwinteringsgebieden 37

4.3.7 Predatie 37

4.3.8 Kleptoparasitisme 38

4.4 Najaarstrek 39

4.5 Overwintering 40

4.6 Voorjaarstrek 40

4.7 Overzomering 40

4.8 Plaats in de voedselketen 41

5 INGREEP-EFFECT RELATIES 42

5.1 Jacht 42

5.2 Eierrapen 42

5.3 Visserij 43

5.4 Biotoopveranderingen 44

5.5 Rustverstoring 44

5.5.1 Recreatie 45

5.5.2 Geluidhinder 45

5.6 Toxicologische verontreinigingen 46

5.6.1 Chloorkoolwaterstoffen 46

5.6.2 Zware metalen 51

5.6.3 Plastic 53

5.6.4 PSP 53

5.6.5 Olie 54

5.5.7 Eutrofiëring 54

6 AANBEVELINGEN 56

LITERATUUR 58

SAMENVATTING 73

SUMMARY 76

Bijlage 90

VOORWOORD

In 1991 heeft de Dienst Getijdewateren (DGW) van Rijkswaterstaat aan het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Arnhem, de opdracht gegeven het in 1988 door C.T.M. Vertegaal en J.N.G. van der Salm (Bureau Duin en Kust) opgestelde ecologisch profiel van de grote stern uitgebreider te herschrijven. Sinds de Derde Nota Waterhuishouding zijn 30 soorten van verschillende trofieniveau's gekozen als 'amoebe'-soort. Een 'amoebe'-soort dient een indicatorsoort te zijn voor de toestand van het watermilieu. Om een beter inzicht te krijgen in de betekenis van de huidige populatiegrootte van de verschillende 'amoebe'-soorten, wordt de huidige toestand van deze soorten vergeleken met de populatiegrootte in een periode waarin menselijke invloeden nog relatief gering waren.

Als referentiejaar is 1930 gekozen. Het ligt in de bedoeling om voor een aantal 'amoebe'-soorten een populatiedynamisch model te maken dat het aantalsverloop van 1930 tot heden zo goed mogelijk verklaart en dat de populatiegrootte in de toekomst bij een bepaald gebruik van het watersysteem voorspelt.

De grote stern is een van de soorten waarvan een model ontwikkeld gaat worden. Hierbij wordt de grote stern als een indicatorsoort voor de Noordzee beschouwd. Er is door de auteurs van dit ecologisch profiel tegelijkertijd een ecologisch profiel gemaakt van de visdief. Deze soort wordt beschouwd als een indicatorsoort voor kustwateren en estuariene gebieden, met name het Deltagebied en de Waddenzee (Stienen & Brenninkmeijer 1992).

Voor de samenstelling van dit model waren allereerst gegevens nodig over het aantalsverloop van de grote stern in Nederland van het begin van deze eeuw tot heden. Vervolgens is in nauwe samenwerking tussen DGW, Samenwerkende Organisaties Vogelonderzoek Nederland (SOVON) en het IBN-DLO het aantalsverloop van de grote stern langs de Nederlandse kust gereconstrueerd. Verder heeft het IBN-DLO de algemeen ecologische gegevens en de gegevens over ingreep-effectrelaties verzameld en gedocumenteerd om een beter inzicht te krijgen in de algemene behoeften van deze soort en de effecten van menselijk ingrijpen op de populatiegrootte.

Om een beter inzicht te krijgen in de populatiedynamica van de soort, met name immigratie, emigratie en mortaliteit, zijn door het IBN-DLO de ringgegevens bij de Nederlandse Ringcentrale, Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Heteren, opgevraagd en bewerkt.

Het ecologisch profiel laat zien dat de grote stern zich in Nederland de laatste jaren in vergelijking tot de jaren vijftig nog niet geheel hersteld heeft. De oorzaken van het uitblijven van een volledig herstel zijn echter niet direct aan te wijzen.

Verontreiniging van het milieu met xenobiotische stoffen kan grote gevolgen hebben voor de soort, maar lijkt tegenwoordig van weinig belang. Mogelijke oorzaken zouden kunnen zijn een tekort aan (geschikt) voedsel en het doden van sterns in de overwinteringsgebieden. Er zal echter nog verder onderzoek gedaan moeten worden om met zekerheid de oorzaken van het uitblijven van volledig herstel vast te stellen.

dr. J. Veen,

hoofd afdeling Dierecologie

1 INLEIDING

1.1 Taxonomie

De grote stern (*Sterna sandvicensis*, voorheen *Thalasseus sandvicensis*) is een lid van de familie van de Laridae (fig. 1). Deze slanke, witte vogel heeft als belangrijkste veldkenmerken een zwarte kruin, een korte staart, lange vleugels, zwarte poten en een lange, slanke, zwarte snavel met gele punt. De bovenzijde van de rug en vleugels is lichtgrijs (Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).



Figuur 1. Grote stern (foto J. van de Kam).

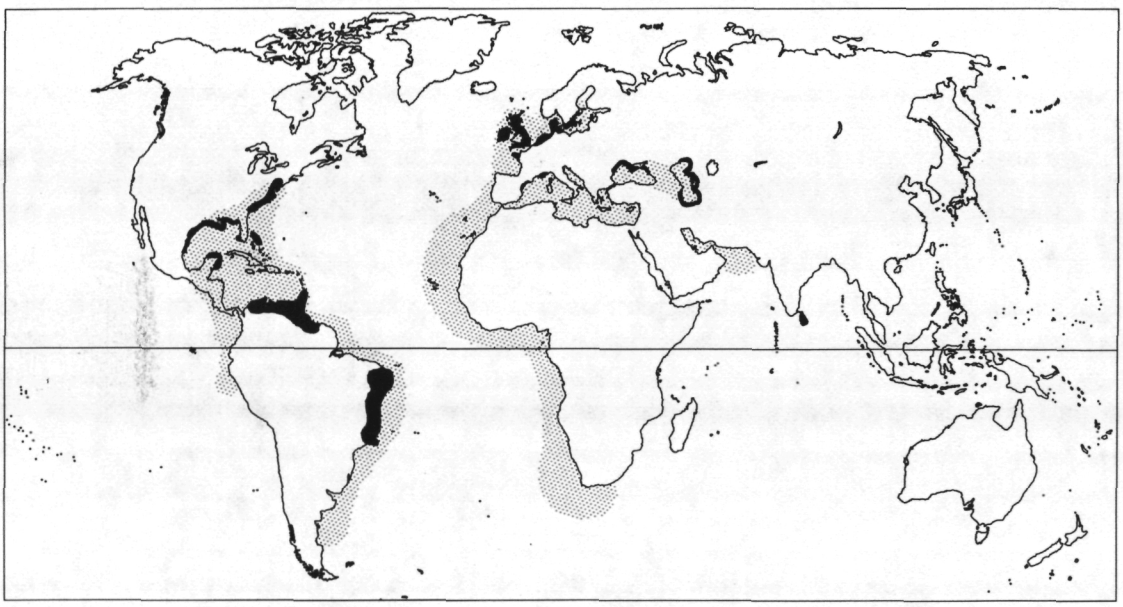
Het verspreidingsgebied van de grote stern wordt aan de hand van de volgende drie ondersoorten beschreven (fig. 2):

(1) *Sterna sandvicensis sandvicensis* bestaat uit drie min of meer onafhankelijke broedpopulaties. Één populatie broedt van de Noordwesteuropese kustgebieden rond de Noordzee en de Oostzee tot aan de kustgebieden rond het westen van de Middellandse Zee (40 000 broedparen rond 1978). De twee andere populaties broeden rond de noord- en westkust van de Zwarte Zee

(31 500 paren rond 1976) en rond de zuid- en oostkust van de Kaspische Zee (40 000 paren rond 1979) (Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985, Harrison 1985).

(2) *Sterna sandvicensis acuflavidus* broedt van Virginia aan de Noordamerikaanse oostkust via de Bahama's tot aan de Golf van Mexico. Deze ondersoort is iets kleiner dan *Sterna sandvicensis sandvicencis*, maar ziet er verder ongeveer hetzelfde uit (Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985, Harrison 1985).

(3) *Sterna (sandvicensis) eurygnatha* is lang als een aparte soort beschouwd, maar wordt tegenwoordig als een ondersoort van de grote stern behandeld. Deze broedt in Zuid-Amerika, voor zover bekend, van de Nederlandse Antillen tot de Macaé eilanden bij Rio de Janeiro. Het voornaamste verschil met de twee andere ondersoorten is de kleur van de snavel, die doorgaans bijna geheel geel is, maar ook gedeeltelijk zwart of rood kan zijn (Ansingh *et al.* 1960, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985, Harrison 1985).



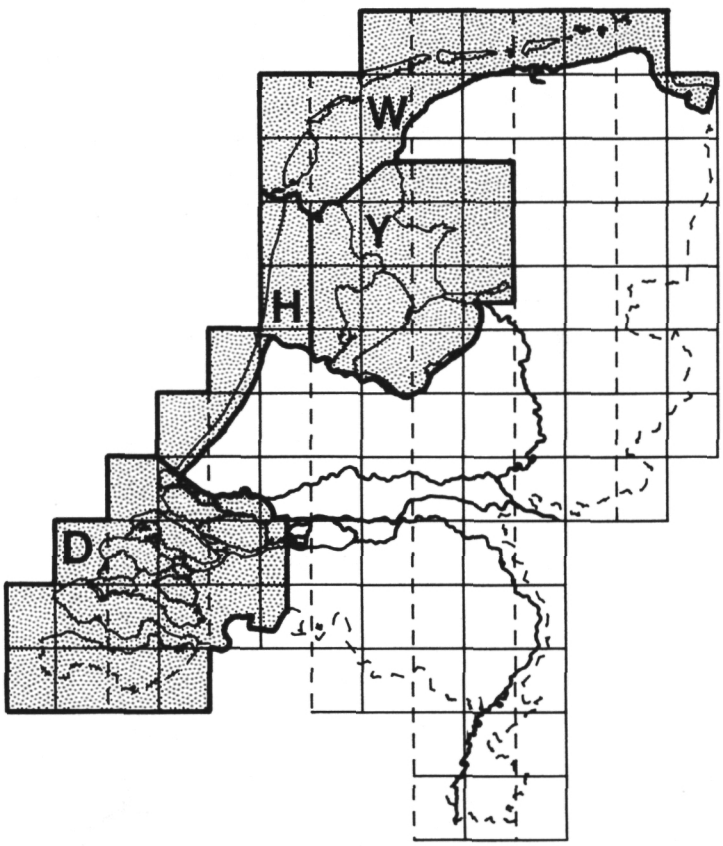
Figuur 2. Het verspreidingsgebied van de grote stern (zwart = broedgebied, donkergrijs = broed- en overzomeringsgebied, lichtgrijs = doortrekgebied, Harrison 1985).

1.2 Klimaat

De noordelijkste en koudste broedplaatsen van de grote stern bevinden zich nabij de juli-isotherm van 12° C in de gematigde kustgebieden van Noordwest-Europa op ca. 60° NB (noorden van Schotland). De warmste broedplaatsen reiken in Europa ongeveer tot aan de juli-isotherm van 29° C in het Middellandse Zeegebied (ca. 35° NB), in Noord-Amerika tussen ca. 40° NB en de Kreeftskeerkring (ca. 23° NB) en in Zuid-Amerika tussen ca. 10° NB en de Steenbokskeerkring (ca. 23° ZB) (Voous 1960, Harrison 1985).

2 DE REFERENTIETOESTAND ROND 1930

Aan de hand van in de literatuur vermelde gegevens over de aantallen broedparen van de grote stern in Nederland is het aantalsverloop in de twintigste eeuw gereconstrueerd. Grove aantalsvermeldingen en ontbrekende jaren hebben geïnterpreteerde aantallen gekregen aan de hand van de trend in de omliggende jaren. Hierbij is tevens rekening gehouden met het aantalsverloop in omringende kolonies. Dit alles is in nauwe samenwerking tussen SOVON, DGW en IBN-DLO geschied. Bij de verwerking van de gegevens zijn de broedgebieden ondergebracht in de navolgende regio's: Deltagebied, Waddengebied, kust vasteland Noord- en Zuid-Holland en IJsselmeergebied (fig. 3). Er zijn buiten deze kustgebieden geen broedkolonies van grote sterns bekend, dus de totale aantallen gelden voor heel Nederland (bijlage 1).

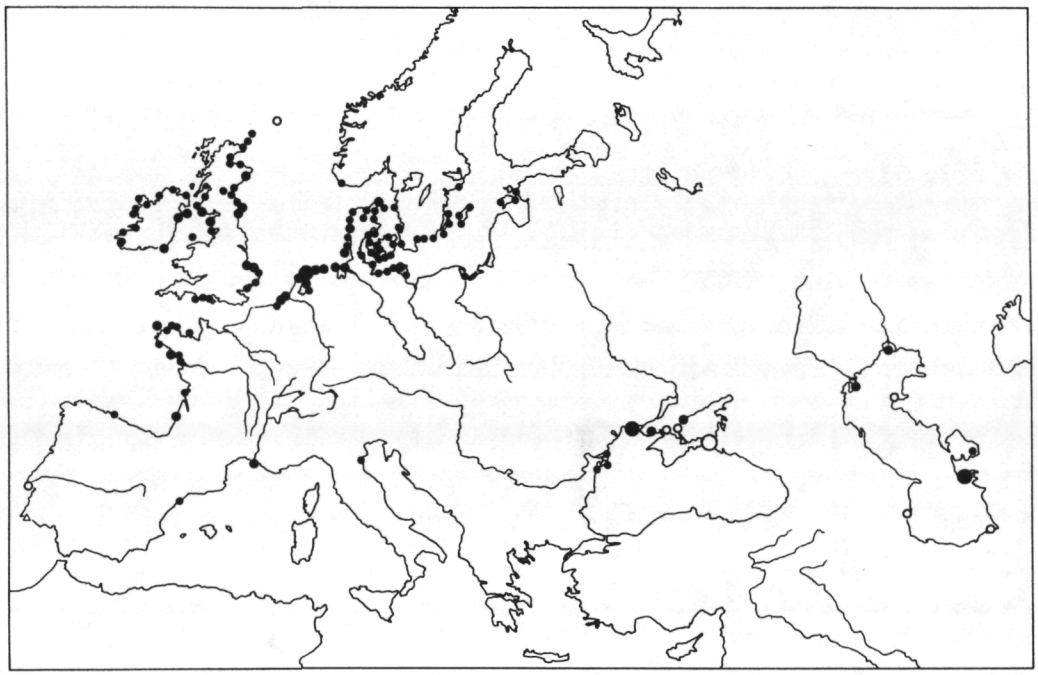


Figuur 3. De indeling van Nederland in verschillende regio's. D = Deltagebied, W = Waddengebied, H = vasteland Noord- en Zuid-Holland en IJ = IJsselmeergebied (bijlage 1).

2.1 Verspreiding en aantallen in Europa rond 1930

2.1.1 Verspreiding

Het zwaartepunt van het verspreidingsgebied van de Europese grote stern lag in de jaren dertig rond de landen aan de Noordzee en de Oostzee (fig. 4). In geringere mate kwamen ze ook voor langs de westkust van Groot-Brittannië en Ierland, aan de Atlantische en Mediterrane kust van Frankrijk, langs de Zwarte en Kaspische Zee en voor de Tunesische kust (Müller 1959). Verder waren er toen incidenteel broedgebieden langs de Spaanse kust en langs de kusten van Sardinië, Sicilië en de Italiaanse Po-vlakte (Ramsay & Wardlaw 1923, Niethammer 1942, Witherby *et al.* 1958, Müller 1959, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982).



Figuur 4. De verspreiding van de broedkolonies van de grote stern in Europa tussen 1960 en 1978 (Glutz von Blotzheim & Bauer 1982).

2.1.2 Aantallen

Helaas zijn de door Fisher & Lockley (1954) vermelde Noordwesteuropese aantalsschattingen uit vroegere jaren niet altijd even betrouwbaar. Er is in het verleden vaak slecht geteld, met grove over- en onderschattingen. Ook is de soortherkenning niet altijd even goed geweest. Zo zijn kokmeeuwen en grote sterns in het begin van deze eeuw op Griend nogal eens door elkaar gehaald (Veen 1977, Veen & Van de Kam 1988, Veen & Faber 1989). En Naumann (1824) schatte in 1819 de populatie van Norderoog (Duitsland) op meer dan een half

miljoen vogels (ofwel 250 000 broedparen). Waarschijnlijk is dit zwaar overschat. In 1872 is deze populatie op 10 000 broedparen geschat. Het aantal broedparen van de Duitse Noordzeekust schommelde in het begin van deze eeuw tussen de 1000 en de 8000 paren, met maxima van 6000 paren in 1916 op Norderoog en 2000 paren op Mellum in 1913 (Schulz 1947, Fisher & Lockley 1954, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982). Aan de kust van de zuidelijke Oostzee broedden in het begin van deze eeuw slechts sporadisch grote sterns. Denemarken wordt een traditioneel broedgebied van de grote stern genoemd, met een stand van 10 000 broedparen in 1930. De eerste broedparen in Zweden zijn in 1911 geteld. Deze kolonie breidde zich geleidelijk uit via 150 paren in 1930 tot 200-250 paren in 1939-1944. Het aantal broedparen in Groot-Brittannië en Ierland nam in de negentiende eeuw af en in het begin van de twintigste eeuw geleidelijk weer toe tot 3000 in 1932. In Frankrijk en Polen broedden in het begin van deze eeuw sporadisch grote sterns (respectievelijk 15 paren in 1927 en 3 paren in 1930). Van de populaties in Estland en Finland zijn geen broedgevallen uit het begin van deze eeuw bekend (tabel 1, ontleend aan Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).

Uit deze gegevens blijkt dat de referentiewaarde van het jaar 1930 voor de grote stern vrij willekeurig is. De grote stern bevond zich in dat jaar nog midden in een herstelfase van menselijke verstoring door jacht, eierraperij en de Eerste Wereldoorlog. Wellicht verdient het aanbeveling de grotere en stabielere aantallen van het einde van de jaren dertig en van de jaren vijftig als referentiewaarden aan te houden.

2.2 Verspreiding en aantallen in Nederland rond 1930

2.2.1 Verspreiding

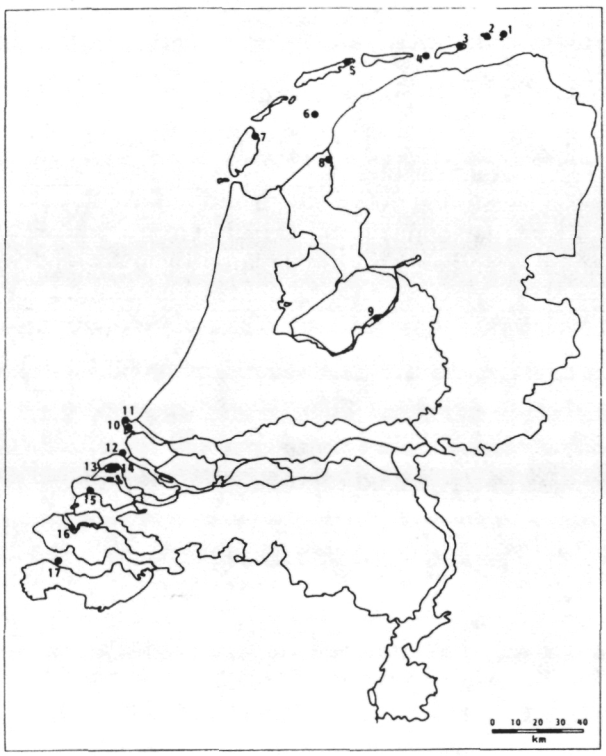
De grote sterns waren rond 1930 in Nederland slechts over een paar kolonies in het Deltagebied (de Beer en Schouwen) en de Waddenzee (Texel en Griend) verspreid (fig. 5).

2.2.2 Aantallen

In Nederland was de grote stern in de negentiende eeuw een talrijke tot zeer talrijke broedvogel van Rottum (20 000 broedparen in 1850), Griend (5000 paren in 1849), Texel (200 paren in 1850) en Schouwen (8000-10 000 paren tot in de jaren twintig van de twintigste eeuw) (Meininger 1986, bijlage 1).

Het aantal broedparen was in het begin van deze eeuw in Nederland vrij klein. Van de 16 000 paren in 1900 zaten er 5000 in de Waddenzee en 11 000 in het Deltagebied. Eierrapers, die de eieren voor consumptie meenamen, en jagers, die de vogels afschoten voor de toen heersende mode om dameshoeden met

huiden en veren van vogels te versieren, brachten dit aantal terug tot 500 paren in 1911, die toen alleen nog in het Deltagebied broedden (fig. 5). Daarna is een aantal broedgebieden beschermd (vogelwachters op Griend vanaf 1912). Ook is er een verbod op de eierraperij en de jacht gekomen (1908, Vogelwet 1912, in werking tredend 1914). Vervolgens is de grote stern sterk toegenomen tot ongeveer 15 000 broedparen rond 1930, waarvan er 12 500 op Griend, 21 op Texel, 1000 op de Beer en 2000 op Schouwen broedden (tabel 2) (Veen & Van de Kam 1988, bijlage 1). Deze toename ging daarna door tot in 1938, toen het aantal in Nederland op ongeveer 46 000 paren grote sterns geschat werd. Hiervan zaten er 9000 in het Deltagebied, ongeveer 35 000 in het Waddengebied en ongeveer 2000 in het IJsselmeergebied (bijlage 1) (Brouwer *et al.* 1950, Fisher & Lockley 1954, Veen 1977, Rooth 1980, Vogelwerkgroep Avifauna West-Nederland 1981, Meininger 1986, bijlage 1).



Figuur 5. De verspreiding van de grote stern in Nederland tussen 1961 en 1988 (Rooth 1989).

3 DE HUIDIGE TOESTAND

3.1 Verspreiding en aantallen in Europa rond 1990

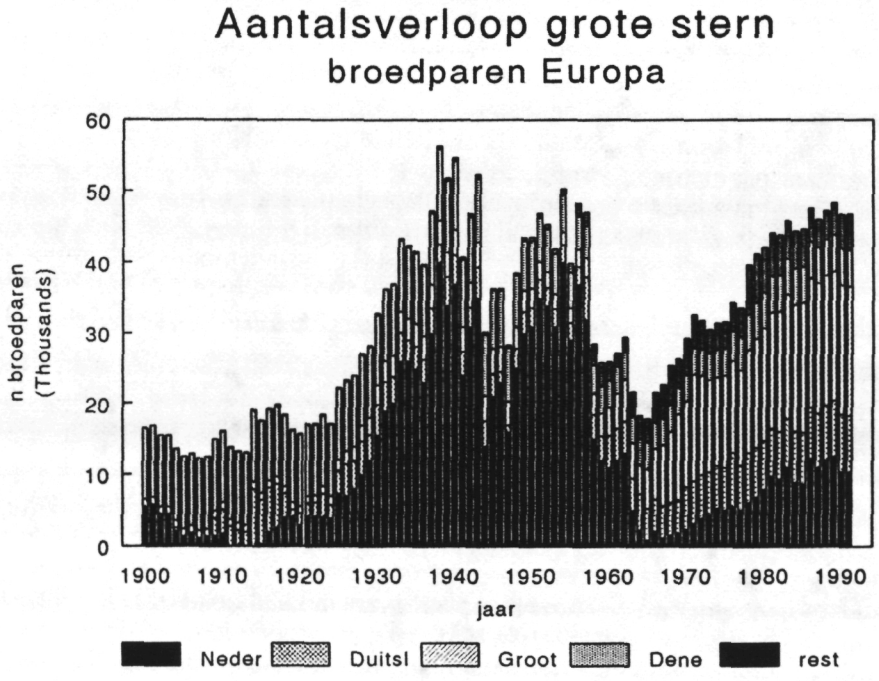
3.1.1 Verspreiding

De huidige verspreiding van de broedgebieden van de grote stern is ongeveer gelijk aan die in de jaren dertig (fig. 4). Zo kwamen er in 1990 in Europa broedkolonies voor langs de kusten van de Oostzee in de Baltische staten (Estland), Polen, Noordoost-Duitsland, Zuid-Zweden en Oost-Denemarken en langs de Noordzeekusten van Zuid-Noorwegen, West-Denemarken, Noordwest-Duitsland, Nederland, België, Groot-Brittannië en Ierland. Ook broeden er grote sterns aan de Atlantische kust van West-Frankrijk (Bretagne, Les Landes) en Noordwest-Spanje (Gijon) en aan de Mediterrane kust van Zuid-Frankrijk (Camargue), Noordoost-Spanje (Ebro-delta), Noord-Italië (Ravenna), Zuid-Italië (Sicilië en Sardinië) en Tunesië (Castan 1961, Heim de Balsac & Mayaud 1962, Møller 1981, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985, Harrison 1985, Fasola *et al.* 1989, Maoul 1990, Anonymous 1990, Brenninkmeijer & Klaassen 1991, Derks & De Kraker 1991, Hälterlein & Behm-Berkelmann 1991, Hansohn 1991, LLoyd *et al.* 1991, Orbie 1991, Walsh *et al.* 1991).

3.1.2 Aantallen

In figuur 6 is een schatting gemaakt van het verloop van de Europese broedpopulatie in de twintigste eeuw. In de jaren dertig groeide de populatie van 33 000 paren in 1930 naar 56 000 paren in 1938. Dit werd vooral veroorzaakt door de groei in Nederland, want in 1938 bestond ongeveer 70% van de Europese populatie uit Nederlandse broedvogels. De aantallen in Groot-Brittannië groeiden ook licht, maar in Duitsland en Denemarken bleven ze gelijk. De broedpopulatie in Frankrijk was toen nog maar klein. Aan het einde van de Tweede Wereldoorlog bleek er in Europa in alle landen een terugval waar te nemen, die leidde naar 30 000 paren (1944). Maar in de jaren vijftig bestond de populatie weer uit 45 000 paren, dank zij een toename in alle landen met uitzondering van Denemarken. Ook toen bestond ongeveer 70% van de Europese populatie uit Nederlandse vogels. Aan het einde van de jaren vijftig kwam er een forse teruggang in het aantal Europese broedparen, met als dieptepunt 15 000 paren in 1965. Deze achteruitgang werd voornamelijk veroorzaakt door het instorten van de Nederlandse populatie als gevolg van een vergiftiging met chloorkoolwaterstoffen in de Nederlandse kustwateren (Koeman 1971). De aantallen in de overige landen bleven toen ongeveer gelijk. De Nederlandse populatie groeide na de sluiting in september 1965 van de fabriek langs de Nieuwe Waterweg die voor deze landbouwgiftlozingen verantwoordelijk was, weer naar 10 500 paren in 1990. De grote Europese

groei (naar ruim 47 000 paren in 1990) komt verder vooral door de forse toename van Britse broedparen (18 400 paren in 1990). Ook de wat geleidelijker gestegen Duitse populatie (naar 8000 paren in 1991) en de Deense en Franse populatie (respectievelijk ongeveer 5100 en 2800 paren in 1990) hebben hiertoe bijgedragen. De broedparen van België (300 paren in 1990), Italië (150 paren in 1990), Spanje (250 paren in 1990), Zweden (1000 paren in 1990), Polen (300 paren in 1990) en Estland (300 paren in 1990) completeren de verdeling van de Europese aantallen (Nehls 1969, Dunn 1972a, Rooth & Jonkers 1972, Møller 1981, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985, Fasola *et al.* 1989, Maoul 1990, Anonymous 1990, Brenninkmeijer & Klaassen 1991, Derks & De Kraker 1991, Hälterlein & Behm-Berkelmann 1991, Hansohn 1991, LLoyd *et al.* 1991, Orbie 1991, Walsh *et al.* 1991, bijlage 1.).



Figuur 6. Het aantal broedparen van de grote stern in Europa in de twintigste eeuw. Nederland, Groot-Brittannië, Duitsland, Frankrijk en Denemarken zijn als landen met de belangrijkste broedgebieden apart weergegeven (Nehls 1969, Dunn 1972a, Rooth & Jonkers 1972, Møller 1981, Henri & Monnat 1981, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985, Anonymous 1989, Fasola et al. 1989, Maout 1990, Anonymous 1990, Brenninkmeijer & Klaassen 1991, Derks & De Kraker 1991, Hälterlein & Behm-Berkelmann 1991, Hansohn 1991, LLoyd et al. 1991, Orbie 1991, Walsh et al. 1991, bijlage 1).

3.2 Verspreiding en aantallen in Nederland rond 1990

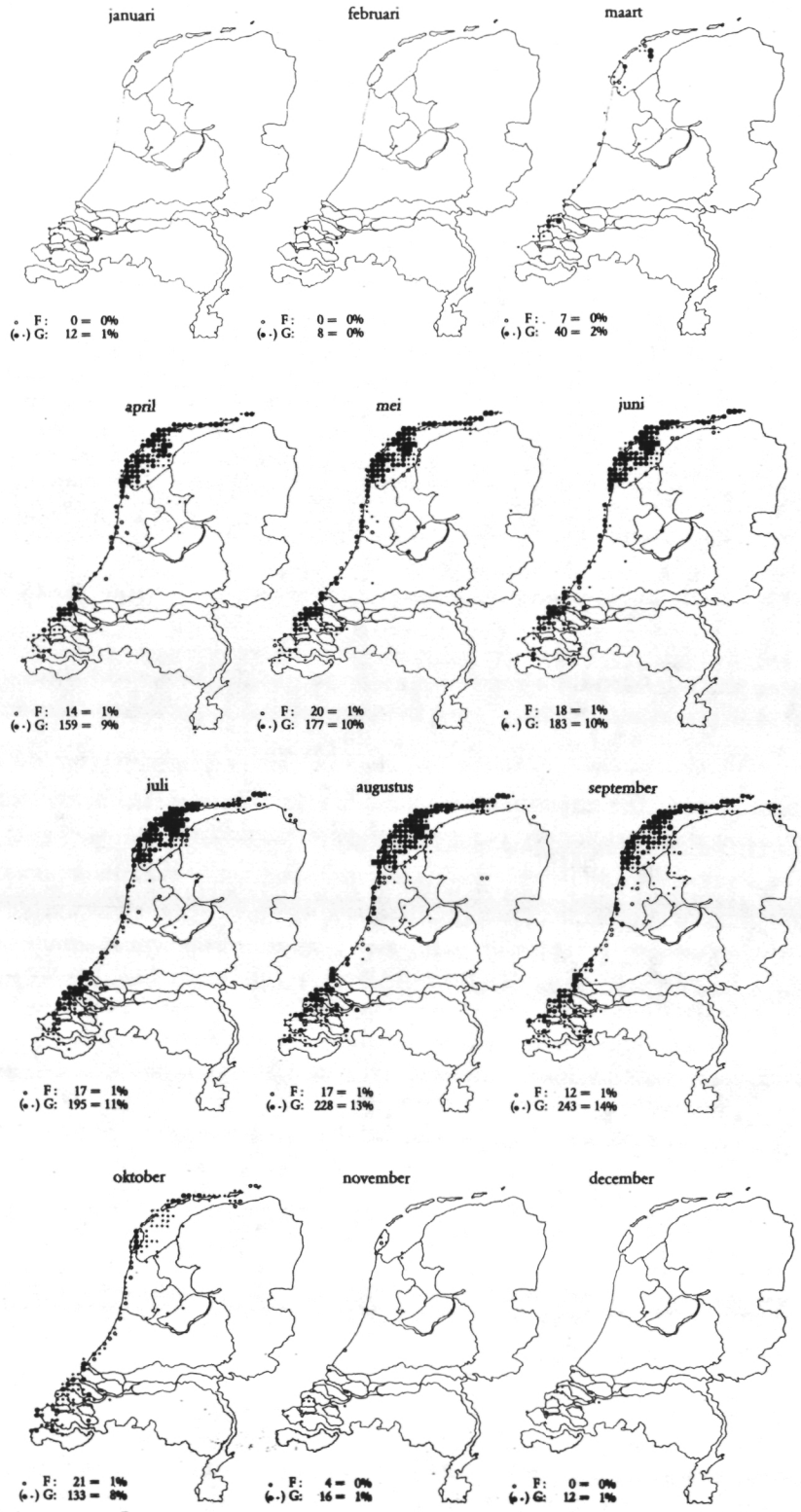
3.2.1 Verspreiding

De grote stern is ook rond 1990 in Nederland over slechts een paar kolonies in het Deltagebied (waar de Hooge Platen en Markenje/Hompelvoet de plaats van de Beer en Schouwen hebben overgenomen) en de Waddenzee (met nog steeds Texel en Griend) verspreid. Het aantal kolonies waar grote sterns deze eeuw al dan niet tijdelijk gebroed hebben, is echter aanzienlijk groter (fig. 5, tabel 18, bijlage 1).

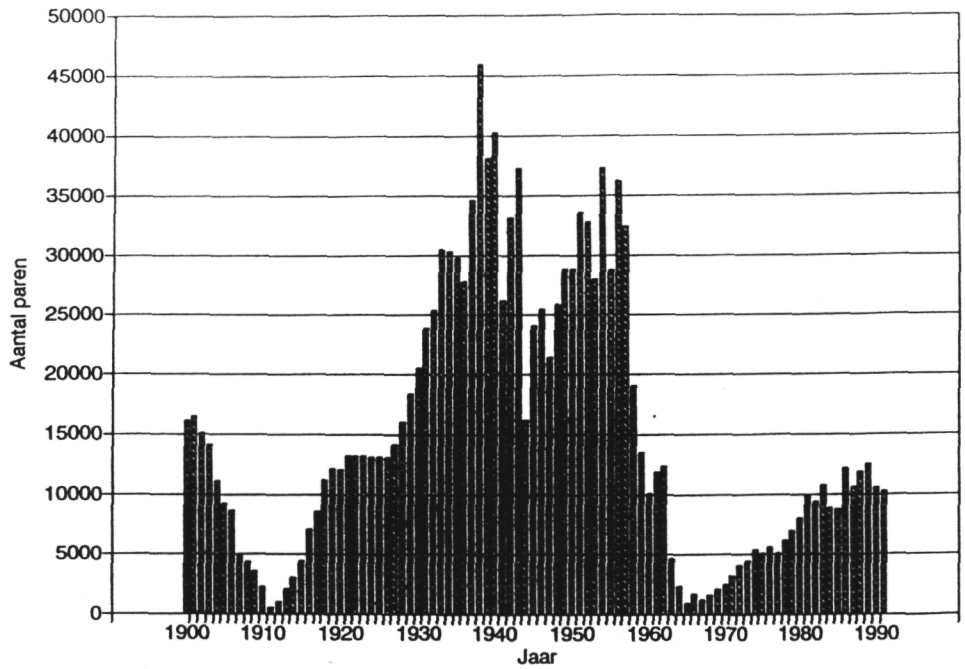
In figuur 7 is de maandelijkse verspreiding van de grote stern in Nederland te zien. Deze verspreiding is strikt kustgebonden. De grote stern wordt in Nederland vooral van maart tot oktober waargenomen. Het meest talrijk zijn ze in augustus en september, wanneer er ook veel doortrekkers naast de Nederlandse broedvogels met hun jongen verblijven (SOVON 1987).

3.2.2 Aantallen

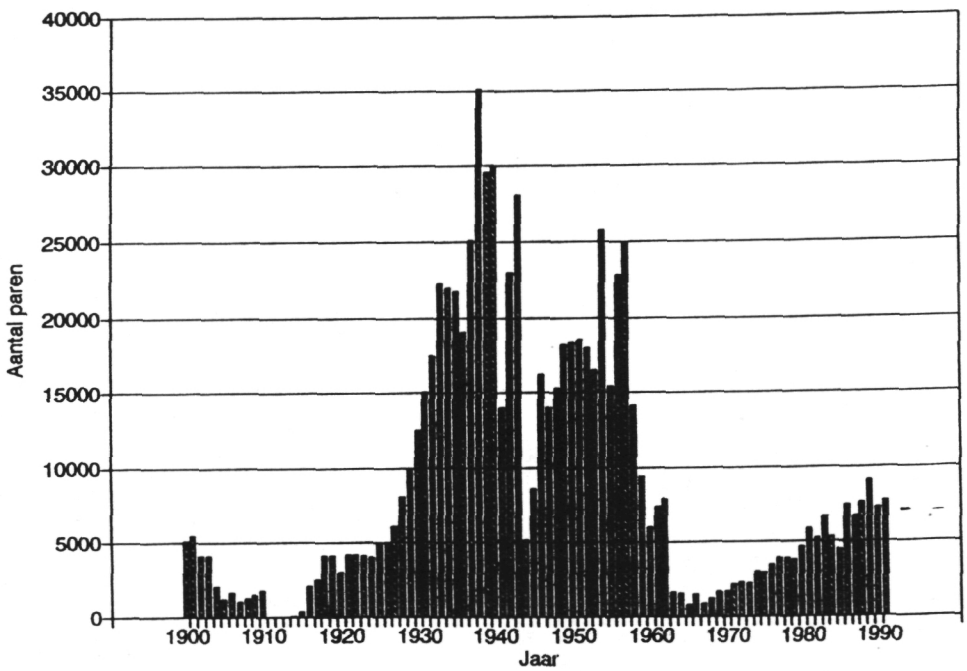
Vanaf de jaren dertig is er in Nederland een grote toename geweest tot 40 000 paren in 1938 (fig. 8). Het merendeel van deze vogels broedde in de Waddenzee, met name op Griend (fig. 9). Er waren toen nog niet zoveel grote sterns in het Deltagebied (fig. 10). In diezelfde tijd zijn toen de tijdelijke kolonies rond het net afgesloten IJsselmeer gevormd. Maar deze stelden qua grootte meestal niet zoveel voor (fig. 11). Aan het einde van de Tweede Wereldoorlog is er in Nederland door eierraperij en verstoring een tijdelijke inzinking geweest tot 16 000 paren in 1944. Dit is voornamelijk veroorzaakt door de sterke teruggang in de Waddenzee. Daarna zijn de aantallen weer omhooggegaan naar ongeveer 36 000 paren in 1956. Daarbij kwamen de aantallen in het Deltagebied weer boven de aantallen in de periode voor de Tweede Wereldoorlog. In de Waddenzee en het IJsselmeergebied namen de aantallen weliswaar ook toe, maar zij zijn daar niet meer op het vooroorlogse peil gekomen. Vanaf het einde van de jaren vijftig zijn de aantallen weer achteruitgegaan. Deze daling begon in het Deltagebied door het kleiner worden (vanaf 1958) en later verdwijnen (in 1964) van het broedgebied de Beer. In 1958 werd een telodrin-proeffabriek aan de Nieuwe Waterweg opgestart, die de Nederlandse kustwateren vanaf dat jaar verontreinigde met chloorkoolwaterstoffen. Als gevolg daarvan liep ook in de Waddenzee (op Texel en Griend) het aantal broedparen terug. Het dieptepunt vormde de 875 voornamelijk op Griend overgebleven broedparen in 1965. Na de sluiting van de telodrin-fabriek in september 1965 en de daaruit voortvloeiende beëindiging van deze vervuiling met bestrijdingsmiddelen, is het aantal broedparen in ons land weer geleidelijk aan toegenomen tot 10 000 paren in 1991. Alleen rond het IJsselmeer zijn er vanaf 1965 geen broedgevallen meer waargenomen. Maar het oude niveau van het einde van de jaren dertig en het einde van de jaren vijftig van ongeveer 35 000 paren is nog lang niet bereikt (Koeman 1971, Veen 1977, Rooth 1979, Teixeira 1979, Veen & Faber 1989, Meininger 1991, bijlage 1).



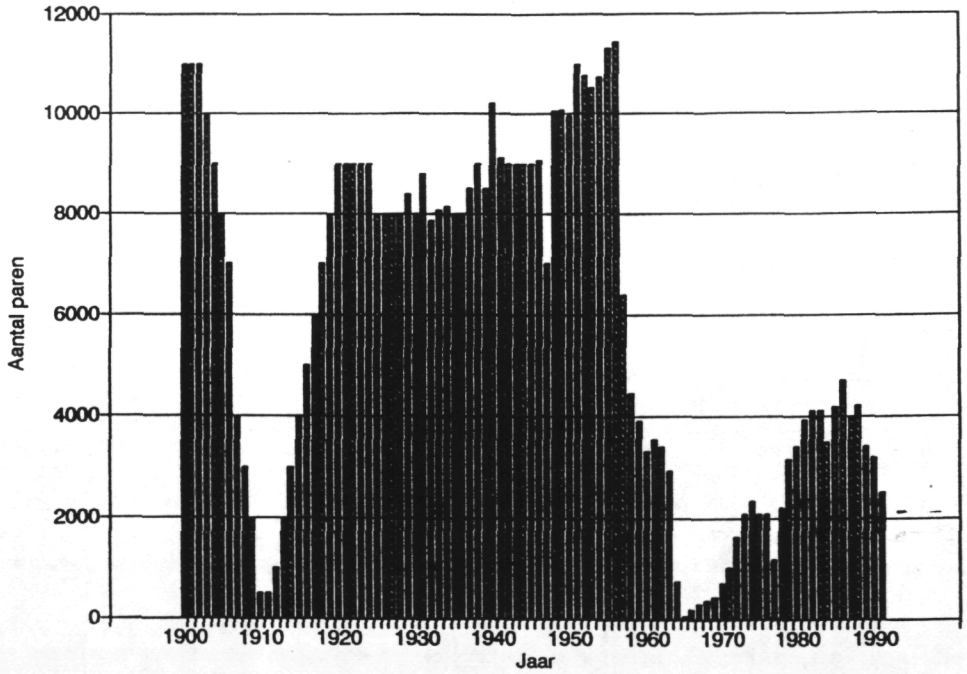
Figuur 7. De maandelijkse verspreiding van de grote stern in Nederland (SOVON 1987).



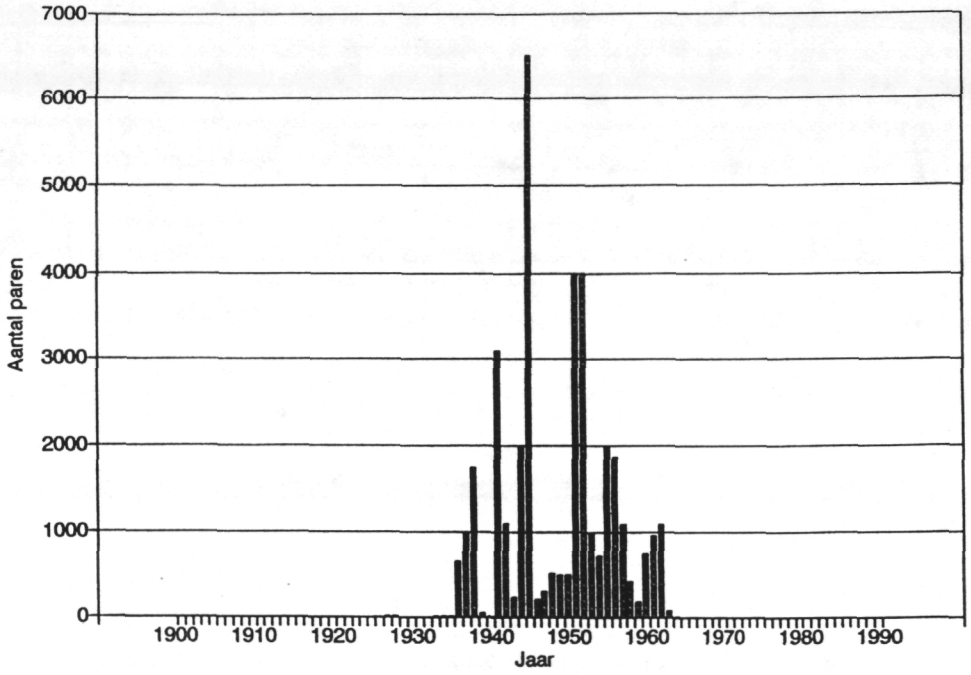
Figuur 8. Het gereconstrueerde aantalsverloop van het aantal broedparen van de grote stern in Nederland in de periode 1900-1991 (zie ook bijlage 1).



Figuur 9. Het gereconstrueerde aantalsverloop van het aantal broedparen van de grote stern in het Waddengebied in de periode 1900-1991 (zie ook bijlage 1).



Figuur 10. Het gereconstrueerde aantalsverloop van het aantal broedparen van de grote stern in het Deltagebied in de periode 1900-1991 (zie ook bijlage 1).



Figuur 11. Het gereconstrueerde aantalsverloop van het aantal broedparen van de grote stern in het IJsselmeergebied in de periode 1900-1991 (zie ook bijlage 1).

4 AUTECOLOGIE

4.1 Broedbiologie

4.1.1 Broedbiotoop

De grote stern nestelt voornamelijk op vlakke eilandjes met een zandige, rotsachtige of met veen bedekte bodem, die op korte afstand van grote, vrijwel altijd zoute en visrijke foerageergebieden liggen. De broedgebieden bevinden zich langs kusten, in waddengebieden en in estuaria. Er komen sporadisch ook binnenlandse broedkolonies voor op laagveen en op niet gebruikte schapenweiden en heide. Zo liggen de broedgebieden op Lough Conn en op Lough Erne in Ierland op 20 km van zee. En de broedkolonie op Grand Cochère (USA) ligt 183 km van de kust af (Voous 1960, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).

Voor het rusten zijn grote sterns aangewezen op strand- en wadvlakten, zandbanken en andere lage, vlakke zandige gebieden. De grote sterns zoeken deze rustgebieden op als ze niet foerageren, zoals met ruw en stormachtig weer. Ook dienen ze als voorverzamelplaats voor de trek en de synchrone bezetting van het broedgebied. Buiten het broedseizoen kunnen op zandbanken bij Texel enkele duizenden vogels overtijen (Voous 1960, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982).

De broedbiotoop van de grote stern is over het algemeen kaal of weinig begroeid (bedekkingsgraad vegetatie 10-30%, hoogte 10-25 cm). Vaak bevindt zich een vegetatierand in de directe nabijheid, waarin de kuikens zich kunnen verschuilen. De nesten liggen op de grond, in het zand, tussen gras of tussen lage zoutplanten. De vegetatie wordt ter plekke erg beïnvloed door de uitwerpselen van kuikens en ouders. De invloed op de vegetatie bij late vestiging is veel minder groot. Als de vegetatie te dicht of te hoog wordt, wordt de broedplaats opgegeven. Door hun korte poten en lange vleugels kunnen grote sterns in een dergelijke vegetatie namelijk niet goed landen en opstijgen (Salomonsen 1947, Rooth & Mörzer Bruijns 1959, Voous 1960, Lind 1963, Lack 1968, Beijersbergen 1976, Veen 1977, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982).

De broedkolonies zijn compact en vaak heel groot (tot wel 25 000 paren). Grote kolonies zijn meestal opgedeeld in subkolonies. De dichtheid is het grootst in het centrum van een kolonie met wel tien nesten per m^2. Aan de rand is deze nog maar twee nesten per m^2. De gemiddelde dichtheid komt op vijf tot zeven nesten per m^2. Grote sterns broeden bij voorkeur nabij en het liefst in het centrum van kolonies van de kokmeeuw (*Larus ridibundus*). Ze broeden ook wel, vooral bij afwezigheid van kokmeeuwen, tussen andere sternesoorten (Voous 1960, Lind 1963, Veen 1977, Cramp 1985).

4.1.2 Aankomst in het broedgebied

Het merendeel van de grote sterns komt in Noordwest-Europa (en dus in Nederland) tussen eind april en begin mei aan in hun broedgebied. Ze zoeken dan niet meteen een nestplaats op, maar verzamelen zich eerst op de roestplaatsen, waar ook de copulaties plaatsvinden. Vervolgens bezetten alle paren van een subkolonie gelijktijdig hun nestterritorium, waarbij ze reeds aanwezige broedvogels, zoals de kokmeeuw, kunnen verdringen (Lind 1963, Beijersbergen 1976, Veen 1977).

De eileg vindt kort na de bezetting van het broedgebied plaats. Doordat iedere subkolonie in dezelfde broedfase verkeert, worden de eieren gelijktijdig gelegd en komen ze ook tegelijk uit. Dit heeft tot gevolg dat de gevoelige periode van de subkolonie voor predatoren verkort wordt (Lind 1963, Beijersbergen 1976, Veen 1977, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).

Pas na het leggen van het eerste ei ontstaat er een agressief territoriaal nestgedrag in het nestgebied. In tegenstelling tot andere sternesoorten beperkt het agressieve gedrag van de grote stern zich voornamelijk tot dreigen. Het aanvallen van predatoren wordt meestal aan naburige kokmeeuwen en andere sterns overgelaten. De territoria worden, waarschijnlijk uit ruimtegebrek, niet gebruikt om te poetsen of te rusten (Lind 1963, Veen 1977).

4.1.3 Legselgrootte

Het legsel bestaat normaal uit één of twee, en zelden uit drie eieren. De gemiddelde legselgrootte neemt toe met de leeftijd van de vogel. Ze leggen doorgaans slechts één legsel, maar kunnen opnieuw leggen na het verlies van het legsel. Het leg-interval tussen de eieren van hetzelfde legsel is twee tot vijf dagen (Langham 1974, Veen 1977, Cramp 1985).

De gemiddelde legselgrootte schommelt op Griend en in de Grevelingen de laatste decennia tussen 1,1 en 1,8 eieren per paar (gemiddeld 1,6 eieren). In Zweden is een geringe afname te zien van gemiddeld 1,7 eieren per paar in 1947 naar gemiddeld 1,5 eieren per paar in 1977 (Mathiasson 1980). In andere Noordwesteuropese kolonies varieert de legselgrootte van gemiddeld 1,1 eieren per paar (Langham 1974) tot 1,9 eieren per paar (Campredon 1978). Deze getallen duiden op een vrij grote variatie in legselgrootte binnen en tussen broedkolonies, maar een redelijk constant tienjaarlijks gemiddelde van ongeveer 1,6 eieren per paar.

4.1.4 Broedduur

Er kunnen gedurende 2 tot 2½ maand (tussen eind april en begin juli) eieren in de kolonie liggen. Een legsel wordt 21 tot 29 dagen bebroed, met een gemiddelde van 25 dagen. Het broeden begint al na het leggen van het eerste ei. Beide ouders bebroeden de eieren, maar in het begin is het aandeel van het vrouwtje in het broedproces groter dan dat van het mannetje (Fisher & Lockley

1954, Langham 1974, Smith 1975, Veen 1977, Campredon 1978, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).

4.1.5 Broedsucces

Beide ouders verzorgen en voeren de jongen. In niet-verstoorde kolonies kunnen de jongen de gehele opgroeiperiode bij het nest doorbrengen (Chestney 1970). Maar bij de meeste kolonies verlaten de jongen het nest na een paar dagen en trekken naar het strand of de dichtstbijzijnde dekking. Kuikens van hetzelfde legsel kunnen zich apart over het broedgebied verspreiden (Smith 1975). Vaak worden er ook crèches van jongen van gelijke leeftijd gevormd. De grootste mortaliteit onder de kuikens treedt in de eerste levensdagen (dag 0 tot 3) op. Het gaat hierbij vaak om achtergelaten of verzwakte jongen van een tweelegsel. Deze jongen worden meestal opgegeten door kokmeeuwen of de volgende dag dood gevonden in de buurt van hun nest. Relatief kleine aantallen jongen worden aangetroffen met ziektes of fysieke verwondingen, zoals gebroken vleugels. De sterfte onder grotere kuikens (ouder dan vijf dagen) is doorgaans heel gering. Na 25 tot 30 dagen zijn de jongen vliegvlug (Fisher & Lockley 1954, Lind 1963, Beijersbergen 1976, Veen 1977, Campredon 1978, Blus *et al.* 1979, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982).

Het broedsucces (aantal vliegvlug geworden kuikens per paar per jaar) wordt vaak onderverdeeld in het uitkomstsucces of 'hatching success' en het uitvliegsucces of 'fledging success'. Het uitkomstsucces wordt uitgedrukt in het percentage eieren dat gelegd is en uitkomt, en het uitvliegsucces in het percentage uitgekomen kuikens dat vliegvlug wordt. Het broedsucces is in sterke mate afhankelijk van weersomstandigheden, overspoeling door de zee, voedselvoorziening en predatiedruk (Veen 1977).

Het uitkomstsucces (tabel 4) kan door allerlei biotische en abiotische factoren (4.2, 4.3) tussen jaren op dezelfde broedplaats sterk verschillen. Zo varieerde het in de jaren zestig op Coquet Island (GB) van 21,7% tot 95,7% (Dunn 1972a, Langham 1974) en op Griend van 53,3% tot 75,8% (Veen 1977). Het uitkomstsucces neemt toe met de grootte van de kolonie, maar neemt af in de loop van het seizoen (Veen 1977, Cramp 1985).

Het tweede ei komt één tot vijf (gemiddeld 2,45) dagen later uit dan het eerste. Soms wordt het tweede ei door de ouders al verlaten voordat het uitgekomen is, doordat de ouders met het eerste kuiken wegtrekken. Het uitkomstsucces van het tweede ei is dan ook lager dan dat van het eerste (Veen 1977, Cramp 1985).

Het uitvliegsucces (tabel 5) is bij de grote stern doorgaans wat hoger en constanter dan het uitkomstsucces. Op Coquet Island (GB) was aan het einde van de jaren zestig de variatie vrij gering (86-95%: Dunn 1972a, Langham 1974). Op Griend was het uitkomstsucces in die tijd wat lager (50-60%). Maar onder invloed van extreem opererende biotische en abiotische factoren (4.2 en 4.3) kan het succes dalen tot 15-18% (Dircksen 1932, Brenninkmeijer & Stienen 1992).

Het gemiddelde broedsucces (tabel 6) van de grote stern op Griend (0,7 vliegvlug kuiken per paar) komt redelijk overeen met de gemiddelde waarden op de Hompelvoet (0,75 vliegvlug kuiken per paar) en in de rest van Noordwest-Europa (0,6-0,8 vliegvlug kuiken per paar), bij een range van 0,2-1,1 jongen per paar. Het hoge gemiddelde in Frankrijk is niet meegenomen in de berekeningen, omdat het is berekend aan de hand van alleen het aantal dood gevonden kuikens in plaats van aan de hand van het aantal vliegvlugge jongen. Maar er zijn daar wel veel ouders met twee vliegvlugge jongen gezien (Campredon 1978). Op Griend is in dezelfde periode slechts 11-20% van de kuikens die als tweede waren geboren, vliegvlug geworden. Dit betrof dan steeds gevallen waarin het eerste kuiken vóór het vliegvlug worden was doodgegaan (Veen 1977, Veen & Faber 1989).

4.1.6 Nazorg

De jongen trekken na het uitvliegen naar hetzelfde gebied als de adulte vogels om daar te leren foerageren. Deze gedeeltelijke afhankelijkheid van de ouders bij de voedselvoorziening duurt minimaal vier maanden. Tijdens hun eerste winter worden de jongen onafhankelijk van hun ouders (Lind 1963, Dunn 1972b, Beijersbergen 1976, Veen 1977, Campredon 1978, Møller 1981, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982).

4.1.7 Rui

De kuikens hebben al na drie weken het donskleed vervangen door een echt verenkleed. De juveniele grote sterns hebben een volledige rui, die al vrij snel na het uitvliegen in augustus of september begint. Ze ruien de lichaamsveren geleidelijk van snavel naar staart tussen augustus en april. De kopveren, de meeste vleugeldekveren en een deel van de arm- en staartpennen ruien tussen augustus en december. De overige arm- en staartpennen en alle handpennen ruien tussen eind december-januari en mei-juli (Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).

De najaarsrui van adulte grote sterns is ook volledig en begint al tijdens het broedseizoen. De rui van de kopveren begint tussen mei en juni en eindigt tussen eind augustus en eind september. De rui van de staartpennen start meestal half mei en duurt gewoonlijk tot begin oktober. De rui van lichaamsveren en hand- en armpennen begint tussen eind juli en eind augustus en eindigt eind october. Eind december zijn bijna alle handpennen vernieuwd en is de najaarsrui beëindigd. De voorjaarsrui van de adulte sterns is onvolledig en vindt plaats tussen februari en april in de overwinteringsgebieden. De kopveren ruien doorgaans tussen half februari en eind maart. De binnenste handpennen, de staartpennen en de lichaamsveren ruien opnieuw tussen november-december en eind februari (Stresemann & Stresemann 1966, Nehls 1971, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).

4.1.8 Emigratie

De grootte van een populatie wordt bepaald door reproduktie en immigratie enerzijds en door mortaliteit en emigratie anderzijds.

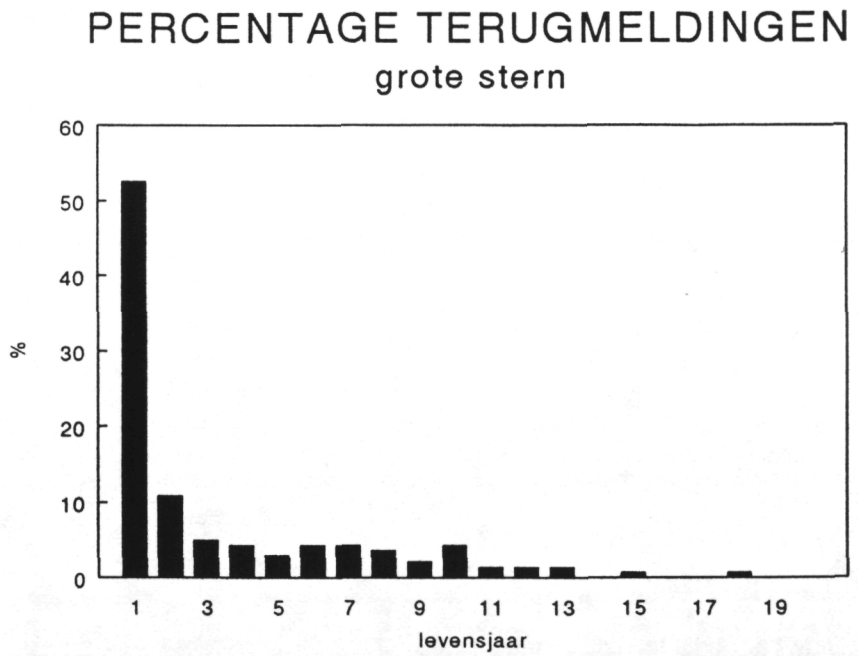
Jongen keren vaak terug naar de kolonie waar ze zijn geboren, om er te gaan broeden. Maar een deel (15%) van de jongen emigreert naar een nestplaats buiten het geboortegebied (Müller 1959). Volwassen sterns vertonen een nog sterkere neiging om steeds naar een eenmaal gekozen broedplaats terug te keren. Maar er vindt wel uitwisseling plaats tussen verschillende kolonies. Na het verlies van eieren en/of kuikens door overstroming of predatie kan een totale broedkolonie naar een andere broedplaats verhuizen. Maar ze kunnen in de daaropvolgende seizoenen ook weer terugkeren naar hun oorspronkelijke broedkolonie, wanneer daar de slechte omstandigheden weer ten goede zijn veranderd (Veen & Faber 1989).

4.1.9 Immigratie

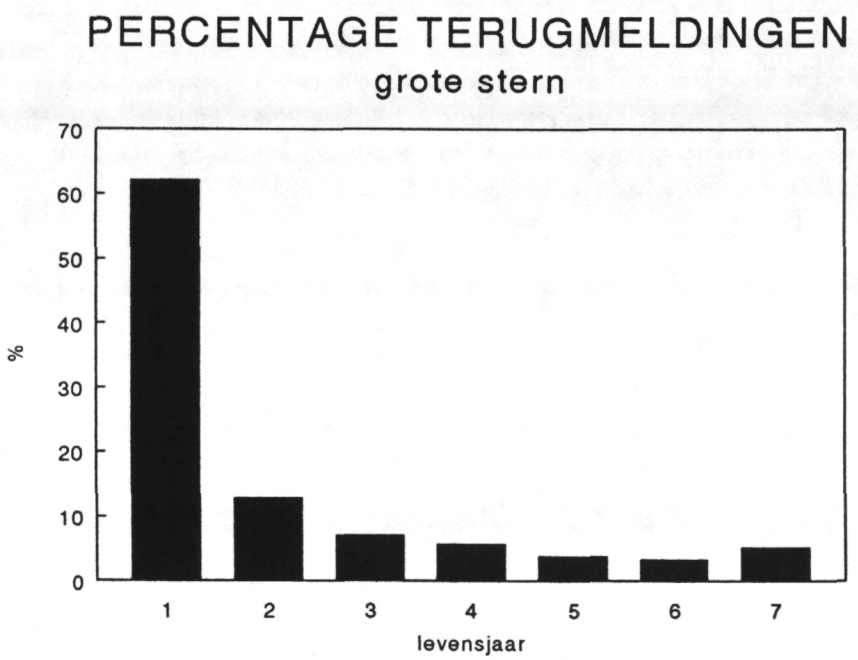
Nieuwe broedkolonies ontstaan door immigratie van zowel ervaren als onervaren broedvogels. Van de tussen 1965 en 1968 gevangen broedvogels in de nieuwe kolonie op Langenwerder (Duitsland) broedde ongeveer 50% voor het eerst. Er zaten ook oude en ervaren broedvogels bij (Nehls 1969). Maar bij het in stand houden van een broedkolonie speelt immigratie meestal niet zo'n grote rol. Bij een ramp, zoals de massale sterfte van grote sterns in de jaren zestig op Griend, kan het herstel van de kolonie echter in gang gezet worden door immigratie. Zo bleek van de 75 op Griend in 1971 en 1972 gevangen geringde broedende grote sterns ruim de helft als nestjong in het buitenland geringd te zijn. Het is echter niet aannemelijk dat de verdere stijging van de populatie geheel door immigratie is veroorzaakt (Veen & Faber 1989). Uit berekeningen blijkt dat ruim 10% van de jaarlijkse aanwas uit geïmmigreerde vogels bestaat (4.1.11).

4.1.10 Mortaliteit

Uit terugmeldingen blijkt de grote stern minimaal 23 jaar oud te kunnen worden. Müller (1959) heeft melding gemaakt van een in april 1957 na 23 jaar en negen maanden dood gevonden vogel. Rydzewski's (1978) oudste geringde vogel was 23 jaar en zeven maanden. Op Griend is in mei 1991 zelfs een broedende grote stern met een leeftijd van 23 jaar en 11 maanden afgelezen. Er worden zelden vogels teruggemeld die ouder zijn dan 15 jaar (Müller 1959, Cramp 1985).

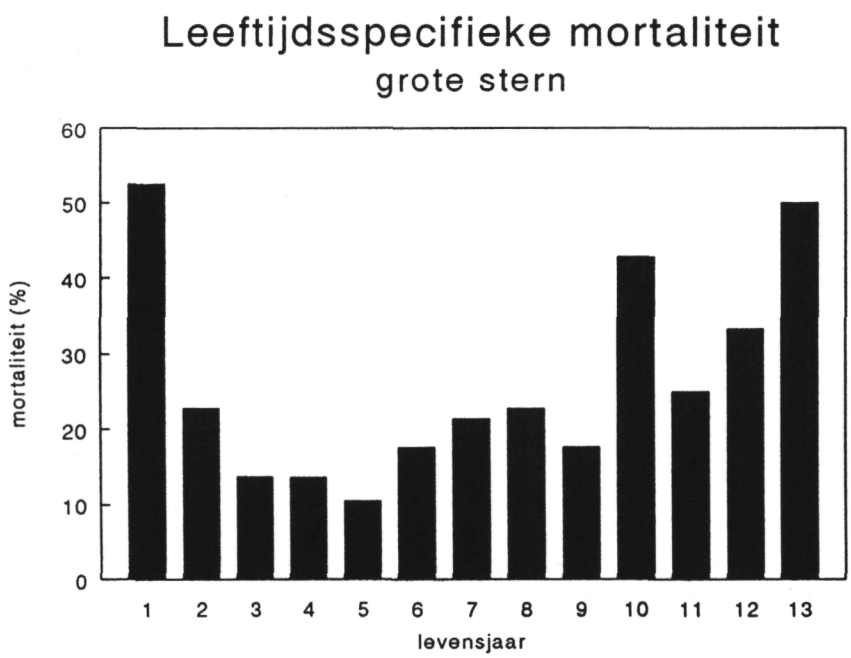


Figuur 12. Het percentage dood teruggemelde, in 1970-1973 in Nederland geringde grote sterns (N = 139).



Figuur 13. Het percentage tussen hun eerste en zevende levensjaar dood teruggemelde, in 1970-1984 in Nederland geringde grote sterns (N = 211).

Op basis van studies van Stercorariidae, Laridae en andere Sternidae ligt de verwachte jaarlijkse mortaliteit van de grote stern rond de 10% (DiConstanzo 1980). Wanneer men kijkt naar het percentage dood teruggemelde, in 1970-1973 in Nederland geringde grote sterns (N = 139), dan ziet men dat ongeveer 50% van alle dood teruggemelde vogels bestaat uit eerstejaars vogels, ongeveer 10% uit tweedejaars vogels en ongeveer 5% uit derde- en ouderejaars vogels. Deze percentages lopen vanwege het uitdunnen van de populatie geleidelijk aan terug naar 0% (fig. 12). Bij het nemen van een grotere steekproef (N = 211, 1970-1984) en een korter aantal levensjaren (7) blijft dit aflopende beeld ongeveer hetzelfde (fig. 13). Met het percentage dood teruggemelde grote sterns kan de leeftijdsspecifieke mortaliteit (het percentage per levensjaar dood gevonden sterns ten opzichte van het totale aantal dood gevonden sterns) berekend worden (fig. 14). Dan blijft de grote sterfte in het eerste levensjaar van meer dan de helft van de vogels bestaan. Maar door te corrigeren voor het steeds kleiner wordende aantal ouder wordende vogels, blijkt de levensverwachting voor tweede- en ouderejaars vogels ongeveer gelijk te blijven. Berekeningen van de jaarlijkse mortaliteit van de grote stern aan de hand van de Nederlandse ringgegevens komen uit op 16,8-23,7% (tabel 7).



Figuur 14. De leeftijdsspecifieke mortaliteit van de in 1970-1973 in Nederland geringde grote sterns (N = 139).

4.1.11 Populatiedynamiek

Er is een aantal moeilijkheden omtrent het opstellen van een populatiedynamisch model voor de grote stern.

(1) De betrouwbaarheid van de schatting van de mortaliteit op basis van terugmeldingen van als kuiken geringde en later dood gevonden vogels is niet altijd even groot (Lakhani & Newton 1983, Anderson *et al.* 1985).

(2) De mortaliteit tijdens de trek en de overwintering in Afrika, waar de grote stern het grootste deel van het jaar doorbrengt, is zeer moeilijk vast te stellen (Meininger 1988, Veen & Faber 1989).

(3) Het schatten van de mortaliteit op grond van het percentage opnieuw broedende vogels stuit op methodologische problemen (Nisbet 1978).

(4) Kleurringen en aluminium ringen gaan door slijtage mogelijk veel minder lang mee dan de vogels die deze ringen dragen. Roestvrijstalen ringen hebben een verwachte levensduur van minimaal 40 jaar en zijn dus veel geschikter (Hatch & Nisbet 1983).

Wanneer we het ringverlies buiten beschouwing laten, dan worden er in een totale Europese populatie van ongeveer 140 000 grote sterns bij een (geschat) ringpercentage van 5% en een jaarlijkse mortaliteit van 16,8% en een terugmeldkans van 1,7% (139 terugmeldingen van de 7965 in 1970-1973 in Nederland geringde grote sterns) slechts 1,73 geringde vogels van 23 jaar of ouder teruggemeld. Een mogelijke maximale leeftijd van een grote stern (van minimaal 23 jaar) en een leeftijdsafhankelijke sterfte worden onbelangrijk, wanneer de jaarlijkse mortaliteit zo groot is dat de meeste vogels door ongelukken, jacht, ziekte of andere doodsoorzaken reeds vóór het bereiken van die leeftijd zijn gestorven.

De gemiddelde leeftijd van geringde broedende grote sterns op Griend in de hersteljaren 1971 en 1972 was 5,44 jaar (Veen 1977). De dood gevonden sterns die tussen 1970 en 1973 in Nederland geringd zijn, zijn gemiddeld 2,44 jaar oud geworden.

Op basis van de analyse van ringgegevens van 281 in 1915-1970 dood gevonden, in Nederland geringde grote sterns heeft A.J. Cavé van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek te Heteren berekend dat gemiddeld 43,2% van de uitgevlogen jongen het eerste jaar overleeft; 94,7% van de overgebleven vogels overleeft het tweede jaar; 76,3% van de dan nog levende vogels overleeft het derde jaar en elk volgend jaar (tabel 7). Uit een bewerking van latere gegevens van de Nederlandse Ringcentrale (van tussen 1970 en 1973 dood gevonden, in Nederland geringde grote sterns) blijkt dat 47,5% het eerste jaar overleeft, 77,3% het tweede jaar en 83,2% de daaropvolgende jaren. De grote stern begint meestal in het derde of vierde jaar, en soms al in het tweede jaar, met broeden (tabel 8). Het overlevingspercentage van een uitgevlogen jong dat als broedvogel terugkeert naar de kolonie, wordt geschat op 27,3-31,8% (1915-1970) en 33,6-37,5% (1970-1973). Hierbij is het laagste percentage berekend met de aanname dat alle tweede-, derde- en vierdejaars broeders voor de eerste keer broeden en het hoogste percentage met de

aanname dat alleen de tweede- en derdejaars broeders dat voor de eerste keer doen, terwijl de werkelijke aanwas van voor de eerste keer broedende vogels waarschijnlijk uit tweede-, derde- en een deel van de vierdejaars vogels bestaat (Veen 1977, tabel 7, 8). De jaarlijkse recrutering van nieuwe broedvogels (het gemiddelde broedsucces van 0,35 jong per ouder maal de overleving van de uitgevlogen kuikens tot de eerste broedpoging) wordt hiermee geschat op 9,6-11,1% (1915-1970) en 11,7-13,1% (1970-1973).

De Nederlandse populatie is tussen 1915 en 1970 ongeveer gehalveerd van 4350 naar 2400 broedparen. Hierdoor is een populatieafname ontstaan van 1,08% per jaar. De positieve populatiegroei van 7,7% per jaar is berekend op grond van de groei van 2400 broedparen in Nederland in 1970 naar 10 500 broedparen in 1990. Voor Griend alleen is een positieve populatiegroei van 7,6% per jaar berekend op grond van de groei van 1700 broedparen in 1970 naar 7300 broedparen in 1990 (tabel 7).

De berekende gemiddelde jaarlijkse mortaliteit van adulte grote sterns ligt met 16,8% (van vogels tussen de 2 en 9 jaar oud van 1970-1973) en 23,7% (van vogels ouder dan 2 jaar van 1915-1970) aanzienlijk hoger dan de 10% van Stercorariidae, Laridae en andere Sternidae (DiConstanzo 1980).

De immigratie kan nu berekend worden door de populatiegroei en de mortaliteit bij elkaar op te tellen en daar de recrutering vanaf te trekken. Dan blijkt de immigratie tussen 1915 en 1970 ongeveer even groot te zijn (10,8-13,0%) als die tussen 1970 en 1973 (11,4-12,7%).

4.2 Abiotische factoren

4.2.1 Overstroming

De grote stern heeft een sterke voorkeur voor broedkolonies die door water omringd zijn. Water is de belangrijkste factor om landroofdieren op afstand te houden. Vaak overstromen de broedgebieden buiten het broedseizoen. Hierdoor wordt de successie van de vegetatie teruggezet, zodat de plaats daarna weer geschikt is om te broeden. Een overstroming tijdens het broedseizoen kan echter het broedresultaat sterk negatief beïnvloeden. Om de kans hierop te verkleinen, kiest de grote stern bij voorkeur de hoogste plaatsen uit om te broeden. Maar naarmate het seizoen vordert, worden steeds meer plaatsen ongeschikt, doordat ze reeds bezet of overgroeid zijn met vegetatie. Dan wijken de overgebleven broedparen, meestal bestaande uit jonge vogels en immigranten, noodgedwongen uit naar lager gelegen broedplekken. Op Griend is de invloed van overstroming op de broedresultaten van de grote stern verwaarloosbaar, aangezien er sinds 1964 slechts één keer een subkolonie is weggespoeld. Tegenwoordig komen er op de Hompelvoet ook geen te hoge vloeden meer voor. Maar vóór de afsluiting van de Grevelingen zijn de broedgebieden daar vaak ondergelopen (1956, 1960, 1961, 1963, 1965 en gedeeltelijk in 1970),

waarbij veel kuikens en eieren verloren zijn gegaan. Ook in Deveaux Bank (USA) zijn in 1975 honderden jonge kuikens dood gevonden na een springtij welke gepaard ging met zware regenval (Beijersbergen 1976, Veen 1977, Blus *et al.* 1979, Veen & Faber 1989).

4.2.2 Zand

Overstuiving van de broedplaats met zand kan voor een kolonie voordelig zijn, omdat hierdoor de successie van de vegetatie weer wordt teruggezet. Het gebied wordt dan opnieuw geschikt als broedplaats. Tijdens het broedseizoen kunnen in zandige gebieden gedurende perioden met harde wind echter eieren en jongen door het stuivende zand verloren gaan. Bijzonder kwetsbaar zijn de rondlopende donsjongen. Stuivend zand vult bij deze kuikens het donskleed, waardoor ze immobiel worden. Daarna stuiven zij gemakkelijk onder. Sterfte door stuivend zand is op Griend nooit aangetoond. Maar daar komen ook geen uitgestrekte zandvlakten voor (Rooth 1956, Mes *et al.* 1980, Veen & Faber 1989).

4.2.3 Wind

Intermediaire windsnelheden kunnen voordeliger zijn voor het vissucces (het aantal gevangen vissen per tijdseenheid) dan hoge en lage windsnelheden, doordat grote sterns bij gematigde windsnelheden gemakkelijker biddend boven het wateroppervlak kunnen foerageren (Dunn 1973, 1975). Bij weinig wind en een gladde zee, een zeldzaam verschijnsel aan de noordoostkust van de Atlantische Oceaan overigens, kan bovendien het silhouet van een biddende stern de vissen die zich vlak onder het wateroppervlak bevinden, verjagen. Harde wind verstoort het wateroppervlak zodanig dat het zicht van de stern op de vis beperkt wordt. Grote sterns zijn oogjagers, die vooral met stootduiken vis vangen. Bij stormachtig weer kost het de vogels meer moeite om met deze vistechniek voldoende vis te vangen en wordt er minder vis in de kolonie aangevoerd. Ook bij een beperkt zicht, zoals bij mist, wordt er minder vaak en met minder succes gefoerageerd (Whitlock 1927, Pettingill 1939, Hawksley 1957, Phillips 1962, Howard 1968, Salt & Willard 1971, Dunn 1972a, Veen 1977, Teixeira 1979). Bij harde wind wordt bovendien de verspreiding van de prooien beïnvloed (Birkhead 1976, Safina & Burger 1988, Frank & Becker 1992). Het vissucces is positief gecorreleerd met de windsnelheid, tot ongeveer 26 km/uur. Elke km toename van de windsnelheid resulteert dan in een toename van de vangst met 0,16 vis per uur (Dunn 1973). Bij windsnelheden boven de 26 km/uur wordt het vangsucces (het aantal gevangen vissen per vangpoging) minder. En bij een windsnelheid boven de 32 km/uur gaat op Griend het vangsucces van ouders met grote jongen sterk omlaag. De adulte sterns blijven dan proberen om grote vissen langs de Noordzeekust te vangen en keren vaak zonder vis terug. Paren met kleine jongen (0-2 dagen oud) schakelen dan met succes over op het vangen van kleine vissen in rustiger (Waddenzee) water (Veen 1977). In het Ythan-estuarium (GB) verandert een windsnelheid tot 56 km/uur het vangsucces niet, maar verlaagt het vissucces wel met 0,025 prooi/min bij iedere km toename in windsnelheid (Taylor 1975, 1983). Tot 80

km/uur kunnen grote sterns nog vis vangen, maar het vangsucces daalt dan wel (Campredon 1978). Boven de 80 km/uur wordt er nauwelijks meer gefoerageerd in de Noordzee (Dunn 1972a). Op Griend stelen kokmeeuwen bij stormachtig weer bovendien 50-100% van het door de grote sterns voor hun kuikens aangebrachte voedsel (Veen 1977). Dit kan een negatieve invloed hebben op de overleving van de kuikens. Op Norderoog is in juli 1931 tijdens een stormperiode van een week twee derde van het aantal aanwezige (al dan niet vliegvlugge) kuikens door ondervoeding en verdrinking op zee omgekomen (Dircksen 1932). In 1975 zijn na een storm en een overstroming op Deveaux Bank (South Carolina, USA) honderden kuikens verdwenen (Blus *et al.* 1979). Ook de vijfdaagse storm van 24 tot 29 juni 1966 en de recente stormperiode in juni 1991 hebben op Griend een verhoogde mortaliteit onder de kuikens veroorzaakt. Hier is een correlatie tussen een relatief gering broedsucces en een sterke afname van de voedselaanvoer in stormperioden aangetoond. Kortdurende stormen hebben geen of weinig effect op de sterfte van kuikens, aangezien zij korte perioden van voedselschaarste van twee tot drie dagen kunnen overleven (Tinbergen 1932, Rooth 1958, 1965, Boecker 1967, Salt & Willard 1971, Beijersbergen 1976, Veen 1977, Veen & Faber 1989).

4.2.4 Oververhitting

Op warme dagen worden de eieren door de ouders beschaduwd om oververhitting te voorkomen. Kuikens zoeken met warm en zonnig weer de schaduw op en gaan hijgen om overtollige warmte kwijt te raken. Adulte sterns kunnen bovendien zichzelf, hun eieren en kuikens koelen of van vocht voorzien door hun buikveren nat te maken tijdens scheervluchten over het wateroppervlak. Hittestress kan leiden tot een verhoogde eier- en kuikensterfte (LeCroy & Collins 1972, Mes *et al.* 1978, Grant 1981, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Blokpoel *et al.* 1984).

4.2.5 Onderkoeling

Door verscheidene onderzoekers is omvangrijke sterfte onder jonge grote sterns geconstateerd in perioden met harde wind, regenval en lage temperaturen. Meestal zijn deze dood gevonden jongen sterk vermagerd en lijkt voedseltekort de primaire doodsoorzaak. Bij jongen die niet meer door hun ouders worden bebroed, kan onderkoeling tevens de doodsoorzaak zijn. In de meeste gevallen zijn de effecten van onderkoeling en voedseltekort niet te scheiden, doordat beide gelijktijdig optreden (Veen & Faber 1989).

4.2.6 Getij

Er is een samenhang tussen getij en kleptoparasitisme. Rond laagwater worden er nauwelijks vissen geroofd, omdat de meeste vissen-stelende kokmeeuwen dan niet in de kolonie aanwezig zijn, maar op de drooggevallen platen en slikken foerageren (Veen 1977). Het vermoeden bestaat dat de grote sterns hierop reageren door tijdens laagwater meer vis aan te voeren dan tijdens hoogwater (M. Klaassen, A. Brenninkmeijer & E. Stienen). Tijdens springtij is er een piek in het aantal aangevoerde vissen (Taylor 1975).

4.2.7 Tijdstip van de dag

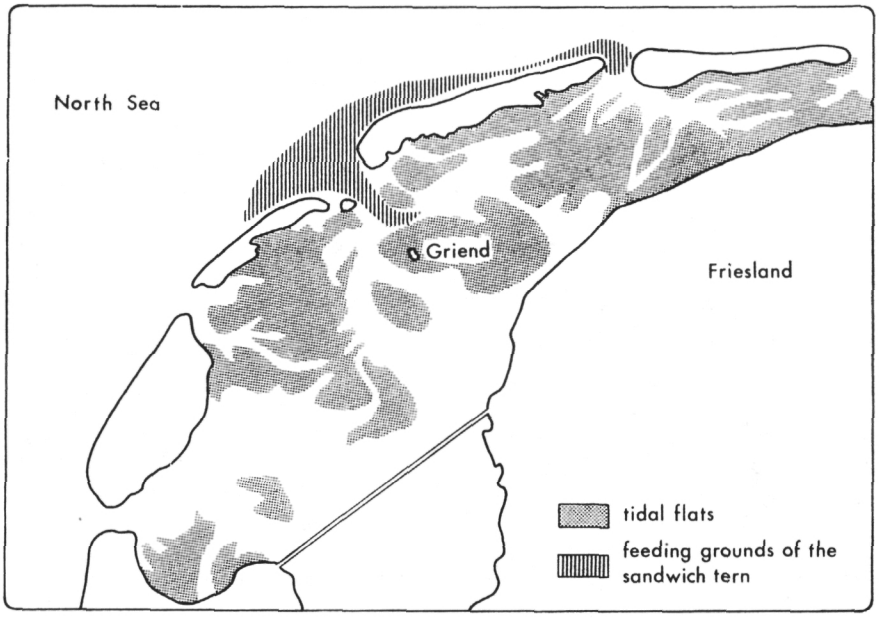
In de periode vóór de eileg foerageren de meeste sterns overdag (van 5.00 uur tot 18.00 uur) op zee. Tussen 18.00 uur en 20.00 uur verzamelen ze zich in grote zwermen om gezamenlijk de nacht door te brengen. In de vroege ochtend verdwijnen ze dan weer om te gaan vissen (Veen 1977). De aanvoerfrequentie van vis voor de kuikens lijkt het grootst in de uren na zonsopkomst en vóór zonsondergang (Langham 1968, Pearson 1968, Dunn 1972a, Veen 1977, Cramp 1985, M. Klaassen, A. Brenninkmeijer & E. Stienen).

4.3 Biotische factoren

4.3.1 Voedsel van de adulte sterns

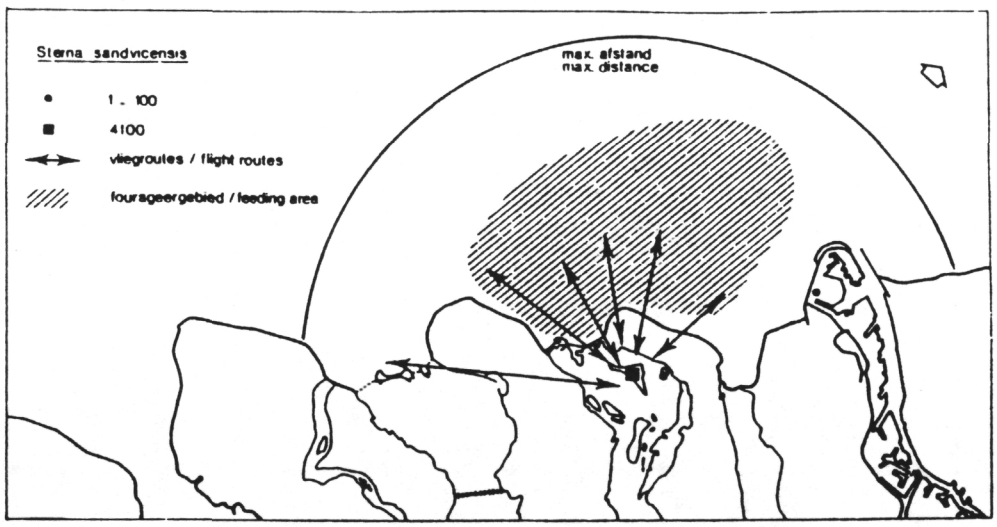
Grote sterns zijn vrij gespecialiseerde viseters, die hun voedsel hoofdzakelijk met een stootduik in de bovenste 1,5 m (Dunn 1972a) tot 2 m (Borodulina 1960) van het zeewateroppervlak vangen. Tijdens het vissen worden de grote sterns al van een vrij grote afstand (500 m en verder) aangetrokken door andere duikende sterns en meeuwen (Voous 1960, Veen 1977, Gochfeld & Burger 1982). Het gemiddelde vangsucces in zo'n groep is 45,6% (bij 480 duiken), terwijl solitair duikende individuen slechts 27,1% van de 427 duiken succesvol zijn (Dunn 1972a). Het voedsel bestaat voornamelijk uit kleine mariene vissen met afmetingen van 5-15 cm en een gewicht van 7-11 g, die in grote scholen in de ondiepe wateren voorkomen. In de zuidelijke Noordzee wordt voornamelijk gevist op Ammodytidae en Clupeidae. Zandspiering (*Ammodytes tobianus*), smelt (*A. lanceolatus*), sprot (*Sprattus sprattus*) en jonge haring (*Clupea harengus*) vormen daar samen 95-99% van het voedselpakket (Veen 1977). Aan de zuid- en oostkust van de USA bestaat het menu van de grote stern voornamelijk uit garnalen (*Peneus* spp.), ansjovis (*Anchoviella* spp.) en *Menidia* spp. (Blus *et al.* 1979). Aan de Atlantische kust van Frankrijk zijn sprot en haring vervangen door koornaarvis (*Atherina presbyter*), sardien (*Sardina pilchardus*) en ansjovis (*Engraulis encrasicholus*) (Campredon 1978). Maar op de meeste plaatsen is zandspiering het stapelvoedsel (90%). Soms stijgt het aandeel van sprot en haring tot 50% (indien plaatselijk ineens beschikbaar). Het aandeel van andere vissoorten komt niet boven de 1% en betreft Gadidae als wijting (*Merlangius merlangus*) en kabeljauw (*Gadus morhua*) en soorten

als steenbolk (*Trisopterus luscus*), driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), zeestekelbaars (*Spinachia spinachia*), horsmakreel (*Trachurus trachurus*), botervisje (*Pholis gunellus*), zuiger (*Liparis liparis*), spiering (*Osmerus eperlanus*), puitaal (*Zoarces viviparis*), verscheidene grondelsoorten (*Gobius* spp.) en paling (*Anguilla anguilla*). Ook garnalen (*Crangon* spp.), inktvis (*Loligo* spp.) en insekten kunnen als voedsel dienen. Er zijn zelfs grote sterns in de Ierse Zee waargenomen die op visafval van vissersboten foerageerden (Dircksen 1932, Rooth 1965, Veen 1977, Campredon 1978, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).



Figuur 15. Het foerageergebied van de op Griend broedende grote sterns (Veen 1977).

De grote sterns van Griend halen hun voedsel vooral uit de Noordzee voor de kust van Vlieland en Terschelling en uit de vaargeul tussen Vlieland en Terschelling (fig. 15). In het Deltagebied vissen de sterns van de Hompelvoet (fig. 16) hoofdzakelijk in de Voordelta, voor de Brouwersdam en voor de kop van Goeree. De grote sterns van de Hooge Platen (NL) en Zeebrugge (België) zoeken hun voedsel voornamelijk in de monding van de Westerschelde. Al deze populaties halen hun vis binnen een straal van 15-40 km van hun broedplaats (Veen 1977, Baptist & Meininger 1984). De grote sterns van de Po-delta (Italië) hebben vergelijkbare afstanden naar de foerageergebieden van 11-15 km (Fasola & Bogliani 1990).



Figuur 16. Het foerageergebied van de op de Hompelvoet (pijlen) broedende grote sterns (Baptist & Meininger 1984).

4.3.2 Voedsel van de jongen

Op Griend eten de jongen voornamelijk zandspiering, smelt, haring en sprot en weigeren practisch alle andere aangebrachte prooisoorten (tabel 9). Één tot vijf dagen oude jongen kregen dagelijks ongeveer 15 (in het begin zeer kleine) visjes met een gezamenlijk gewicht van 15 g voor de eendagskuikens tot 40 gram voor de vijf dagen oude jongen (Veen 1977).

In de Grevelingen (Hompelvoet/Markenje) worden de zeer kleine jongen wel eens met Crustacea gevoerd. Maar het hoofdvoedsel bestaat ook daar uit vis, met name zandspiering, smelt, haring en sprot. Gobiidae, puitaal en geep (*Belone belone*) worden veel minder aangevoerd (Beijersbergen 1976).

In de Camargue (Frankrijk) wordt ieder kuiken gemiddeld 15 keer per dag gevoerd met vissen van 7-11 g, waarmee de dagelijkse opname daar ongeveer 125 g per kuiken bedraagt (Isenmann 1975).

In de Banc d'Arguin (Frankrijk) maken de ouders met twee jongen dagelijks gemiddeld 15 voedselvluchten om de jongen gemiddeld 7-8 vissen (van 8-9 g per stuk en een totaalgewicht van 65 g) per dag per jong te kunnen geven (Campredon 1978).

Op de Farne Islands (GB) brengen ouders met één jong gemiddeld 42 g vis per dag aan in gemiddeld 14 voedselvluchten (Pearson 1968).

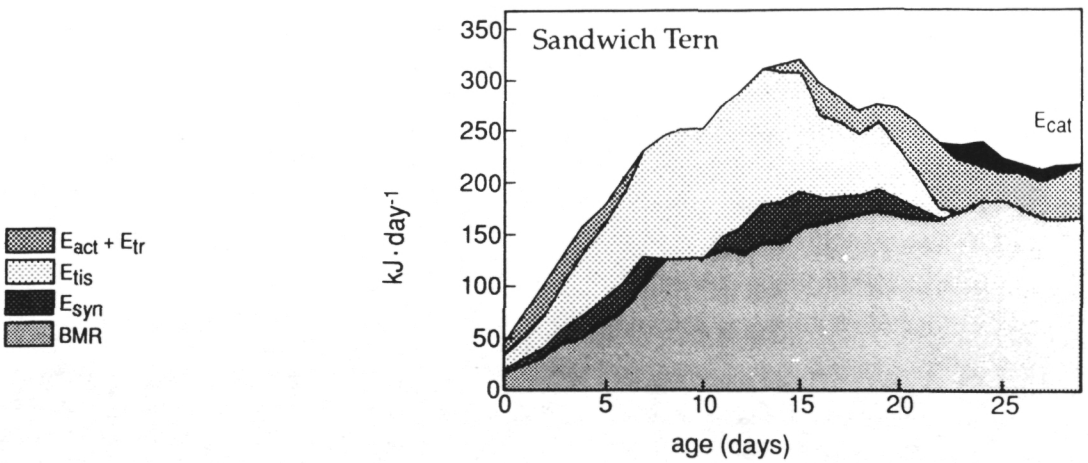
Het is niet duidelijk in hoeverre deze grote verschillen te wijten zijn aan meetfouten dan wel aan verschillende groeistrategieën.

4.3.3 Energiebehoefte van de jongen

De energiebehoefte van snel groeiende en langzaam groeiende kuikens van de grote stern is in het laboratorium gemeten. Hiervoor zijn verscheidene kuikens grootgebracht onder *ad libitum* voedselcondities en een aantal onder beperkte voedselcondities. Van elk individu is de hoeveelheid opgenomen voedsel, de daarmee corresponderende hoeveelheid opgenomen energie en de hoeveelheid via de faeces uitgescheiden energie bepaald. Het verschil tussen de opgenomen energie en de via de faeces uitgescheiden energie vormt de hoeveelheid energie die voor het kuiken verder beschikbaar is (metaboliseerbare energie). De beschikbare energie wordt verdeeld over de kosten voor basaalmetabolisme, synthese en opslag van weefsel, thermoregulatie en activiteit (Klaassen *et al.* 1992b). Het traagst groeiende kuiken bleek 24% minder energie nodig te hebben dan het snelst groeiende kuiken, bezien over de totale ontwikkelingsperiode (11 087 kJ voor de 'snelle groeier' en 8380 kJ voor de 'langzame groeier'). De maximale dagelijkse energiebehoefte van het traagst groeiende kuiken was 41% lager (263 kJ voor de 'snelle groeier' en 155 kJ voor de 'langzame groeier'). De verschillen in energiebehoeften zijn vooral het gevolg van een toenemende besparing op de kosten voor basaalmetabolisme en verwerking van het voedsel met afnemende groeisnelheid (Klaassen *et al.* 1992b).

Het verkregen energiebudget van kuikens in het laboratorium verschilt echter van het energiebudget van kuikens in het veld. In het veld zijn de kosten voor bijvoorbeeld thermoregulatie anders dan in het laboratorium. Het broeden op de kuikens in het veld levert een besparing van de kosten voor thermoregulatie voor de jongen. Buitentemperaturen die van de laboratoriumtemperatuur afwijken, leiden eveneens tot andere kosten. Ook de kosten van activiteit zijn in het veld anders, omdat vooral oudere kuikens in het veld veel mobieler zijn (Klaassen *et al.* 1992a, 1992b).

In combinatie met de in het laboratorium verkregen kosten voor basaalmetabolisme en biosynthese zijn de kosten voor activiteit als restpost bepaald. In het veld gebruikt een kuiken van de grote stern van de metaboliseerbare energie gemiddeld ongeveer 58% procent voor het basaalmetabolisme, ongeveer 5% voor de biosynthese, ongeveer 27% voor de opslag van weefsel en ongeveer 10% voor de thermoregulatie en activiteit (fig. 17). De totale hoeveelheid metaboliseerbare energie die een kuiken van de grote stern nodig heeft van het moment van uitkomen tot het moment van uitvliegen bedraagt gemiddeld 6839 kJ (Drent *et al.* 1992).



Figuur 17. Energiebudget van een kuiken van de grote stern in het veld. BMR = kosten voor basaal metabolisme, E_{syn} = kosten voor de biosynthese, E_{tis} = kosten voor de opslag van weefsel, E_{act} = activiteitskosten, E_{tr} = kosten voor thermoregulatie, E_{cat} = energie verkregen via weefselkatabolisme (Drent et al. 1992).

4.3.4 Invloed van het gedrag van vissen

Zandspiering en smelt worden gevangen op plaatsen met een sterke stroming, waar deze op de bodem levende vissen door de turbulentie van het water naar het wateroppervlak komen (Veen 1977). Haring en sprot bewegen zich meer onder invloed van het getij en kunnen soms in ondiep water in grote scholen binnen het bereik van de sterns komen. Jonge haringen trekken in scholen in de bovenste waterlaag en zijn daardoor gemakkelijk te vangen. Hoe jonger de haring, hoe hoger deze zich in de waterkolom bevindt (Boecker 1967, Veen 1977). Ook kunnen roofvissen, zoals de makreel (*Scomber scombrus*), scholen kleine prooivissen, zoals haring en sprot, uit de diepere geulen omhoog jagen, waardoor deze prooien voor de grote stern beschikbaar komen (Dunn 1972a, Veen 1977, Safina & Burger 1988).

4.3.5 Voedsel tijdens het seizoen

In de Noordzee brengen haring, sprot, smelt en zandspiering de winter door in dieper water (Muus 1966). In het voorjaar migreren ze naar de ondiepere kustwateren, waar ze tot het einde van de zomer blijven. De voor de kleine kuikens zo belangrijke jonge haring van 2,5-3,5 cm komt tussen februari en april de Waddenzee binnen. Deze jonge haring groeit daarna snel door naar een lengte van 3-5 cm in juni (Postuma *et al.* 1965). Waarschijnlijk wordt door dit toenemende voedselaanbod, alsmede door de toenemende daglengte, de

eileg geïnduceerd en gesynchroniseerd. Onder normale omstandigheden is het aanbod van jonge haring en jonge zandspiering talrijk in de tijd dat de jongen uitkomen (Lack 1968, Veen 1977, Teixeira 1979). Na koude winters komen vooral smelt en zandspiering later in het ondiepe kustwater, waardoor veel oudere jongen zouden kunnen doodgaan vanwege voedselgebrek (Teixeira 1979). De aanwezigheid van haring, sprot, smelt en zandspiering kan dus aanzienlijk variëren van plaats tot plaats en van jaar tot jaar (Tieuws 1971).

Ook in Curaçao valt het broedseizoen midden in de zeer visrijke periode van maart tot september. Dolfijnen en sterns jagen dan op dezelfde vis (Ansingh *et al.* 1960).

4.3.6 Voedselaanbod in de overwinteringsgebieden

Maaginhouden van grote sterns uit Sierra Leone bevatten sardien (*Sardinella eba*), mul (*Mullus* spp.), ansjovis (*Engraulis guineensis*) en *Brachydeuterus auritus* (Dunn 1972a). In Ghana zijn sardines (*Sardinella aurita*) het belangrijkste voedsel (Grimes 1977). Maar er is verder weinig over het voedselaanbod en de voedselsamenstelling van de grote stern in de overwinteringsgebieden bekend.

4.3.7 Predatie

Predatie in de broedgebieden vindt voornamelijk plaats op eieren en kuikens. Eieren worden het meest gepredeerd wanneer ze net gelegd zijn. En later in het seizoen gelegde legsels worden meer gepredeerd dan vroege legsels. De kokmeeuw is op Griend in 90% van de gevallen de eipredator. Deze kapers hadden in zes waarnemingsjaren (1966-1968, 1970-1972) gemiddeld 14,3% van alle door grote sterns gelegde eieren geroofd. Maar meer dan de helft van al deze geroofde eieren kwam uit verlaten of anderszins verloren gegane legsels. Het effect van eipredatie op het uiteindelijke broedsucces blijft hierdoor betrekkelijk gering (Veen 1977, Veen & Faber 1989).

Op Curaçao neemt de lachmeeuw (*Larus atricilla*) deze rol van de kokmeeuw over, door ongeveer 10% van de eieren van de grote stern te roven (Ansingh *et al.* 1960). In Noord-Amerika is de ringsnavelmeeuw (*Larus delawarensis*) de voornaamste eierrover (Blus *et al.* 1979).

Op Griend is tussen 1966 en 1972 gemiddeld 12% van de kuikens van de grote stern gepredeerd en is 33% doodgegaan door voedselgebrek of doordat zij door de ouders in de steek zijn gelaten. Gemiddeld 8,6% (6,2-12,0%) van de kuikens (bijna drie kwart van alle predatie) is tussen 1966 en 1971 door kokmeeuwen opgegeten. Deze geroofde jongen bleken echter voor 80% te behoren tot de categorie 'reeds verloren kuikens'. Hierdoor blijft het effect van kokmeeuwenpredatie op kuikens geringer dan het geroofde percentage doet vermoeden. Zilvermeeuwen (*Larus argentatus*) en grote mantelmeeuwen (*Larus marinus*) hebben in 1970 en 1971 op Griend 1,2-5,9% van de kuikens van grote sterns geroofd. De roof door deze meeuw betreft echter naast kleine

kuikens ook grote kuikens met een goede kans op uitvliegen (Van den Assem 1954b, Veen 1977, Veen & Faber 1989). In mindere mate zijn ook kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*), stormmeeuw (*Larus canus*), scholekster (*Haematopus ostralegus*) en zwarte kraai (*Corvus corone corone*) predatoren van eieren en kuikens. Op Curaçao worden nauwelijks kuikens gepredeerd. De lachmeeuw rooft daar af en toe jonge kuikens (Ansingh *et al.* 1960).

Als grondpredator wordt zowel in Nederland als in het buitenland een aantal zoogdieren genoemd, zoals vos (*Vulpes vulpes*), hermelijn (*Mustela erminea*), wezel (*Mustela nivalis*), bunzing (*Mustela putorius*) en egel (*Erinaceus europaeus*) (Veen 1977). Wanneer grondpredatoren infiltreren in een broedkolonie van de grote stern, dan kan dit desastreuze gevolgen hebben (Lind 1963, Kruuk 1964, Bourne & Smith 1974, Beijersbergen 1976). Zo hebben ratten (*Rattus norvegicus*) in 1948 en 1949 alle eieren en jongen van een kolonie van 1000 broedparen op Norderoog (Duitse Waddenzee) geroofd (Veen 1977). In de Makkumerwaard, bij Scheelhoek en op Markenje (Grevelingen) hebben ratten, en op de Hompelvoet hebben hermelijnen, soms aanzienlijke aantallen eieren geroofd (Beijersbergen 1978, Derks & De Kraker 1990, 1991). In South Carolina (USA) hebben in 1972, 1974 en 1975 ratten ook complete kolonies verwoest (Blus *et al.* 1979). En in 1959, 1967 en 1969 hebben ratten, honden, hermelijnen en wezels kolonies op Scolt Head Island (GB) geheel of gedeeltelijk beroofd van eieren en kuikens (Chestney 1970).

Er is in de broedgebieden weinig predatie op volwassen vogels. Op Griend zijn, voor zover bekend zonder succes, adulte grote sterns wel eens aangevallen door een slechtvalk (*Falco peregrinus*) (Veen 1977). Op de Hompelvoet zijn daarentegen gevallen bekend van door zilvermeeuwen gepredeerde broedende grote sterns (verslagen Hompelvoet, J. Beijersbergen). En in 1962 hebben vossen in Ravenglass (GB) 12-15% van de adulte vogels gedood (Kruuk 1964). Ook ratten zijn in staat om adulte sterns te doden, zoals in 1948 en 1949 op Norderoog (Veen 1977).

4.3.8 Kleptoparasitisme

In Nederland (Van den Assem 1954, Rooth 1958, 1960, Veen 1977), Denemarken (Lind 1963), Groot-Brittannië (Dunn 1973, Langham 1974, Fuchs 1977) en Frankrijk (Isenmann 1972) wordt een variabel deel van de door de grote stern gevangen vis door kokmeeuwen gestolen. Onder normale omstandigheden heeft dit kleptoparasitisme geen invloed op het broedsucces van de grote stern. De kokmeeuwen stelen bij voorkeur de grotere vissen. Dus bij het voeren van de jonge kuikens met kleine vis speelt dit nauwelijks een rol. Vaak worden de grote kuikens weggeleid naar de randen van de kolonie, waar de aangesleepte vissen moeilijker door de kokmeeuwen gekaapt kunnen worden. In combinatie met slechte weersomstandigheden kan de piraterij een complicerende factor vormen bij het vaststellen van de omvang van sterfte door voedselschaarste. Zo is in perioden met harde wind door kokmeeuwen op de Hompelvoet tot 60% en op Griend zelfs tot 100% van de door grote sterns aangevoerde vis gekaapt. Kapers en voedselschaarste kunnen dan gelijktijdig een aanzienlijke sterfte onder de jongen teweegbrengen (Smith 1975, Beijersbergen 1976, Fuchs 1977, Veen 1977, Veen & Faber 1989).

Op Curaçao is de kleptoparasitaire rol van de kokmeeuw overgenomen door de lachmeeuw. De vliegvlugge juveniele lachmeeuwen zijn daar nog succesvoller in het kapen van vis dan de adulte meeuwen (Ansingh *et al.* 1960).

4.4 Najaarstrek

Grote sterns beginnen zich vaak tegen zonsondergang te verzamelen voor de trek. De trekvluchten vinden overdag plaats, meestal een paar honderd meter uit de kust en zelden buiten het continentale plat. Ze vliegen doorgaans enkele meters boven het water, gewoonlijk in kleine groepen, maar soms in grotere aantallen (tot een paar honderd vogels toe). Deze migratie kan onder bijna alle weersomstandigheden waargenomen worden. Alleen tijdens storm en zware regen onderbreken ze de trek (Møller 1981, SOVON 1987).

De trek komt al direct na het broedseizoen op gang. In juli en augustus trekken de grote sterns en hun jongen zowel naar het noorden als naar het zuiden. De aantallen in de noordelijke, voedselrijke gebieden kunnen daarbij behoorlijk oplopen, zoals in Norfolk (GB), waar zich in juli en augustus 25 000 grote sterns kunnen ophouden. Na het wegtrekken van de uitgevlogen jongen met hun ouders wordt de competitie om voedsel in de broedgebieden kleiner. Tijdens het rondtrekken in deze kritische periode moeten de jongen leren vissen. Van de als kuiken in Nederland geringde grote sterns is 0,2% (één adulte stern van de 593 als kuiken geringde, teruggemelde vogels) van de normale trekroute afgeweken en aangetroffen in het Middellandse-Zeegebied (Thomson 1943, Müller 1959, Dunn 1972a, Møller 1981).

In september zijn er nog maar weinig vogels ten noorden of ten oosten van hun broedplaatsen. Het merendeel bevindt zich dan nog wel in Noordwest-Europa. Enkele hebben dan echter al de Golf van Guinee (Ghana) bereikt. In oktober hebben de meeste grote sterns de Noordzee en de Oostzee verlaten. In december worden er nagenoeg geen grote sterns meer boven de 20° NB waargenomen. De trekroute van de Noordwesteuropese populatie loopt langs de kust van Noordwest-Europa en West-Afrika naar de overwinteringsgebieden. Deze bevinden zich gedeeltelijk langs de oostkust van Spanje en gedeeltelijk langs de westkust van Afrika (tot aan Zuid-Afrika). In januari trekt een deel om de Kaap heen langs de zuidoostkust van Afrika tot Mozambique (Müller 1959, Møller 1981, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982).

Uit de analyse van ringgegevens blijkt dat in het buitenland geringde en in Nederland teruggevonden vogels afkomstig zijn uit Zuid-Zweden, Denemarken, Noord-Duitsland, Groot-Brittannië en sporadisch uit Noord-Frankrijk (en een dwaalgast uit North Carolina, USA). De in Nederland geringde grote sterns zijn teruggevonden van Estland, via Polen, Zuid-Zweden, Denemarken, Noord-Duitsland, Groot-Brittannië, België, Frankrijk, Spanje, Portugal, Marokko en de westkust van Afrika tot aan Zuid-Afrika en Mozambique. Ook zijn er adulte vogels gevonden in de Camargue, de Po-vlakte en Algerije (Speek & Speek 1984).

In het midden van de jaren zestig is tijdens de herfsttrek een relatief hoge sterfte opgetreden. Deze sterfte was gecorreleerd met het voorkomen van hoge

concentraties gechloreerde koolwaterstoffen (telodrin, dieldrin en aldrin) in het Nederlandse kustmilieu (Koeman 1971). Er zijn geen aanwijzingen voor perioden met opvallend hoge of lage sterfte in latere jaren (Veen & Faber 1989).

4.5 Overwintering

De meeste Noordwesteuropese grote sterns overwinteren in de riviermondingen van Mauretanië tot Guinee (35 000-40 000 grote sterns in de winter van 1978/1979, Banc d'Arguin) en in de riviermondingen van Ivoorkust tot Nigeria (Müller 1959, Voous 1960, Møller 1981, Meininger 1988).

Het grootste deel van de sterns uit de Nederlandse Waddenzee overwintert tussen de 5° en 16° NB, voor de kust van West-Afrika. Een klein deel zakt verder af naar de kust van Angola. Ook overwinteren er een aantal langs de westkust van Portugal. Enkele grote sterns overwinteren de laatste jaren in het Deltagebied, de Waddenzee en Schotland (Ouweneel 1975, 1981, Rooth 1980, Da Prato *et al.* 1981, SOVON 1987, Thiede 1987).

4.6 Voorjaarstrek

De route in het voorjaar komt overeen met de trekroute in het najaar. De voorjaarstrek begint in februari. Het merendeel van de grote sterns komt midden april in Frankrijk, in de loop van april op de Britse eilanden en eind april in de landen rond de Noordzee en de Oostzee op de plaats van bestemming (Veen 1977, Glutz von Blotzheim & Bauer 1982, Cramp 1985).

4.7 Overzomering

Van de Noordwesteuropese broedpopulatie overzomert ongeveer 81% van de tweedejaars (late tweede kalenderjaar en vroege derde kalenderjaar) grote sterns in Afrika. Er zijn ook sporadische tweedejaars broedgevallen bekend. Bovendien overzomert een aantal derdejaars vogels (25%) nog in Afrika, terwijl al een groter deel van deze jaarklasse in Europa broedt. De meeste grote sterns beginnen evenwel pas als vierdejaars (84%) te broeden. Ook adulte sterns (9%) overzomeren soms in Afrika (Müller 1959, Mead 1971, Veen 1977, Rooth 1980).

4.8 Plaats in de voedselketen

De grote stern is een toppredator, die zich in Nederland bijna uitsluitend voedt met haring, sprot smelt en zandspiering. De meeste predatoren hebben het vooral op zijn eieren en kuikens voorzien. De parasieten staan vermeld in Niethammer (1942).

	koolzuurgas	water	nutriënten	zonlicht
primaire producenten		phytoplankton		
primaire consumenten	zoöplankton		macrozoöbenthos	
secundaire consumenten	zandspiering, smelt, sprot, haring			
tertiaire consumenten		**GROTE STERN**		
quartaire consumenten	kokmeeuw, zilvermeeuw, scholekster, zwarte kraai, uilen, roofvogels, hond, vos, kleine marterachtigen, egel, rat, mens			
parasieten	*Actornithophilus piceus, Austromenopon fuscofasciatum, Koeniginirmus sellatus, Saemundssonia melanocephala, Alloptes bisetatus, Galactosomum cochlear, Hemistomum pileatum, Stephanophora denticulata, Stephanophora pendula, Stephanophora spinosa, Prostorhynchus linearis.*			
reducenten	insekten	schimmels		bacteriën e.d.

5 INGREEP-EFFECT RELATIES

De volgende factoren kunnen de broedresultaten van de grote stern negatief beïnvloeden: eierraperij, kleptoparasitisme, predatie, hoge waterstanden, zandstormen, onderkoeling, oververhitting, voedseltekorten en vergiftiging. Mogelijk spelen bij jonge sterns infectie- en parasitaire ziekten eveneens een rol. Over deze ziekten zijn echter geen gegevens voorhanden (Veen & Faber 1989).

5.1 Jacht

De jacht in de overwinteringsgebieden wordt als een van de belangrijkste sterfte-oorzaken van de grote stern genoemd. Meldingen van honderden gevangen vogels (speciaal degene met ringen) uit Ivoorkust, Mauretanië, Ghana, Senegal, Guinea, Sierra Leone, Togo en Liberia zijn bekend. De meeste grote sterns worden met strikken door de lokale jeugd aan de kust gevangen. Ook worden sterns geschoten of met lokvisjes aan een vislijn met een haak gevangen. Het aantal met aas gevangen vogels varieert van jaar tot jaar. Er is een positief verband tussen vangst van sterns en de beschikbaarheid van de vis die als lokaas dient. Ook speelt de wisselende bevolkingsdichtheid (en de daaruit voortkomende bejagingsdruk) langs de kust een rol. De sterns worden gevangen om als voedsel te dienen, maar ook voor het plezier. In Senegal worden volgens een voorlopige schatting per jaar 5000-20 000 sterns (reuzenstern (*Sterna caspia*), koningsstern (*Sterna maxima*), visdief (*Sterna hirundo*) en grote stern) gevangen. De grote stern is gedurende het gehele jaar algemeen in Senegal en is relatief gemakkelijk te vangen. Bij de aanname van een aandeel van 25% zouden er in Senegal jaarlijks 1250 tot 5000 grote sterns gevangen worden. Dit is 0,9-3,6% van de totale Noordwesteuropese populatie van ongeveer 140 000 vogels. Het vangen van de grote stern wordt in vijf andere Afrikaanse landen nadrukkelijk genoemd als een bedreiging voor de populatie (Mead 1978, Dunn 1981, Møller 1981, Grimmett 1987, Meininger 1988, Dubois 1990).

In het begin van de twintigste eeuw zijn grote aantallen sterns, waaronder ook grote sterns, in Nederland en de rest van Europa gedood om te dienen als versiering voor dameshoeden (Veen & Van de Kam 1988).

5.2 Eierrapen

Dank zij beschermende maatregelen komt dit verschijnsel tegenwoordig nauwelijks meer voor bij de grote stern. Maar in vroegere jaren zijn er zeer aanzienlijke aantallen voor consumptie geraapt. Zo zijn op Schouwen tot in de jaren twintig eieren geraapt in kolonies van 8000-10 000 paar (Meininger 1986).

Op Texel zijn eveneens dergelijke grootschalige activiteiten (manden vol eieren) uit vroegere jaren bekend (Brouwer *et al.* 1950). Ook zijn er in de vorige eeuw grootscheepse eierraap-expedities (van 100 man) naar Griend georganiseerd (Veen & Van de Kam 1988, Veen & Faber 1989).

5.3 Visserij

Er zijn weinig gegevens bekend over de gevolgen van de uitbreidingen van de visserij door de mens voor de grote stern. In South Carolina (USA) zou de toenemende visserijdruk een potentiële bedreiging voor de broedende grote sterns kunnen vormen (Blus *et al.* 1979). In de Noordzee heeft de visserij tot een drastische afname van enkele vissoorten geleid. De makreelstand is sinds 1954 tot het midden van de jaren zeventig afgenomen (Rauck 1978, Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1980, Winters 1980). In het zuidelijke deel van de Noordzee is de haringstand afgenomen in de periode 1967-1975, en daarna weer toegenomen tot 1986 (Corten 1990). In de Nederlandse Waddenzee is de dichtheid van zowel adulte als jonge haringen van 1960-1973 afgenomen (Bergman 1989). De sprotstand in de Noordzee vertoonde juist een enorme toename in de periode 1966-1976. Sinds 1977 is de sprotstand weer afgenomen tot een dieptepunt in 1986, waarna de sprot weer in aantal is toegenomen (Corten 1990). De zandspieringstand is in de periode 1950-1988 in de totale Noordzee enorm gestegen. In de noordwestelijke Noordzee is de zandspieringstand door de visserij van 1982-1989 evenwel aanzienlijk afgenomen. In de zuidelijke Noordzee, waar er weinig op gevist is, zat tussen 1973-1989 weinig zandspiering (Camphuysen 1990, A. Corten). Er is nog geen verband onderzocht tussen het broedsucces van de grote stern, de visserij en de beschikbaarheid en aanwezigheid van zijn voedsel. De grote stern is bovendien afhankelijk van de lokale aanwezigheid en beschikbaarheid van voedsel, terwijl de hierboven genoemde gegevens betrekking hebben op de aanwezigheid van voedsel in een relatief groot deel van de Noordzee of zelfs de gehele Noordzee.

Bij andere visetende vogelsoorten is een duidelijker parallel aangetoond tussen visserijdruk en vogelstand of broedsucces. Na de ineenstorting van de haringpopulatie in 1969 in de Barendtsz Zee door overbevissing is er een gebrek gekomen aan jonge haring, het belangrijkste voedsel voor de jongen van de papegaaiduiker (*Fratercula arctica*) en de zeekoet (*Uria aalge*) (Jakobsson 1985). Hierdoor is het broedsucces van deze beide soorten op Røst (Noorwegen) de laatste twintig jaren drastisch verlaagd en is de populatie papegaaiduikers met 10-15% per jaar geslonken (Vader 1990, Anker-Nilssen & Barrett 1991).

Ook de ineenstorting van de loddepopulatie (*Mallotus villosus*), als gevolg van overbevissing, hoge predatiedruk van de kabeljauw, interspecifieke concurrentie met de haring en veranderingen in zeetemperatuur (Gjøsæter 1990, Røttingen 1990), is er waarschijnlijk de oorzaak van dat op Bereneiland in de Barendtsz Zee 85% van alle zeekoeten verdwenen is in de loop van 1986-1987 (Klaassen 1989, Vader 1990, Anker-Nilssen & Barrett 1991).

Het broedsucces van de drieteenmeeuw (*Rissa tridactyla*) op de Shetland Eilanden is halverwege de jaren tachtig sterk gedaald door het massaal in de steek laten van eieren en kuikens door de ouders, waarschijnlijk als gevolg van voedselschaarste. In dezelfde periode hebben de papegaaiduikers daar, zeker op het noordelijkste eiland Foula, een zeer slecht broedsucces gehad. De noordse sterns (*Sterna paradisaea*) hebben op de Shetland Eilanden van 1984 tot 1990 zelfs helemaal geen jongen meer grootgebracht. Bovendien is daar de broedpopulatie in de loop van de jaren tachtig met 70% achteruitgegaan. De achteruitgang van vooral deze laatste twee vogelsoorten wordt voor het grootste deel geweten aan het verdwijnen van de jongere jaarklassen (0-groep) van de zandspiering. Deze vispopulaties zijn in toenemende mate geëxploiteerd door de vismeelindustrie. Maar in 1991 is het broedsucces van alle op de Shetland Eilanden broedende vogelsoorten voor het eerst sinds jaren weer fors omhooggegaan, nadat er rond deze eilandengroep een vangstverbod werd ingesteld voor zandspiering. Er is echter geen direct causaal verband aangetoond tussen een hoge visserijdruk en het lage broedsucces. Het is ook mogelijk dat de slechte stand van de zandspiering een andere achtergrond heeft en dat de vissen en de zeevisserij beide de dupe zijn van die slechte stand (Heubeck 1988, Klaassen 1989, Veen & Faber 1989, Anonymous 1991).

5.4 Biotoopveranderingen

Voldoende geïsoleerde en schaars begroeide gebieden langs de kust zijn noodzakelijk om te kunnen broeden. In een dynamisch milieu met getijdewerking blijft de vegetatie open en laag. Bij het afsluiten van zeegaten neemt de geschiktheid van broedplaatsen door successie van de vegetatie af. Grootschalige ingrepen als havenuitbreidingen en inpolderingen kunnen grote invloed hebben op koloniegebieden. Zo is de kolonie op de Beer van 11 000 paren na de omzetting tot een haven- en industrieterrein verdwenen. In 1954 heeft zich op het opgespoten terrein van het in aanleg zijnde marinehavencomplex in Den Helder gedurende enkele jaren een broedpopulatie gevestigd (Rooth & Mörzer Bruijns 1959, Vogelwerkgroep Avifauna West-Nederland 1981). De Deltawerken hebben de dynamiek en de natuurlijke ontwikkelingen in Zuidwest-Nederland veranderd. Het broedgebied op de Hompelvoet wordt voor de sterns geschikt gehouden door maaibeheer. De Hooge Platen zijn geschikt gemaakt als broedplaats door helmaanplant, waardoor duintjes zijn ontstaan. Ook Griend is door de aanleg van een grote zanddijk in 1988/1989 behouden als broedkolonie voor de sterns.

5.5 Rustverstoring

De grote stern is vooral in het begin van het broedseizoen uitermate gevoelig voor verstoring. Verstoring van de broedplaats in de vestigingsperiode kan tot gevolg hebben dat alle grote sterns, inclusief degene die reeds eieren hebben, de broedplaats verlaten en elders opnieuw gaan nestelen (Thijsse 1914, Cullen 1958, Beijersbergen 1976, Veen 1977).

5.5.1 Recreatie

De vluchtafstand van de grote stern voor de mens bedraagt ongeveer 50-70 m. En vergezeld van een hond, kan een mens al op enkele honderden meters afstand een hele kolonie grote sterns de lucht injagen. Honden zijn geen echte predatoren, maar ze kunnen wel grote paniek in een broedkolonie veroorzaken, waarschijnlijk vanwege hun vosachtige uiterlijk. In 1960 heeft een hond alle broedende en nog niet broedende grote sterns op Scolt Head Island verjaagd. De sterns zijn de rest van dat broedseizoen niet meer teruggekomen. Een langdurige verstoring in de buurt van de kolonies vergroot de kans op predatie van eieren en/of jongen aanzienlijk. Tijdens het broedseizoen, vooral in de zomer, wordt het toenemende aantal wadlopers, kleine bootjes en windsurfers op het wad en op hoogwatervluchtplaatsen als een grote bedreiging gezien. Vooral in het Duitse deel van de Waddenzee, maar ook in het Nederlandse en Deense deel, is dit een probleem. Zo moeten de broedkolonies op de Hompelvoet, de Hooge Platen en Griend bewaakt worden tegen pleziervaart en andere, ook natuurgerichte, vormen van recreatie. De kwantificering van dit soort verstoringen op de populatiegrootte vereist nog verder onderzoek. Dit soort onderzoek is vrij moeilijk, want het kan zelf ook verstorend werken (Chestney 1970, Bourne & Smith 1974, Buckley & Buckley 1976, Goethe *et al.* 1980, Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1980, Courtney & Blokpoel 1983).

5.5.2 Geluidhinder

De meningen over de invloed van geluidhinder zijn nogal verdeeld. Zo kan voortdurende geluidsdruk volgens Blok (1964) bij sterns en kluten de communicatie verstoren bij de paarvorming en de voedseloverdracht. Schietoefeningen en geluidoverlast van laagvliegende vliegtuigen en helikopters kunnen leiden tot het in de steek laten van nesten door de steeds opvliegende sterns en zilvermeeuwen, met een verhoogde kans op predatie van eieren en jongen (Austin *et al.* 1970, Bell 1972, Goethe *et al.* 1980, Burger 1981, Platteeuw 1986).

Maar volgens Dunnet (1977) veroorzaken helikopters en vliegtuigen die hoger vliegen dan ongeveer 150 m, geen verstoring bij broedende vogels. Alleen drieteenmeeuwen die nog aan het broedseizoen moeten beginnen, kunnen dan soms het gebied verlaten. P.L. Meininger heeft echter wel waargenomen dat helikopters en vliegtuigen die hoger dan 150 m boven een broedkolonie vlogen, de broedende grote sterns en visdieven verstoorden. En het vrijwel totaal mislukken van het broedseizoen van de bonte sterns (*Sterna fuscata*) in 1969 op Dry Tortugas (USA) is waarschijnlijk veroorzaakt door de te hoge vegetatie en niet, zoals eerst werd gesuggereerd, door het passeren van door de geluidsbarrière vliegende straaljagers. Want hoewel deze knallen dagelijks voorkwamen en soms ruiten van nabij gelegen huizen lieten springen, zijn er geen aanwijzingen gevonden dat dergelijke harde knallen ook werkelijke schade aan de eieren kunnen veroorzaken (Austin *et al.* 1970, Wilson 1971, Cottereau 1978, Lynch & Speak 1978).

Er zijn voorbeelden van ogenschijnlijk ongestoord broedgedrag van sterns in een zeer luidruchtige omgeving. Dwergsterns (*Sterna albifrons*), gevestigd

tussen twee startbanen voor straaljagers, bleven gewoon op hun nest zitten tijdens vliegoefeningen (Altman & Gano 1984). En het gedrag van lepelaars (*Platalea leucorodia*) werd ook niet beïnvloed door schietproeven nabij hun broedkolonie in het Zwanenwater (Rooth & Timmerman 1965). Ook de voor menselijke verstoring zeer gevoelige Noordamerikaanse wilde kalkoen (*Meleagris gallopavo*) is ongevoelig voor lawaai (Lynch & Speake 1978). Al deze onderzoeken betreffen evenwel een korte periode van het broedseizoen. Mogelijk zouden deze broedplaatsen gemeden zijn wanneer de geluidhinder reeds in de vestigingsfase aanwezig was. Ook zouden vogels die bij een hoge (geluids)stress broeden, een lagere reproduktie of een verhoogde kans op ziektes kunnen hebben dan vogels die zonder lawaai broeden (Platteeuw 1986).

5.6 Toxicologische verontreinigingen

5.6.1 Chloorkoolwaterstoffen

In het westelijke deel van de Waddenzee is tussen 1964 en 1968 een grote sterfte onder vogels, zoals grote stern, eidereend (*Somateria mollissima*), visdief, noordse stern, zilvermeeuw en lepelaar geconstateerd. Deze sterfte is toegeschreven aan zeeverontreiniging door pesticiden (voornamelijk dieldrin, aldrin en telodrin), afkomstig van een pesticidenfabriek in de Nieuwe Waterweg bij Rotterdam. Vooral de grote stern en de eidereend zijn in Nederland door deze pesticidevervuiling in de jaren zestig sterk in aantal achteruitgegaan. Veel broedende eidereenden zijn onder het broeden doodgegaan. Tijdens de broedtijd teren deze vogels in op hun vetreserves, waarbij de daarin opgeslagen gifstoffen weer vrijkomen. Het aantal broedparen van de grote stern in Nederland is afgenomen van ongeveer 36 000 in 1956 tot 875 in 1965. Voor deze intoxicatie is vooral telodrin verantwoordelijk geweest. De industrie reageerde snel op deze ontwikkelingen, waardoor de concentraties van deze pesticiden in het milieu weer zijn afgenomen. Hierdoor is de mortaliteit gedaald en zijn de getroffen vogelsoorten weer in aantal toegenomen. Zo is het aantal broedparen van de grote stern in Nederland vanaf 1966 geleidelijk aan toegenomen tot rond 10 000 in de jaren negentig (Koeman 1971, 1975, Rooth 1980).

Een groot deel van verontreinigende stoffen bestaat tegenwoordig uit industriële chemicaliën, zoals PCB's en zware metalen. De toxische stoffen worden niet in dezelfde mate geaccumuleerd. Zo cumuleert methoxychloor nauwelijks in vogels. En in proeven met kippen is de volgende toename van de accumulatie in de weefsels geconstateerd: lindaan < DDT < endrin < dieldrin ≤ heptachloorepoxide. Maar een combinatie van deze stoffen kan een ander beeld opleveren (Stickel 1973).

Het beste criterium dat gebruikt kan worden om een verontreiniging in vogels aan te tonen, is de concentratie in de hersenen. Het gehalte in de hersenen is de beste indicatie voor het bepalen van de doodsoorzaak. Bovendien worden bij gelijke blootstelling in het algemeen dezelfde hersenconcentraties gevonden bij veel vogel- en zoogdiersoorten. Residuen in de lever zijn sterk gecor-

releerd met recente doses, hetzij via directe opname of door mobilisatie van opgeslagen chemicaliën, en laten dus het blootstellingsrisico zien. Residuen in het gehele karkas laten de totale hoeveelheid opgeslagen verontreiniging zien en vormen dus een indicatie voor de te verwachten effecten van letale mobilisatie onder ongunstige omstandigheden of voor de continue, langzame mobilisatie tijdens de normale processen van metabolisme en excretie (Stickel 1973).

Het is heel goed mogelijk dat veel gevaarlijke stoffen onopgemerkt blijven, omdat de vogels slechts op een beperkt aantal toxische stoffen onderzocht worden.

De grote stern is als viseter een toppredator. Hierdoor kan deze hoge concentraties verontreinigingen bevatten in verhouding tot bijvoorbeeld herbivore soorten. Zo bevatten, van de elf in de Jaden Busen (Duitsland) onderzochte soorten kustvogels, de eieren van de grote stern en de visdief de hoogste concentraties DDT, PCB en kwik. Dit maakt de grote stern tot een ideale monitoring-soort (Becker 1991).

De eieren van de grote stern worden in de broedgebieden aangemaakt en niet in de overwinteringsgebieden of tijdens de trek. De residuen van toxische stoffen in de eieren geven de aanwezigheid van deze stoffen in de ouders en het voedsel van de ouders in de broedgebieden weer. De mate van verontreiniging kan dus per jaar en per gebied bepaald worden door de in dit gebied gevonden eieren hierop te controleren. Er hoeven dan voor dit doel geen adulte vogels te worden gevangen en gedood (Stickel 1973, Becker 1991).

Giftige stoffen, zoals chlooronganische verbindingen, worden gewoonlijk opgeslagen in de vetreserves van de vogels. Zodra deze vetreserves worden aangesproken, komen deze toxische stoffen in de bloedsomloop terecht, waardoor het gevaar voor vergiftiging ontstaat. Zo heeft de grootste sterfte onder de kuikens van de grote stern op Griend in 1965 vooral plaatsgevonden in de voor intoxicatie zeer gevoelige vroege kuikenfase en uitvliegfase (tabel 10). Ook in de embryonale fase, onder slechte weersomstandigheden en tijdens de trek wordt op de vetreserves ingeteerd, waardoor een grote sterfte onder de vogels kan ontstaan (Koeman 1971, Veen & Van de Kam 1988).

De gegevens uit tabel 11 laten zien dat de grote stern (in de Duitse Bocht) nog steeds aan subletale gehaltes aan chloorkoolwaterstoffen blootgesteld wordt (Becker *et al.* 1985a). Residu-gehaltes chloorkoolwaterstoffen in weefsels, eieren en voedsel van grote sterns zijn te vinden in de tabellen 10-16. Tenzij anders vermeld, betreffen alle in de tekst genoemde gehaltes het versgewicht; verder is de LOEC de laagste effectieve waarde (Lowest Observed Effect Concentration), en de NOEC de niet-effectieve waarde (No Observed Effect Concentration) (Koeman 1971, Becker *et al.* 1985a, Stronkhorst 1990).

Dieldrin Gehaltes tussen de 0,4 en 16,4 ppm in de hersenen van verscheidene wilde vogelsoorten bleken letaal (Koeman 1971, Koeman & Stasse-Wolthuis 1978). Zo zijn gehaltes van 3-4 ppm dieldrin in de hersenen fataal voor fazanten (*Phasianus colchicus*). Bij de wilde eend (*Anas platyrhynchos*) zijn gehaltes

van 2-4 ppm in de hersenen van in het laboratorium met dieldrin vergiftigde beesten aangetroffen. En in experimentele studies met tien verschillende vogelsoorten is gebleken dat vergiftigde vogels concentraties van 6-22 ppm dieldrin in de hersenen bevatten (Stickel 1973). Voor een aantal vogelsoorten blijken gehaltes in de lever hoger dan 15 ppm fataal te zijn (Koeman 1971). Gehaltes tussen 6,9 en 27,6 ppm dieldrin in de eieren van verscheidene vogelsoorten leidden niet tot sterfte. Maar bij eigehaltes van 19,9 tot 92,5 ppm dieldrin stierven de kuikens van een aantal soorten binnen twee tot drie dagen na het uitkomen (Koeman 1971). Bij de bruine pelikaan (*Pelecanus occidentalis*) leidden gehaltes in de eieren boven 0,54 ppm tot een gereduceerd reproduktief succes (Blus *et al.* 1974). Eieren van de steenarend (*Aquila chrysaetos*) met dieldringehaltes boven de 1 ppm hadden een gereduceerde overlevingskans. Bij gehaltes in de eieren van de kuifaalscholver (*Phalacrocorax aristotelis*) van 2-3 ppm en hoger verminderde de levensvatbaarheid van die eieren. Bij concentraties van 1-2 ppm dieldrin in de eieren van de patrijs (*Perdix perdix*) was de legselgrootte kleiner en het uitkomstsucces lager (Koeman & Stasse-Wolthuis 1978).

De subletale effecten van dieldrin betreffen een verlaagde eiproduktie en een verlaagde uitkomst door verhoogde embryosterfte. De vruchtbaarheid, de overleving van de kuikens en de groei van de kuikens wordt niet door dieldrin veranderd (Stickel 1973).

Telodrin Telodrin is ongeveer tienmaal zo toxisch als dieldrin. Gehaltes in de hersenen van de Japanse kwartel (*Coturnix coturnix japonica*) boven 1,5 ppm bleken al letaal (Koeman 1971). De gemiddelde gehaltes in hersenen van experimenteel vergiftigde kwartels bedroeg 1,6 ppm (Stickel 1973).

In de lever van Japanse kwartels ligt de letale grens bij 4,1 ppm telodrin (Koeman 1971).

Een gehalte van 1,1-2,2 ppm telodrin in de eieren van enkele vogelsoorten leidde twee tot drie dagen na uitkomst tot sterfte (Koeman 1971). Bij de Japanse kwartel leidden dieldrinconcentraties van 1,5 ppm in de eieren tot een verhoogde kuikenmortaliteit (Koeman & Stasse-Wolthuis 1978).

Endrin Gehaltes van 17 ppm endrin in de eieren van verscheidene vogelsoorten leidden na een hongerperiode tot kuikensterfte (Koeman 1971).

DDT DDT wordt omgezet in DDE en DDD via verschillende reactiewegen. DDD wordt vervolgens omgezet in DDMU (Stickel 1973). De letale grens bij enkele vogelsoorten bedraagt 25-65 ppm DDT in de hersenen (Koeman 1971). Letale concentraties van DDT plus DDD in de hersenen van de vogels zijn meestal hoger dan 30 ppm (Stickel 1973). Bij een concentratie van 7,0 ppm DDT in de hersenen vertoonden postduiven een vergrote schildklier (Koeman & Stasse-Wolthuis 1978). Concentraties van 35-60 ppm in de lever van een aantal vogelsoorten leidden tot sterfte (Koeman 1971). De letale grens van DDT bij enkele vogelsoorten in het spierweefsel ligt tussen 20 en 35 ppm (Koeman 1971). De vliegspieren van abnormale kuikens van de visdief en Dougalls stern (*Sterna dougallii*) bevatten 0,47-9 ppm DDE (Hays & Risebrough 1972). Waarden van 0,7 ppm DDE hebben geen aantoonbaar effect gehad op de reproduktie van de visdief. Een hoge DDE-concentratie gaat gepaard met een

gemiddeld 5% dunnere eischaal. Dit heeft geen zichtbare verlaging van de uitkomstkans van de eieren van de grote stern tot gevolg en geen aanwijsbare invloed op het reproduktief succes (Koeman 1971, Koeman *et al.* 1967a, 1972, Becker 1991). Eischaaldikte en structuur van visdiefeieren worden pas significant aangetast bij gemiddelde DDE-concentraties in de eieren van meer dan ongeveer 4 ppm. En waarden in de de eieren van 7,6 ppm en hoger bleken gepaard te gaan met een verlaging van het broedsucces van de visdief (Switzer *et al.* 1973, Fox 1976, Morris *et al.* 1976, Custer *et al.* 1983). Hoge DDE-concentraties bij veel andere vogelsoorten, zoals eenden, valken en uilen, gaan vaak gepaard met een verhoogde embryonale mortaliteit en een verlaagd reproduktief succes. Een verlaagd reproduktief succes trad bij de bruine pelikaan op bij gehaltes boven de 2,5 ppm DDE. In de aalscholver (*Phalacrocorax carbo*) vond een afname van eischaaldikte met 9,8% plaats bij gehaltes van 3 tot 14 ppm DDT in de eieren. Bij de sperwer (*Accipiter nisus*) leidden concentraties tussen 6,2 en 69 ppm tot een afname van de eischaaldikte tot 18,3% en een verhoogde kuikenmortaliteit. Echter bij zowel de sperwer als de aalscholver konden ook de hoge PCB-concentraties de oorzaak zijn van de reductie in eischaaldikte. Als grenswaarde geldt 2,5-15 ppm DDT in eieren van vogels (Heath *et al.* 1969, Koeman *et al.* 1972, Koeman & Stasse-Wolthuis 1978).

De subletale effecten van DDE betreffen een afnemende vruchtbaarheid, uitkomstsucces en uitvliegsucces, een langere periode voorafgaand aan de ovulatie, een langere incubatietijd van de eieren en een langere opgroeiperiode van de jongen, lichtere eieren en kleinere jongen (Stickel 1973), een aantasting van de eischaaldikte en de structuur van de eischaal (Fox 1976, Custer *et al.* 1983), en een veranderde dieptеperceptie (het inschatten van diepte) van de kuikens, waardoor later problemen kunnen ontstaan bij het inschatten van de diepte waar de prooi zich bevindt (Fox 1976).

PCB De letale grens van PCB is moeilijk vast te stellen omdat er een grote variatie is tussen de lever- en hersenconcentraties bij verschillende individuen die in het laboratorium met PCB's vergiftigd zijn. Ook hebben verschillende soorten PCB's verschillende uitwerkingen. Het blijkt wel dat PCB's veel minder toxisch zijn dan de overige onderzochte chloorkoolwaterstoffen (Koeman 1971). Vooral de dibenzofuraan-fractie van PCB is uiterst giftig. Concentraties van 20 ppt dibenzofuraan kunnen al embryonale afwijkingen, zoals oogafwijkingen, gekruiste snavels en korte gedraaide poten, veroorzaken (Hays & Risebrough 1972). Dood gevonden vergiftigde aalscholvers bevatten 190 ppm PCB in de hersenen, terwijl controlebeesten 'slechts' 130 ppm PCB bevatten (Koeman 1975, Koeman & Stasse-Wolthuis 1978). Dood gevonden aalscholvers bevatten 319 ppm PCB in de lever terwijl controlebeesten 'slechts' 252 ppm PCB bevatten. Vergiftigde zeekoeten bevatten 4660 μg PCB in het totale karkas, waarvan 22,5% in de lever (Koeman & Stasse-Wolthuis 1978). De vliegspieren van kuikens van de visdief en Dougalls stern die abnormaliteiten vertoonden, bevatten 4,9-140 ppm PCB (Hays & Risebrough 1972). Een waarde van 8,2 ppm PCB in eieren van de visdief leek geen effect te hebben op de reproduktie (Custer *et al.* 1983). Visdieven met een gemiddelde gehalte van 76 ppm PCB in de eieren hadden een lagere reproduktie (Morris *et al.* 1976, Custer *et al.* 1983). Een waarde van 33,7 ppm PCB in visdiefeieren had geen afwijkingen in de kuikens tot gevolg, terwijl bij een concentratie van 55,9 ppm wel kuikens met afwijkingen werden gevonden (Gilbertson *et al.* 1976, Custer

et al. 1983). Gemiddelde concentraties van 1,34 ppm PCB in eieren van de koningsstern bleken geen effect op de eischaaldikte te hebben (King *et al.* 1983). Als grenswaarde worden concentraties van 2,2 ppm en hoger aangehouden in vogeleieren. Dergelijke gehaltes kunnen leiden tot een gereduceerd reproduktief succes (Koeman & Stasse-Wolthuis 1978).

De subletale effecten van PCB betreffen verlies van veren (Hays & Risebrough 1972), embryonale afwijkingen, zoals oogafwijkingen, gekruiste snavels en korte, gedraaide poten (Hays & Risebrough 1972), dunnere eischalen (King *et al.* 1983), een toename van de gevoeligheid voor virusinfecties (Scharenberg 1991), leveraantasting en afwijkende ontlasting (Vos & Koeman 1970), lusteloosheid en sterke gewichtsafname (Koeman 1971), en aantasting van onder meer het zenuwstelsel, waardoor motoriek en oriëntatie verstoord worden. De vogels kunnen dan niet meer aan voldoende voedsel komen, waardoor ze hun vetreserves nog meer moeten aanspreken en verder verzwakken door de daarin aanwezige overige toxische stoffen (Van Franeker 1984).

HCB (hexachloorbezeen) Japanse kwartels met HCB-gehaltes in de lever van 8,7-19 ppm vertoonden diverse afwijkingen. Bij concentraties van 170-1440 ppm was er ook een verhoogde mortaliteit. Bij een concentratie van 360-1700 ppm stierven alle onderzochte individuen. Valken (*Falco* spp.) met afwijkingen in het zenuwstelsel bevatten 348-535 ppm HCB in de lever en bij concentraties in de lever van 2600 ppm trad een verhoogde mortaliteit op (Koeman & Stasse-Wolthuis 1978). Met HCB, PCB, DDE en dieldrin verontreinigde visdiefeieren uit Hamilton Harbour (USA) bevatten gemiddeld 7,67 ± 3,95 ppm drooggewicht HCB. Het broedsucces was het jaar daarna erg laag, en er waren veel eieren die niet uitkwamen (Gilbertson & Reynolds 1972). De waarschijnlijk achtergrondwaarde van visdiefeieren voor HCB is 0,028 ppm (Nisbet & Reynolds 1984).

De subletale effecten van HCB betreffen leverbeschadiging, tremor en toegenomen faecale excretie van coproporphyrinen (Vos *et al.* 1971, Gilbertson & Reynolds 1972).

Lindaan Het is niet waarschijnlijk dat lindaan een bedreiging vormt voor het aquatische milieu vanwege zijn lage persistentie (Koeman & Stasse-Wolthuis 1978).

PCDPE Er zijn concentraties van polychloordiphenylethers (PCDPE) tot 0,28 ppm gevonden in visdiefkarkassen op Rhode Island (USA). Deze lijken echter niet schadelijk voor de vogels (Custer *et al.* 1985).

Chloordaan en heptachloor Chlordaan en heptachloor zijn in het verleden in de USA zeer veel gebruikt voor de bestrijding van termieten en andere insekten. Concentraties van 0,015 ppm heptachloorepoxide in eieren van de visdief reflecteren waarschijnlijk de waarde van stedelijk gebruik. Sinds 1971 zijn de concentraties van deze twee stoffen op enkele plaatsen in de USA toegenomen (Nisbet & Reynolds 1984).

5.6.2 Zware metalen

Kwik De gehaltes van methylkwik in grote sterns zijn één orde van grootte hoger dan die in vissoorten waarmee deze vogel zich voedt (haring, sprot, zandspiering). De overgang naar een hoger trofisch niveau gaat dus gepaard met een aanzienlijke toename in de weefselbelasting.

Waarden van 0,30 tot 0,50 ppm in spierweefsel en eieren van visetende vogels worden als de huidige achtergrondwaarde beschouwd (Ljunggren *et al.* 1969, Koeman *et al.* 1971b, Vermeer 1971). Gehaltes totaal-kwik (alkylkwik en methylkwik samen) van gemiddeld 1,27 ppm in eieren van de koningsstern hadden echter nog geen nadelig effect op de reproduktie (King *et al.* 1983).

De levers van abnormale kuikens van de visdief en de Dougalls stern bevatten 0 tot 1,2 ppm totaal-kwik. Maar de afwijkingen die in deze kuikens werden gevonden, waren waarschijnlijk veroorzaakt door PCB's en DDE en niet door het totaal-kwik (Hays & Risebrough 1972).

Gehaltes aan totaal-kwik in adulte sterns en eieren zijn terug te vinden in de tabellen 17 en 18. Waarden van 0,5-2,0 ppm methylkwik in fazanteëieren gaven een gereduceerd uitkomstsucces (Borg *et al.* 1969, Fimreite 1974). Bij de wilde eend is aangetoond dat 0,86 ppm totaal-kwik in de eieren al een verlaagde reproduktie kan geven (Heinz 1976). Visdiefeieren met een methylkwikgehalte van gemiddeld 2,4 ppm (3,65 ppm totaal-kwik) vertonen een verlaagd uitkomstsucces (Fimreite 1974). Een gereduceerd uitkomst- en uitvliegsucces bij de visdief is geassocieerd met totaal-kwikgehaltes van 1-3,6 ppm in de eieren (Conners *et al.* 1975, King *et al.* 1983). Maar bij de zilvermeeuw had een totaal-kwikgehalte van 0,5-2,0 ppm in de eieren geen effect op het reproduktief succes (Vermeer 1971). Zelfs 2 tot 16 ppm totaal-kwik in de eieren had daar geen effect op (Vermeer *et al.* 1973).

Bij experimenteel met methylkwikverbindingen vergiftigde vogels werden over het algemeen hersen- en spiergehaltes van 20 ppm en hoger, alsmede levergehaltes van 45 ppm en hoger gevonden (Borg *et al.* 1969, 1970, Koeman *et al.* 1970, Koeman 1971, Koeman *et al.* 1971a).

In de Waddenzee zijn in bot (*Pleuronectes flesus*), in vergelijking met haring, sprot, zandspiering en schol (*Pleuronectes platessa*), relatief hogere residuen aangetroffen van 0,3 ppm methylkwik (tabel 18, Koeman *et al.* 1971b).

Lood In Duitsland zijn de eieren en levers van een aantal zeevogels, zoals grote stern, visdief en zilvermeeuw, op lood gecontroleerd. Zelfs vrouwtjes waarbij enige ppm lood in de lever gevonden is, hebben eieren geproduceerd die slechts heel weinig lood bevatten (minder dan 25 ppb!). Lood wordt dus kennelijk niet in de eieren opgenomen (Hardebeck *et al.* 1974, Nezel & Vogt 1976, Becker *et al.* 1985c, Ternes & Rüssel 1985).

Een waarde van 200 ppm lood in visdiefkuikens kan moeilijkheden veroorzaken bij de dieptepercepție. Bij 800 ppm lood is er een verhoogde sterftekans. Bovendien leidden twee kleine, enkele dagen na elkaar toegediende doses tot een grotere mortaliteit dan wanneer de totale dosis (of zelfs meer) in één keer werd toegediend (Burger & Gochfeld 1985, 1988).

Kuikens zijn echter geen goede indicatoren voor zware metalen als lood. Bovendien kan men bij kuikens, evenals bij eieren, slechts een deel van het jaar de verontreiniging meten (Becker 1991).

De subletale effecten van lood zijn een veranderde dieptеperceptie, waardoor de kuikens moeite hebben met het inschatten van diepte en daardoor gemakkelijk van een rand vallen en de juveniele sterns later problemen kunnen krijgen bij het vangen van vis (Burger & Gochfeld 1988), en moeilijkheden met lopen, balans houden, richtinggevoel, thermoregulatie en voedselopname in met lood behandelde visdiefkuikens (Burger & Gochfeld 1985).

Cadmium In Duitsland zijn de eieren en levers van een aantal zeevogels, zoals grote stern, visdief en zilvermeeuw, ook op cadmium gecontroleerd. Vrouwtjes met enige ppm cadmium in de lever produceerden eieren die slechts heel weinig cadmium bevatten (minder dan 25 ppb!). Net als lood wordt cadmium dus niet in de eieren opgenomen (Hardebeck *et al.* 1974, Nezel & Vogt 1976, Becker *et al.* 1985c, Ternes & Rüssel 1985).

Kuikens zijn geen goede indicatoren voor zware metalen als cadmium en lood. Bovendien kan men bij kuikens, evenals bij eieren, slechts een deel van het jaar de verontreiniging meten (Becker 1991).

Zink Concentraties van gemiddeld 18,5 ppm zink in de lever van visdiefkuikens hadden geen effect op de overleving (Custer *et al.* 1986).

Er is geen effect waargenomen op de overleving bij waarden van 12,32 ppm zink in de eieren van de koningsstern (King *et al.* 1983). Onderzoek van Conners *et al.* (1975) heeft een gemiddelde concentratie in visdiefeieren van 13,7 ppm zink aangetoond. Deze waarden representeren waarschijnlijk de huidige achtergrondwaarden (Conners *et al.* 1975, King *et al.* 1983).

Nikkel Custer *et al.* (1986) hebben concentraties van 0,22 ppm nikkel in de lever van visdiefkuikens gevonden. Deze concentraties hadden geen effect op de overleving.

Chroom Een waarde van 3,9 ppm chroom in de lever van visdiefkuikens had geen effect op de overleving (Custer *et al.* 1986).

Koper Concentraties van 12,7 ppm koper in de lever van visdiefkuikens hadden geen effect op de overleving (Custer *et al.* 1986).

Een waarde van 1,22 ppm in eieren van de koningsstern had eveneens geen effect op de overleving (King *et al.* 1983). Concentraties in visdiefeieren van 1,0 ppm representeren waarschijnlijk de huidige achtergrondwaarden (Conners *et al.* 1975, King *et al.* 1983).

IJzer Een waarde van 142,8 ppm in de lever van visdiefkuikens had geen effect op de overleving (Custer *et al.* 1986).

Magnesium Een waarde van 227,8 ppm magnesium in de lever van visdiefkuikens had geen effect op de overleving (Custer *et al.* 1986).

Mangaan Er is geen effect waargenomen op de overleving bij mangaanconcentraties van gemiddeld 4,1 ppm in de lever van visdiefkuikens (Custer *et al.* 1986).

Selenium Concentraties van gemiddeld 1,06 ppm selenium in eieren van de koningsstern hadden geen effect op de overleving. Deze concentraties representeren waarschijnlijk de huidige achtergrondwaarden (King *et al.* 1983).

Arseen In eieren van de koningsstern hadden concentraties van gemiddeld 0,18 ppm arseen geen effect op de overleving. Waarschijnlijk representeren deze concentraties de huidige achtergrondwaarden (King *et al.* 1983).

5.6.3 Plastic

Plastic vormt op velerlei manieren een bedreiging voor zeevogels. Resten van kunstofvisnetten zijn de aanleiding voor een jaarlijkse sterfte van enkele honderdduizenden zeevogels in de noordelijke oceanen, doordat de vogels verstrikt raken in de netten en vervolgens verdrinken. Ook andere plastic resten, zoals de zes-stuks verpakkingen voor bierblikjes en nylon vissnoeren, eisen slachtoffers. Bij de nestbouw wordt door sommige zeevogels ook vaak plastic gebruikt, waar de jongen dan later in verstrikt kunnen raken. Een ander probleem vormt het verteren van vis met plastics in het maagdarmkanaal of het direct opeten van kleine plastic resten, waardoor het maagdarmkanaal van de vogels verstopt kan raken (Van Franeker 1983, 1984). Maar van sterfte onder grote sterns als gevolg van plastic is vooralsnog niets bekend.

5.6.4 PSP

PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) is een toxische stof die wordt geproduceerd door de dinoflagellaat *Gonyaulax excavata*, wiens periodieke bloei ook wel bekend staat als 'red tide'. In Europa komen deze dinoflagellaten slechts incidenteel tot bloei, maar in andere gebieden, zoals de oostkust van Noord-Amerika, komt dit veelvuldig voor. Het toxine wordt via de verschillende trofische niveaus opgehoopt en komt uiteindelijk terecht in visetende vogels. In het broedseizoen van 1968 heeft een PSP-vergiftiging een massale sterfte van 82% van de broedende kuifaalscholvers langs de kust van Northumberland (Groot-Brittannië) veroorzaakt. Ook zijn daarbij een aantal exemplaren van andere, minder gevoelige soorten broedvogels, zoals 24 aalscholvers, 60 eidereenden, 26 zilvermeeuwen, 50 drieteenmeeuwen, 53 zeekoeten, 71 noordse sterns, 41 visdieven en 58 grote sterns, dood aangetroffen (Coulson *et al.* 1968). Zeven jaar later heeft in hetzelfde gebied weer een massale sterfte door PSP plaatsgevonden, waarbij opnieuw dezelfde soorten getroffen werden (Armstrong *et al.* 1978). En in 1978 is in Massachusetts (USA) een aantal sterns en meeuwen aan een PSP-vergiftiging gestorven (Nisbet 1985). Deze sterfte viel voor de sterns samen met de eilegfase en betrof vrijwel uitsluitend de vrouwtjes. De directe doodsoorzaak is waarschijnlijk het disfunctioneren van de eileiders geweest. De symptomen van PSP-vergiftiging bij sterns zijn een onvermogen om eieren te leggen, moeilijkheden bij het staan, braken, over-

matige faecesproduktie, verlamming en problemen bij het ademhalen. Uit onderzoek is gebleken dat PSP was opgehoopt in de zandspiering, het voornaamste voedsel van deze sterns, maar ook zijn voor viseters letale concentraties van PSP in haring en andere vissoorten aangetoond (Coulson *et al.* 1968, Armstrong *et al.* 1978, Nisbet 1985).

5.6.5 Olie

Waarschijnlijk vormt olieverontreiniging op open zee geen bedreiging voor grote sterns, aangezien deze vogels onregelmatig en wijd verspreid op zee foerageren. Echter, een verontreiniging in de buurt van een kustkolonie kan wel een belangrijk effect op de lokale populatie hebben. In 1955 is een grote hoeveelheid olie aangespoeld op het strand van Minsener Oldeoog (Duitsland). Als gevolg hiervan kwamen veel broedende grote sterns en een deel van de eieren onder de olie te zitten. Een aantal van deze eieren kwam niet uit. Bovendien werd 70% van de kuikens met olie besmeurd, met soms fatale, maar helaas niet nader gekwantificeerde, gevolgen (Rittinghaus 1956, Blake *et al.* 1984). Maar doorgaans worden er slechts sporadisch olieslachtoffers in de broedgebieden aangetroffen (Goethe *et al.* 1980, Veen & Van de Kam 1988).

5.7 Eutrofiëring

In de laatste decennia is er sprake van een toenemende eutrofiëring van de kustzone van de Noordzee en de estuaria. In het westelijke deel van de Waddenzee is de fosfaatconcentratie sinds 1950 enorm toegenomen door de hoge fosfaat-input via de Rijn en ook door de sterk gestegen toevoer van organisch materiaal uit de Noordzee, hetgeen via afbraakprocessen eveneens leidt tot een verhoogde fosfaatconcentratie. De primaire produktie van phytoplankton in het Marsdiep is in de periode 1976-1982 verdubbeld en bedroeg in 1982 ongeveer 300 g $C.m^{-2}$. Ook in het Eems-estuarium is de phytoplanktonproduktie in de periode 1973-1980 bijna verdubbeld en bedroeg in 1980 400-500 g $C.m^{-2}$. Waarschijnlijk is de primaire produktie door phytoplankton in het meer turbide centrale deel van de Waddenzee, waar licht limiterend is, niet toegenomen.

De troebelingszone voor de kust heeft zich sterk uitgebreid van 0-5 km in de jaren zestig tot 5-15 km in de jaren tachtig. Dit is gekomen door een veranderde slibhuishouding na de uitdieping van de Nieuwe Waterweg. Ook speelt hierbij de eutrofiëring mee. Zo is de hoeveelheid phytoplankton bij Texel sinds 1975 verdubbeld (Cadée 1984, 1986). Het nadeel van eutrofiëring is het geringere doorzicht van het water. Het voordeel van een grotere troebeling is de aanwezigheid van meer vissen, want wanneer het water te helder is, vermijden de vissen het wateroppervlak (Safina & Burger 1988). De grote stern heeft dus als zichtpredator baat bij een redelijke helderheid van de bovenste 1,5 m van het wateroppervlak. Hoeveel voor- en nadeel de grote stern van de eutrofiëring en de troebeling van het water ondervindt, moet nader onderzocht worden.

Postuma *et al.* (1965), De Veen (1971), Zijlstra (1972), Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1980), Cadée (1984, 1986) en Gerlach (1987) wijzen op de verhoogde phytoplanktonproduktie als een mogelijk oorzaak van een versnelde groei van de haring. De haring was in de jaren zeventig al in het derde levensjaar geslachtsrijp, terwijl de haring vóór 1953 pas in het vierde jaar tot voortplanting kon komen. In de jaren zeventig waren de eerste- (tot 9 cm) en tweedejaarsklassen (tot 18 cm) groter dan vóór 1953. Ook werden de adulte haringen groter en eerder geslachtsrijp. Er was voor de jonge kuikens (speciaal voor de later in het seizoen geboren jongen) minder kleine haring beschikbaar (Bergman 1989). In de jaren tachtig was er echter geen sprake meer van een groeiversnelling en was de haring ook weer in het vierde jaar geslachtsrijp. De groeiversnelling in de jaren zeventig lijkt dan ook niet veroorzaakt te zijn door een toegenomen phytoplanktonproduktie maar was eerder een dichtheidsafhankelijk effect, aangezien de haringstand in die periode een dieptepunt kende (A. Corten). Wat de consequenties zijn geweest van de groeiversnelling van de haring voor de grote stern, is onbekend.

6 AANBEVELINGEN

Het is niet bekend waarom in Nederland de populatie van de grote stern nog niet hersteld is van de vergiftiging in de jaren zestig. Door meer onderzoek te verrichten naar de populatiedynamiek van de grote stern, kan hier wellicht een verklaring voor worden gegeven.

Bij het samenstellen van een populatiedynamisch model is het beter om 1937 als referentiejaar te nemen. Er broedden in dit topjaar bijna 47 000 paren in Nederland (terwijl er in het tussenjaar 1930 slechts iets meer dan 26 000 paren broedden).

Het mogelijke verband tussen het broedsucces van de grote stern, de eutrofiëring, de visserij en de beschikbaarheid en aanwezigheid van zijn voedsel zou hiervoor nader onderzocht moeten worden.

Een mogelijke oorzaak voor het lage broedsucces zou een afgenomen voedselbeschikbaarheid kunnen zijn, hetzij door een verminderd voedselaanbod als gevolg van overbevissing of door slechtere vangomstandigheden. Er is echter niets bekend over de relatie tussen het voedselaanbod in de Nederlandse kustwateren en het broedsucces van de grote stern. Er zou daarom meer aandacht moeten uitgaan naar de relaties tussen de populatiegrootte van de grote stern en het voedselaanbod voor deze vogels. Vooral de lokale voedselsituatie zou hierbij onderzocht moeten, waarbij aandacht moet worden besteed aan de verspreiding van het voedsel, alsmede het aanbod van de verschillende lengteklassen in relatie tot ruimte en tijd. Verder zou de eutrofiëring van de kustwateren een oorzaak kunnen zijn voor een verminderde vangkans, aangezien de grote stern op het oog jaagt. Of misschien bestaat er wel een verhoogd vissucces (aantal gevangen vissen per uur) door de eutrofiëring en het mogelijk daardoor veranderde gedrag van vissen. Ook zou een verandering in de samenstelling van de vispopulaties een oorzaak kunnen zijn voor een veranderd voedselaanbod. Wanneer bijvoorbeeld te veel vissen van de ene soort (bijvoorbeeld haring) worden weggevangen, zou het aantal vissen van de andere soort (bijvoorbeeld sprot) kunnen toenemen. Dit zou een effect kunnen hebben op de voedselbeschikbaarheid voor de grote stern. Er is echter weinig bekend over onderlinge relaties tussen de verschillende vissoorten en de invloed van het wegvangen van een soort op het ecosysteem.

Een andere oorzaak voor het lage broedsucces zou een toegenomen concurrentie met andere soorten kunnen zijn. Hoewel men ervan uitgaat dat grote sterns meer voordeel dan nadeel ondervinden van kokmeeuwen, zou het kunnen zijn dat tegenwoordig de aantalsverhouding grote stern-kokmeeuw dermate verschoven is dat het broedsucces van de grote stern hierdoor negatief wordt beïnvloed.

Verder is er alleen een grove schatting van de mate waarin de vangst van sterns in de overwinteringsgebieden van invloed is op de aantallen in Neder-

land. Ook de voedselsituatie in de overwinteringsgebieden en factoren die de overlevingskans tijdens de trek en overwintering beïnvloeden, zijn onvoldoende onderzocht.

Er is ook weinig bekend over de populatieopbouw, de mortaliteit en de migratie van de grote stern in Nederland. Hiervoor zou een intensief ringprogramma opgezet moeten worden. Van groot belang voor het bepalen van de leeftijdsspecifieke mortaliteit is het gebruik van duurzame (roestvrij stalen) ringen. Eveneens dient ieder jaar een nauwkeurige schatting van het aantal uitgevlogen geringde kuikens gemaakt te worden. Migratie zou bestudeerd kunnen worden door gebruik te maken van kleurringen of van ringen met een gemakkelijk afleesbare inscriptie. De populatieopbouw zou bepaald kunnen worden door het vangen van geringde vogels op het nest. Om een beter inzicht te krijgen in de populatiedynamiek van de soort, is het belangrijk dat er een monitoringprogramma wordt opgezet, waarbij op verschillende plaatsen in Nederland (bijvoorbeeld Griend en Hompelvoet/Markenje) jaarlijks het broedsucces wordt gemeten en tevens de oorzaken worden aangegeven van een eventueel laag broedsucces (zoals predatie, storm, verstoring).

LITERATUUR

Altman, R.L. & R.D. Gano 1984. Least Terns nest alongside Harrier jet pad. Journal Fld Orn. 55: 108-109.

Anderson, D.R., K.P. Burnham & G.C. White 1985. Problems in estimating age-specific survival rates from recovery data of birds ringed as young. Journal Anim. Ecol. 54: 89-98.

Anker-Nilssen, T. & R.T. Barrett 1991. Status of seabirds in northern Norway. British Birds 84: 329-341.

Ansingh, F.H., H.J. Koelers, P.A. van der Werf & K.H. Voous 1960. The breeding of the Cayenne or Yellow-billed Sandwich Tern in Curaçao in 1958. Ardea 48: 51-65.

Anonymous 1989. Annuaire des réserves bretonnes. SEPNB Morbihan, Vannes Cedex; 89.

Anonymous 1990. Annuaire des réserves. SEPNB Morbihan, Vannes Cedex; 91.

Anonymous 1991. Breeding sea birds. New Scient. september 1991: 19.

Armstrong, I.H., J.C. Coulson, P. Hawkey & M.J. Hudson 1978. Further mass seabird deaths from paralytic shellfish poisoning. British Birds 71: 58-68.

Assem, J. van den 1954. Kokmeeuwen als belagers van grote sterns. Levende Nat. 57: 141-145.

Aumees, L. & V. Paakspuu 1963. New breeding birds in the ornithofauna of Estonia. Orn. Kogumik 3: 195-205.

Austin, O.L., W.B. Robertson & G.E. Woolfenden 1970. Mass hatching failure of Dry Tortugas Sooty Terns (Sterna fuscata). In: K.H. Voous (ed.), Proceedings XVth int. orn. Congr., The Hague; 627.

Baptist, H.J.M. & P.L. Meininger 1984. Ornithologische verkenning van de Voordelta van Zuidwest-Nederland, 1975-1983. RWS nota DDMI-83.19 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Becker, P.H. 1991. Population and contamination studies in coastal birds: the Common Tern Sterna hirundo. In: C.M. Perrins, J.D. Lebreton & G.J.M. Hirons (eds), Bird population studies: relevance to conservation and management. Oxford University Press, Oxford; 433-460.

Becker, P.H., A. Büthe & W. Heidmann 1985a. Schadstoffe in Gelegen von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste. I. Chlororganische Verbindungen. Journal Orn. 126: 29-51.

Becker, P.H., W. Ternes & H.A. Rüssel 1985c. Schadstoffe in Gelegen von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste. II. Quecksilber. Journal Orn. 126: 253-262.

Beijersbergen, J. 1976. De terreinkeus van de grote stern (Sterna s. sandvicensis Lath.) en de relaties tussen kokmeeuwen en grote sterns op de voormalige zandplaat de Hompelvoet. Intern rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Beijersbergen, R.B. 1978. Het verband tussen legselgrootte en voortplantingssucces bij de grote stern (Sterna sandvicensis). Doctoraal scriptie Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht/Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

Bell, W.B. 1972. Animal response to sonic booms. Journal acoust. Soc. Am. 51: 758-765.

Bergman, M.N.J. 1989. Ecologisch profiel vissen. Beschrijving van de populaties van haring, schol, kabeljauw, grondel, steur, rog en zeekreeft in de Noordzee en Nederlandse estuaria in de periode 1900-1985. NIOZ-rapport Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel.

Birkhead, T.R. 1976. Effects of sea conditions on rates at which Guillemots feed chicks. British Birds 69: 490-492.

Blake, B.F., M.L. Tasker, P. Hope-Jones, T.J. Dixon, R. Mitchell & D.R. Langslow 1984. Seabird distribution in the North Sea. Nature Conservancy Council, Huntingdon.

Blok, A.A. 1964. Enkele gegevens over de militaire oefeningen en de verontrusting van de avifauna op Vlieland. Rapport 283 Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten Behoeve van het Natuurbehoud, Leersum.

Blokpoel, H., R.D. Morris & G.D. Tessier 1984. Field investigations of the biology of Common Terns wintering in Trinidad. Journal Fld Orn. 55: 424-434.

Blus, L.J., B.S. Neely Jr, A.A. Belisle & R.M. Prouty 1974. Organochlorine residues in Brown Pelican eggs: relation to reproductive success. Environmental Pollut. 7: 81-91.

Blus, L.J., R.M. Prouty & B.S. Neely Jr 1979. Relation of environmental factors to breeding status of Royal and Sandwich Terns in South Carolina, USA. Biological Conserv. 16: 301-320.

Boecker, M. 1967. Vergleichende Untersuchungen zur Nahrungs- und Nistökologie der Flußseeschwalbe (Sterna hirundo L.) und der Küstenseeschwalbe (Sterna paradisaea Pont.). Bonner zool. Beitr. 18: 15-126.

Borg , K., H. Wanntorp, K. Erne & E. Hanko 1969. Alkyl mercury poisoning in terrestrial Swedish wildlife. Viltrevy 6, 4: 301-379.

Borg, K., K. Erne, E. Hanko & H. Wanntorp 1970. Experimental secondary methyl mercury poisoning in the Goshawk (Accipiter g. gentilis L.). Environmental Pollut. 1: 91-104.

Borodulina, T.L. 1960. Biology and economic importance of gulls and terns of southern-USSR water bodies. Akad. Nauk SSSR. Trudy Inst. Morf. Zhiv. 32: 1-132.

Bourne, W.R.P. & A.J.M. Smith 1974. Threats to Scottish Sandwich Terns. Biological Conserv. 11: 222-224.

Braaksma, S. 1958. Over de verspreiding van het visdiefje (Sterna hirundo hirundo) als broedvogel. Vogeljaar 6: 24-28, 46-50.

Brenninkmeijer, A. & M. Klaassen 1991. Griend, vogels en bewaking 1991. Rapport DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem.

Brenninkmeijer, A. & E.W.M. Stienen 1992. Griend, vogels en bewaking 1992. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.

Brouwer, G.A., J.W. van Dieren, W. Feekes, G.W. Harmsen, J.G. ten Houten, W.J. Kabos, J.P. Mazure, A. Scheigrond, P. Tesch & A. van der Werff 1950. Griend, het vogeleiland in de Waddenzee. Nijhoff, Den Haag.

Brouwer, G.A. 1930. Waarnemingen in 1929, verzameld door de Club van Trekwaarnemers. Ardea 19: 20-66.

Buckley, P.A. & F.G. Buckley 1976. Guidelines for the protection and management of colonially nesting waterbirds. National Park Service, Boston.

Burger, J. 1981. Behavioral responses of Herring Gulls Larus argentus to aircraft noise. Environmental Pollut. A 24: 177-184.

Burger, J. & M. Gochfeld 1985. Early postnatal lead exposure: behavioral effects in Common Tern chicks (Sterna hirundo). Journal Toxicol. environm. Health 16: 869-886.

Burger, J. & M. Gochfeld 1988. Lead and behavioral development: effects of varying dosage and schedule on survival and performance of young Common Terns (Sterna hirundo). Journal Toxicol. environm. Health 24: 173-182.

Cadée, G.C. 1984. Has input of organic matter into the western part of the Dutch Waddensea increased during the last decades? Netherlands Inst. Sea Res., Public ser. 10: 71-82.

Cadée, G.C. 1986. Increased phytoplankton primary production in the Marsdiep area (western Dutch Wadden Sea). Netherlands J. Sea Res. 20: 285-290.

Camphuysen, C.J. 1990. Fish stocks, fisheries and seabirds in the North Sea. Feasability study for a detailed analysis of interactions between fish stocks, fisheries and wintering seabirds. Technisch Rapport 5 Vogelbescherming, Zeist.

Campredon, P. 1978. Reproduction de la Sterne caugek, Thalasseus sandvicensis Lath., sur le Banc d'Arguin (Gironde). Aperçu de sa distribution hivernale. L'Oiseau et R.F.O. 48: 123-150, 263-279.

Castan, R. 1961. Nouvelle recherches sur l'avifaune des Bibans. Alauda 29: 31-52.

Chestney, R. 1970. Notes on the breeding habits of Common and Sandwich Terns on Scolt Head Island. Transactions Norfolk Norwich Nat. Soc. 21: 353-363.

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

Conners, P.G., V.C. Anderlini, R.W. Risebrough, M. Gilbertson & H. Hays 1975. Investigations of heavy metals in Common Tern populations. Canadian Fld Nat. 89: 157-162.

Cottereau, P. 1978. Effect of sonic boom from aircraft on wildlife and animal husbandry. In: J. Fletcher & R.G. Busnel (eds), Effects of noise on wildlife. Academic Press, New York; 63-80.

Coulson, J.C., G.R. Potts, I.R. Deans & S.M. Fraser 1968. Exceptional mortality of Shags and other seabirds caused by paralytic shellfish poison. British Birds 61: 381-404.

Courtney, P.A. & H. Blokpoel 1983. Distribution and numbers of Common Terns on the Lower Great Lakes during 1900-1980: a review. Colonial Waterbirds 6: 107-120.

Cramp S. 1985. Handbook of Europe, the Middle East and North Africa: the birds of the western Palearctic. Volume IV, terns to woodpeckers. Oxford University Press, Oxford.

Cullen, J.M. 1958. Some adaptations in the nesting behaviour of terns. Proc. XII int. orn. Congr., I: 153-157.

Custer, T.W., C.M. Bunck & C.J. Stafford 1985. Organochlorine concentrations in prefledging Common Terns at three Rhode Island colonies. Colonial Waterbirds 8: 150-154.

Custer, T.W., J.C. Franson & J.F. Moore 1986. Reproductive success and heavy metal contamination in Rhode Island Common Terns. Environmental Pollut. A 41: 33-52.

Custer, T.W., R.M. Erwin & C. Stafford 1983. Organochlorine residues in Common Tern eggs from nine Atlantic Coast colonies, 1980. Colonial Waterbirds 6: 197-204.

Derks, P. & K. de Kraker 1990. Verslag Hompelvoet/Markenje 1989. Staatsbosbeheer.

Derks, P. & K. de Kraker 1991. Verslag Hompelvoet/Markenje 1990. Staatsbosbeheer.

DiConstanzo, J. 1980. Population dynamics of a Common Tern colony. Journal Fld Orn. 51: 229-243.

Dircksen, R. 1932. Die Biologie des Austernfischers, der Brandseeschwalbe und der Küstenseeschwalbe nach Beobachtungen und Untersuchungen auf Norderoog. Journal Orn. 80: 427-521.

Drent, R.H., M. Klaassen & B. Zwaan 1992. Predictive growth budgets in terns and gulls. Ardea 80: 5-17.

Dubois, P.J. & A. Rouge 1990. Danger pour les sternes hivernant en Afrique de l'Ouest. Oiseau 21: 27.

Dunn, E.K. 1972a. Studies on terns, with particular reference to feeding ecology. Ph.D. thesis Durham University, Durham.

Dunn, E.K. 1972b. Effect of age on the fishing ability of Sandwich Terns Sterna sandvicensis. Ibis 114: 360-365.

Dunn, E.K. 1973. Changes in fishing ability of terns associated with windspeed and sea surface conditions. Nature 244: 520-521.

Dunn, E.K. 1975. The rôle of environmental factors in the growth of tern chicks. Journal Anim. Ecol. 44: 743-754.

Dunn, E.K. 1981. Roseates on a lifeline. Birds 8: 42-45.

Dunnet, G.M. 1977. Observations on the effects of low-flying aircraft at seabird colonies on the coast of Aberdeenshire, Scotland. Biological Conserv. 12: 55-63.

Dybbro, T. 1978. Oversigt over Danmarks fugle. Dansk Ornithologisk Forening, København.

Fasola, M., N. Saino, L. Canova & G. Bogliani 1989. Breeding and summering populations of gulls and terns in coastal wetlands on the Adriatic Sea. Gerfaut 79: 177-184.

Fasola, M. & G. Bogliani 1990. Foraging ranges of an assemblage of Mediterranean seabirds. Colonial Waterbirds 13: 72-74.

Fimreite, N. 1974. Mercury contamination of aquatic birds in northwestern Ontario. Journal Wildl. Mgmt 38: 120-131.

Fisher, J. & R.M. Lockley 1954. Sea-birds: an introduction to the natural history of the sea-birds of the North Atlantic. Collins, London.

Fox, G.A. 1976. Eggshell quality: its ecological and physiological significance in a DDE-contaminated Common Tern population. Wilson Bulletin 88: 459-477.

Franeker, J.A. van 1983. Plastics - een bedreiging voor zeevogels. Nieuwsbrief NSO 4: 41-61.

Franeker, J.A. van 1984. Zeevogels sterven aan plastic. Natuur en Milieu 84, 1: 12-17.

Frank, D. & P.H. Becker 1992. Body mass and nest reliefs in Common Terns Sterna hirundo exposed to different feeding conditions. Ardea 80: 57-69.

Fuchs, E. 1977. Kleptoparasitism of Sandwich Terns Sterna sandvicensis by Black-headed Gulls Larus ridibundus. Ibis 119: 183-190.

Gerlach, S.A. 1987. Pflanzennährstoffe und die Nordsee - ein Überblick. Seevögel 8: 49-62.

Gilbertson, M. & L.M. Reynolds 1972. Hexachlorobenzene (HCB) in the eggs of Common Terns in Hamilton Harbour, Ontario. Bulletin envir. Contam. Toxicol. 7: 371-373.

Gilbertson, M., R.D. Morris & R.A. Hunter 1976. Abnormal chicks and PCB residue levels in eggs of colonial birds on the Lower Great Lakes. Auk 93: 434-442.

Gjøsæter, H. 1990. Attende på banen. Fiskets Gang 76: 8-10.

Glutz von Blotzheim, U.N. & K.M. Bauer 1982. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 8/2: Charadriiformes III. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden; 791-911.

Gochfeld, M. & J. Burger 1982. Feeding enhancement by social attraction in the Sandwich Tern. Behavioral Ecol. Sociobiol. 10: 15-17.

Goethe, F., C.J. Smit & W.J. Wolff 1980. Threats to the birds of the Wadden Sea. In: C.J. Smit & W.J. Wolf (eds), Birds of the Wadden Sea. Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, Leiden; 301-308.

Grant, G.S. 1981. Belly-soaking by incubating Common, Sandwich, and Royal Terns. Journal Fld Orn. 52: 244.

Griendverslagen: G. Meijer & S. Dirksen 1981. Griend, vogels en bewaking, broedseizoen 1981; A. Baas & T. Bakker 1982. Griend, vogels en bewaking 1982; W. van der Zande & S. Dirksen 1983. Griend, vogels en bewaking,

broedseizoen 1983; B. de Vries & G. Vossebelt 1984. Griend, vogels en bewaking 1984; T. Postma & J. Faber 1985. Griend, vogels en bewaking, broedseizoen 1985; E. Stolwijk & A. Baas 1986. Griend, vogels en bewaking, broedseizoen 1986; J. Faber 1987. Griend, vogels en bewaking 1987; J. Faber & A. van der Spoel 1988. Griend, vogels en bewaking 1988; B. Habekotté & M. Klaassen 1989. Griend, vogels en bewaking 1989; M. Klaassen 1990. Griend, vogels en bewaking 1990; A. Brenninkmeijer & M. Klaassen 1991. Griend, vogels en bewaking 1991. A. Brenninkmeijer & E.W.M. Stienen 1992. Griend, vogels en bewaking 1992.

Grimes, L.G. 1977. A radar study of tern movements along the coast of Ghana. Ibis 119: 28-36.

Grimmett, R. 1987. A review of the problems affecting Palearctic migratory birds in Africa. International Council for Bird Preservation, Cambridge.

Hälterlein, B. & K. Behm-Berkelmann 1991. Brutvogelbestände an der deutschen Nordseeküste im Jahre 1990 - Vierte Erfassung durch die Arbeitsgemeinschaft 'Seevogelschutz'. Seevögel 12: 47-51.

Hansohn, E. 1991. Brutpaaraufstellung aus unseren Schutzgebieten 1990. Seevögel 12: 24.

Hardebeck, W., M. Sülz & G. Krampitz 1974. Die Wirkung von Cadmiumgaben auf das Huhn. Archiv für Geflügelk., Mitteilung 2: 100-103.

Harrison, P. 1985. Seabirds: an identification guide. Helm/Black, London.

Hatch, J.J. & I.C.T. Nisbet 1983. Band wear and band loss in Common Terns. Journal Fld Orn. 54: 1-16.

Hawksley, O. 1957. Ecology of a breeding population of Arctic Terns. Bird-Banding 29: 57-92.

Hays, H. & R.W. Risebrough 1972. Pollutant concentrations in abnormal young terns from Long Island Sound. Auk 89: 19-35.

Heath, R.G., J.W. Spann & J.F. Kreitzer 1969. Marked DDE impairment of Mallard reproduction in controlled studies. Nature 224: 47-48.

Heim de Balsac, H. & N. Mayaud 1962. Les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique. Lechevalier, Paris.

Heinz, G.H. 1976. Methylmercury: second-generation reproductive and behavioral effects on Mallard ducks. Journal Wildl. Mgmt 40: 710-715.

Henry, J. & J.-Y. Monnat 1981. Oiseaux marins nicheurs de la façade atlantique française. Report SEPNB, Brest.

Heubeck, M. 1988. Shetland's seabirds in dire straits. BTO News 158: 1-2.

Howard, D.V. 1968. Bulletin Mass. Audubon Soc. 53: 2.

Isenmann, P. 1972. Aire de répartition de la Sterne caugek (Sterna sandvicensis) en Méditerranée et données sur sa biologie en Camargue. Oiseaux 31: 150-162.

Isenmann, P. 1975. Über einen Versuch zur Messung der Fütterungshäufigkeit von fast flüggen Jungvögeln bei der Brandseeschwalbe (*Sterna sandvicensis*) in der Camarque (Süd-Frankreich). Vogelwarte 28: 159-160.

Jakobsson, J. 1985. Monitoring and management of the Northeast Atlantic herring stocks. Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 42:207-221.

King, K.A., C.A. Lefever & B.M. Mulhern 1983. Organochlorine and metal residues in Royal Terns nesting on the central Texas coast. Journal Fld Orn. 54: 295-303.

Klaassen, M.R.J. 1989. Voedselbehoefte van sterns in het Waddengebied. Limosa 62: 97-99.

Klaassen, M., B. Habekotté, P. Schinkelhoek, E. Stienen & P. van Tienen 1992a. Time budgets of Arctic and Common Tern chicks: their change with growth rate and energetic implications. In prep.

Klaassen, M., B. Zwaan, P. Heslenfeld, P. Lucas & B. Luijckx 1992b. Growth rate associated changes in the energy requirements of tern chicks. Ardea 80: 19-28.

Koeman, J.H. 1971. Het voorkomen en de toxicologische betekenis van enkele chloorkoolwaterstoffen aan de Nederlandse kust in de periode van 1965 tot 1970. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.

Koeman, J.H. 1975. The toxicological importance of chemical pollution for marine birds in The Netherlands. Vogelwarte 28: 145-150.

Koeman, J.H., A.A.G. Oskamp, J. Veen., E. Brouwer, J. Rooth, P. Zwart, E. van der Broek & H. van Genderen 1967. Insecticides as a factor in the mortality of the Sandwich Tern (Sterna sandvicensis). A preliminary communication. Mededelingen Fac. landb. Rijksuniv. Gent 32: 841-854.

Koeman, J.H., J. Garssen-Hoekstra, E. Pels & J.J.M. de Goeij 1971a. Poisoning of birds of prey by methyl mercury compounds. Mededelingen Fac. landb. Rijksuniv. Gent 36: 43-49.

Koeman, J.H., J.H. Canton, A. Woudstra, W.H.M. Peeters, J.J.M. de Goeij, C. Zegers & J.L. van Haaften 1971b. Mercury in the Dutch littoral environment. TNO Nieuws 26: 402-409.

Koeman, J.H., J.J.M. de Goeij, J. Garssen-Hoekstra & E. Pels 1970. Poisoning predatory birds by methylmercury compounds. Medededelingen Fac. landb. Rijksuniv. Gent.

Koeman, J.H. & M. Stasse-Wolthuis 1978. Environment and quality of life. Environmental toxicology of chlorinated hydrocarbon compounds in the marine environment of Europe. Directorate-General for Social Affairs, Health and Safety Directorate, Luxembourg.

Koeman, J.H., Th. Bothof, R. de Vries, H. van Velzen-Blad & J.G. Vos 1972. The impact of persistent pollutants on piscivorous and molluscivorous birds. In: J.H. Koeman (ed.), Side-effects of persistent pesticides and other chemicals on birds and mammals in The Netherlands. TNO Nieuws 27: 561-569.

Kruuk, H. 1964. Predators and anti-predator behaviour of the Black-headed Gull (Larus ridibundus). Behaviour Suppl. 11: 1-130.

Lack, D. 1968. Ecological adaptations for breeding in birds. Methuen, London.

Lakhani, K.H. & I. Newton 1983. Estimating age-specific bird survival rates from ringing recoveries - can it be done? Journal Anim. Ecol. 52: 83-91.

Langham, N.P.E. 1968. The comparative biology of terns, Sterna spp. Ph.D. thesis Durham University, Durham.

Langham, N.P.E. 1974. Comparative breeding biology of the Sandwich Tern. Auk 91: 255-277.

LeCroy, M. & C.T. Collins 1972. Growth and survival of Roseate and Common Tern chicks. Auk 89: 595-611.

Le Faucheux, O. 1963. Contribution á l'étude de la biologie de la reproduction chez les Lariformes du genre Sterna L. D.E.S. Faculté de Rennes, Rennes.

Lind, H. 1963. Nogle sociale reaktioner hos terner. Dansk orn. Foren. Tidsskr. 57: 155-175.

Ljunggren, K. *et al.* 1969. Activation analyses of mercury and other environmental pollutants in water and aquatic ecosystems. Symposium on the use of nuclear techniques in the measurement and control of environmental pollution, Salzburg.

Lloyd, C., M.L. Tasker & K. Partridge 1991. The status of seabirds in Britain and Ireland. Poyser, London.

Lynch, T.E. & D.W. Speake 1978. Eastern Wild Turkey behavioral response induced by sonic boom. In: J.L. Fletcher & R.G. Busnel (eds), Effects of noise on wildlife. Academic Press, New York; 47-61.

Maout, J. 1990. État actuel des population d'oiseaux marin de Bretagne. Penn ar bed 136: 9-10.

Marples, G. & A. Marples 1934. Sea terns or sea swallows. Country Life, London.

Mathiasson, S. 1980. Sandwich Tern Sterna sandvicensis in a changing bird community and the need for alternative breeding sites. Acta Orn. 17: 87-105.

Mead, C.J. 1971. Seabird mortality as seen through ringing. Ibis 113: 418.

Mead, C.J. 1978. Tern mortality in West-Africa as shown by British and Dutch ringing results. Ibis 120: 110.

Meininger, P.L. 1986. Kluut Recurvirostra avosetta, plevieren Charadrius en sterns Sterna als broedvogels in het Deltagebied in 1979-85. Limosa 59: 1-14.

Meininger, P.L. 1988. A preliminary investigation of tern catching in Senegal, winter 1987/88. ICBP study report 35 International Council for Bird Preservation, Cambridge.

Meininger, P.L. 1991. Populaties van enkele broedvogels in het Deltagebied in 1990 met een samenvatting van twaalf jaar monitoring 1979-1990. Nota GWAO-91.082 Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg.

Mes, R., R. Schuckard & H. Smit 1980. Flora en fauna van de Engelsmanplaat. Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, Leiden.

Mes, R., R. Schuckard & J. Wattel 1978. Visdieven Sterna hirundo zoeken koelte. Limosa 51: 64-68.

Morris, R.D., R.A. Hunter & J.F. McElman 1976. Factors affecting the reproductive success of Common Tern (Sterna hirundo) colonies on the lower Great Lakes during the summer of 1972. Canadian J. Zool. 54: 1850-1862.

Müller, H. 1959. Die Zugverhältnisse der europäischen Brandseeschwalben (Sterna sandvicensis) nach Beringungsergebnissen. Vogelwarte 20: 91-115.

Muus, B.J. 1966. Zeevissengids. Elsevier, Amsterdam.

Møller, A.P. 1981. The migration of European Sandwich Terns Sterna s. sandvicensis. Vogelwarte 31: 74-94, 149-168.

Naumann, J.F. 1824. Über den Haushalt der nordischen Seevögel Europas. Anhang zu Naumanns Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas. Band 12; 261-269.

Nehls, H.W. 1969. Zur Umsiedlung, Brutortstreue und Brutreife der Brandseeschwalbe (Sterna sandvicensis) nach Ringfunden auf Langenwerder. Vogelwarte 25: 52-57.

Nehls, H.W. 1971. Über den Einfluß des Brutzyklus auf die Scheitelfedermauser der Brandseeschwalbe. Journal Orn. 112: 230-231.

Nezel, K. & H. Vogt 1976. Der Einfluß von Bleizusätzen zum Broiller- und Legehennefutter auf die Leistung der Tiere und auf Rückstandsgehalte in den Geweben und Eiern. Archiv für Geflügelk., Mitteilung 2: 188-192.

Niethammer, G. 1942. Handbuch der deutschen Vogelkunde. Band III. Becker & Erler Kom., Leipzig.

Nisbet, I.C.T. 1978. Population models for Common Terns in Massachusetts. Bird-Banding 49: 50-58.

Nisbet, I.C.T. 1985. Paralytic shellfish poisoning: effects on breeding terns. Condor 85: 338-345.

Nisbet, I.C.T. & L.M. Reynolds 1984. Organochlorine residues in Common Terns and associated estuarine organisms, Massachusetts, USA, 1971-81. Marine Environ. Res. 11: 33-66.

Orbie G. 1991. De grote stern Sterna sandvicensis nieuwe broedvogel voor België. Mergus 5: 3-12.

Ouweneel, G.L. 1975. Overwinterende grote sterns Sterna sandvicensis in Nederland. Limosa 48: 197-201.

Ouweneel, G.L. 1981. Winterwaarnemingen van grote sterns Sterna sandvicensis 1978-81. Limosa 54: 96-97.

Parslow, J. 1973. Breeding birds of Britain and Ireland: a historical survey. Poyser, Berkhamsted.

Pearson, T.H. 1968. The feeding biology of sea-bird species breeding on the Farne Islands, Northumberland. Journal Anim. Ecol. 37: 521-552.

Pettingill, O.S. 1939. History of one hundred nests of Arctic Tern. Auk 56: 420-428.

Phillips, G.C. 1962. Survival value of the white colouration of gulls and other sea birds. Ph. D. thesis University of Oxford, Oxford.

Platteeuw, M. 1986. Effecten van geluidhinder door militaire activiteiten op gedrag en ecologie van wadvogels. RIN-rapport 86/13 Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.

Postuma, K.H., J.J. Zijlstra & N. Das 1965. On the immature herring of the North Sea. Journal Cons. int. Explor. Mer. 29: 256-276.

Prato, S.R.D. da, J.M. Dickson & F.L. Symonds 1981. Scottish Birds 11: 226-227.

Ramsay, R. & G. Wardlaw 1923. Guide to the birds of Europe and North Africa. London/ Edinburgh.

Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1980. Umweltprobleme der Nordsee. Kohlhammer, Stuttgart.

Rauck, G. 1978. The possibility of long-term changes in stock size of fish species living in the Wadden Sea. In: N. Dankers, W.J. Wolff & J.J. Zijlstra

(eds), Fishes and fisheries of the Wadden Sea. Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, Leiden; 33-42.

Rittinghaus, H. 1956. Etwas über die 'indirekte' Verbreitung der Ölpest in einem Seevogelschutzgebiete. Ornithologische Mitt. 8: 43-46.

Rooth, J. 1956. Vreemd broedgedrag. Levende Nat. 59: 225-230.

Rooth, J. 1958. Relations between Black-headed Gulls (Larus ridibundus) and terns (Sterna spec.) in The Netherlands. VII Bulletin int. Comm. Bird Preservation: 117-119.

Rooth, J. 1960. Nog eens: het kokmeeuwenprobleem. Vogeljaar 8: 1-3.

Rooth, J. 1965. Over sterns en kaapmeeuwen. Levende Nat. 68: 265-275.

Rooth, J. 1979. Over de stand van onze sterns. Lepelaar 60: 12-15.

Rooth, J. 1980. Sandwich Tern (Sterna sandvicensis Latham). In: C.J. Smit & W.J. Wolff (eds), Birds of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam; 250-258.

Rooth, J. 1989. De Nederlandse broedpopulatie van de grote stern Sterna sandvicensis in 1961-1988. Limosa 62: 121-124.

Rooth, J. & A. Timmerman 1965. Over de invloed van schieten op het gedrag van de lepelaars in de kolonie 'Het Zwanenwater' in de duinen van Callantsoog (N-H). Rapport Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten behoeve van het Natuurbehoud, Leersum.

Rooth, J. & D.A. Jonkers 1972. The status of some piscivorous birds in The Netherlands. In: Koeman, J.H. (ed.), Side-effects of persistent pesticides and other chemicals on birds and mammals in The Netherlands. TNO Nieuws 27: 551-555.

Rooth, J. & M.F. Mörzer Bruijns 1959. De grote stern (Sterna s. sandvicensis Lath.) als broedvogel in Nederland. Limosa 32: 13-23.

Røttingen, I. 1990. A review of variability in the distribution and abundance of Norwegian spring spawning herring and Barents Sea capelin. Polar Research 8: 33-42.

Rydzewski, W. 1978. The longevity of ringed birds. Ring 96-97: 218-262.

Safina, C. & J. Burger 1988. Ecological dynamics among prey fish, bluefish, and foraging Common Terns in an Atlantic coastal system. In: J. Burger (ed.), Seabirds & other marine vertebrates. Colombia University Press, New York; 95-173.

Salomonsen, F. 1947. Maagekolonierne paa Hirsholmene. Dansk orn. Foren. Tidsskr. 41: 174-186.

Salt, G.W. & D.E. Willard 1971. The hunting behavior and success of Forster's Tern. Ecology 52: 989-998.

Scharenberg, W. 1991. Prefledging terns (Sterna paradisaea, Sterna hirundo) as bioindicators for organochlorine residues in the German Wadden Sea. Archives environ. Contam. Toxicol. 21: 102-105.

Schmidt, G.A.J. 1969. Ein vogelkundlicher Bericht über fünf Jahre Schutzarbeit (1965-1969) in sieben Reservaten des Vereins Jordsand. Jordsand Mitteilungen 5: 2-62.

Schulz, H. 1947. Die Welt der Seevögel. Lettenbauer, Hamburg.

Smith, A.J.M. 1975. Studies of breeding Sandwich Terns. British Birds 68: 142-156.

SOF 1978. Sveriges fåglar. Sveriges Ornithologiska Förening, Stockholm.

SOVON 1987. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Samenwerkende Organisaties Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

Speek, B.J. & G. Speek 1984. Thieme's vogeltrekatlas. Thieme, Zutphen.

Stickel, W.H. 1973. Pesticide residues in birds and mammals. In: C.A. Edwards (ed.), Environmental pollution by pesticides. Plenum, London/New York; 254-312.

Stienen, E.W.M. & A. Brenninkmeijer 1992. Ecologisch profiel van de visdief (Sterna hirundo). RIN-rapport 92/18 DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem

Stresemann, E. 1955. Bemerkungen zu den Verbreitungskarten in Peterson-Mountfort-Hollom, Die Vogel Europas. Journal Orn. 96: 107-114.

Stresemann, E. & V. Stresemann 1966. Die Mauser der Vögel. Journal Orn. 107, Sonderheft.

Stronkhorst 1990. Microverontreinigingen in eieren van visdiefje uit Land van Saeftinghe en Philipsdam 1987. Notitie GWWS 90.13174 (in prep.) Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg.

Switzer, B., V. Lewin & F.H. Wolfe 1973. DDE and reproductive success in some Alberta Common Terns. Canadian J. Zool. 51: 1081-1086.

Taylor, I.R. 1975. Feeding behaviour and ecology of terns on the Ythan Estuary, Aberdeenshire. Thesis University of Aberdeen, Aberdeen.

Taylor, I.R. 1983. Effect of wind on the foraging behaviour of Common and Sandwich Terns. Ornis scand. 14: 90-96.

Teixeira, R.M. (red.) 1979. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 's-Graveland.

Ternes, W. & H.A. Rüssel 1985. Schwermetallverteilung (Pb, Cd, Hg) bei Vögeln und Eiern in Abhängigkeit vom Nahrungsspektrum und Standort. Vortrag zum 3. Kolloquium Atomspektrometrische Spurenanalytik, Konstanz.

Thiede, W. 1987. Spätherbst- und Winternachweise der Brandseeschwalbe (Sterna sandvicensis) in Nordwest-Europa. Ornithologische Mitt. 39: 8-12.

Thijsse, J.P. 1914. De grote stern van Rottum verjaagd. Levende Nat. 19: 144.

Thomson, A.L. 1943. The migration of the Sandwich Tern. British Birds 37: 62-69.

Tieuws, K. 1971. Weitere Ergebnisse von Langzeitbeobachtungen über das Auftreten von Beifangfischen und -krebsen in den Fängen der deutschen Garnelenfischerei (1961-1967). Arch. Fischereiwiss. 22: 214-255.

Tinbergen, N. 1932. Vergelijkende waarnemingen aan enkele meeuwen en sterns. Ardea 21: 1-13.

Tomialojc, L. 1972. Ptaki polski. Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

Vader, W. 1990. Why has the Common Guillemot Uria aalge decreased in Norway? Pelagius 5: 17-22.

Vandewalle, F.J. 1989. Origins and migration routes of some Palearctic terns wintering in Africa south of the Zambesi and Cunene rivers. Gerfaut 78: 131-150.

Veen, J.F. de 1971. Veranderingen in de visstand in de Noordzee. Waddenbulletin 6, 6: 2-7.

Veen, J. 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of the Sandwich Tern (Sterna s.sandvicensis Lath.). Brill, Leiden.

Veen, J. & J. Faber 1989. Sterns: een bedreigde vogelgroep? In: A.L. Spaans (ed.), Wetlands en watervogels. Pudoc, Wageningen; 18-33.

Veen, J. & J. van de Kam 1988. Griend vogeleiland in de Waddenzee. Natuurmonumenten, 's-Graveland/Terra, Zutphen.

Vermeer, K. 1971. A survey of mercury residues in aquatic bird eggs in the Canadian Prairie Provinces. Transaction of the thirty-sixth North American Wildlife and Natural Resources Conference 36: 138-150.

Vermeer, K., F.A.J. Armstrong & D.R.M. Hatch 1973. Mercury in aquatic birds at Clay Lake, western Ontario. Journal Wildl. Mgmt 37: 58-61.

Vertegaal, C.T.M. & J.N.G. van der Salm 1988. Ecoprofiel vogels. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Den Haag.

Vogelwerkgroep Avifauna West-Nederland 1981. Randstad en broedvogels. Gianotten, Tilburg.

Voous, K.H. 1960. Atlas van de Europese vogels. Elsevier, Amsterdam.

Vos, J.G. & J.H. Koeman 1970. Comparative toxicologic study with polychlorinated biphenyls in chickens with special reference to porphyria, edema formation, liver necrosis and tissue residues. Toxicology appl. Pharmacol. 17: 656-668.

Vos, J.G., H.L. van der Maas, A. Musch & E. Ram 1971. Toxicity of hexachlorobenzene in Japanese Quail with special reference to porphyria, liver damage, reproduction, and tisue residues. Toxicology appl. Pharmacol. 18: 944-957.

Walsh, P.M., J.Sears & M. Heubeck 1991. Seabird numbers and breeding success in 1990. Nature Conservancy Council CSD report 1235.

Whitlock, F.L. 1927. Ocean derelicts. Emu 26: 154-157.

Wilson, D.R. 1971. Sonic booms and seabird colonies. Seabird Rep. 2: 44.

Winters, K.P. 1980. Umweltprobleme der Nordsee. Kurzfassung. Der Bundesminister der Innern, Bonn.

Witherby, H.F., F.C.R. Jourdain, N.F. Ticehurst & B.W. Tucker 1958. The handbook of British birds. Witherby, London.

Yeatmann, L. 1976. Atlas des oiseaux nicheurs de France. Ministère de la Qualité de la Vie Environnement, Paris.

Zijlstra, J.J. 1972. On the importance of the Waddensea as a nursery area in relation to the conservation of the Southern North Sea fishery resources. Symposia Zool. Soc. Lond. 29: 233-258.

Zoun, P.E.F. 1991. Verslag van een onderzoek naar de oorzaak van sterfte van vogels langs de Nederlandse kust gedurende december 1988 en januari 1989. Rapport Centraal Diergeneeskundig Instituut, Lelystad.

SAMENVATTING

Dit rapport is samengesteld door het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Arnhem, in opdracht van de Dienst Getijdewateren van Rijkswaterstaat. Het is een uitgebreide herschrijving van het het in 1988 door C.T.M. Vertegaal en J.N.G. van der Salm (Bureau Duin en Kust) opgesteld ecologisch profiel. Deze literatuurstudie omvat een beschrijving van de ecologie van de grote stern (*Sterna sandvicensis*). De grote stern (met broedkolonies in de Waddenzee en het Deltagebied) is gekozen als een indicatorsoort voor de Noordzee. Het rapport maakt een vergelijking tussen de huidige Nederlandse en Europese populatiegrootte van de grote stern met die van rond 1930. Verder bevat het rapport autecologische gegevens van de grote stern en de mogelijke effecten van menselijk ingrijpen op de grootte en de groei van de Nederlandse en de Europese populatie.

Aantalsverloop

In de negentiende eeuw was de grote stern in Europa en Nederland een talrijke broedvogel. In het begin van de twintigste eeuw begon het aantal broedvogels af te nemen door het op grote schaal rapen van eieren en door de massale jacht op adulte sterns, waarvan de vleugels bestemd waren voor de dameshoedenindustrie. Na de bescherming van de grote stern en zijn broedgebieden herstelde de soort zich weer tot 56 000 paren in 1938, toen ongeveer 70% van de Europese populatie uit Nederlandse grote sterns bestond. Tijdens de Tweede Wereldoorlog is het aantal broedparen van de grote stern in Europa teruggelopen tot ongeveer 30 000 paren in 1944 door het rapen van eieren en andere oorlogsverstoringen. Hierna heeft de Europese populatie zich weer hersteld tot ongeveer 45 000 paren in de jaren vijftig, waarvan wederom ongeveer 70% uit Nederlandse sterns bestond. Aan het einde van de jaren vijftig is de soort enorm achteruitgegaan met als dieptepunt 15 000 paren in 1965. Deze achteruitgang werd voornamelijk veroorzaakt door het volledig instorten van de met gechloreerde koolwaterstoffen vergiftigde Nederlandse populatie. Na het beëindigen van deze vergiftiging heeft de Europese populatie zich redelijk hersteld tot ruim 47 000 paren in 1990, waarvan nog maar 20% (10 500 paren in 1990) in Nederland broedt. In Nederland is het niveau van vóór de vergiftigingsperiode dus nog niet bereikt.

Wanneer de situatie van 1930 met de huidige situatie wordt vergeleken, blijkt dat thans, net als vroeger, de meeste grote sterns in het Deltagebied en het Waddengebied broeden. De belangrijkste broedpopulaties rond 1930 waren de kolonies op De Beer en Schouwen in het Deltagebied en Griend en Texel in de Waddenzee. Tegenwoordig zijn de kolonies in het Deltagebied veel kleiner dan in 1930. De belangrijkste kolonies in 1990 waren de kolonies op Griend en Texel (Waddenzee) en op Hompelvoet/Markenje en Hooge Platen (Deltagebied).

In plaats van 1930 (20 000 paren) kan men beter 1938 als referentiejaar gebruiken, omdat er in dat jaar meer grote sterns (46 000 paren) in Nederland broedden.

Autecologie

De grootte van een populatie wordt bepaald door reproduktie en immigratie enerzijds, en door mortaliteit en emigratie anderzijds.

Migratie. Nieuwe broedkolonies en door een ramp (vergiftiging, overstroming, predatie, voedselschaarste) tijdelijk verlaten oude kolonies worden door immigratie van zowel ervaren als onervaren vogels opnieuw bezet. Bij normale kolonies (Griend 1915-1973) is de immigratie ruim 10% per jaar.

Mortaliteit. In Nederland is de grote stern tegenwoordig beschermd. In de overwinteringsgebieden langs de Afrikaanse kust worden er daarentegen jaarlijks 1250 tot 5000 grote sterns gevangen of geschoten. Dit is 0,9-3,6% van de totale Noordwesteuropese populatie van ongeveer 140 000 vogels. De jaarlijkse sterfte aan de hand van teruggemelde ringen is met 16,8-23,7% echter veel hoger.

Reproduktie. De reproduktie wordt bepaald door een aantal niet-antropogene en antropogene factoren.

(1) Niet-antropogene factoren. Het broedsucces van de grote stern schommelt van jaar tot jaar rond de 0,7 vliegvlug jong per paar (met een range van 0,2-1,4). Het broedsucces wordt in sterke mate bepaald door voedsel- en weersomstandigheden en door predatiedruk.

Bij stormachtig weer is de voedselopname van kuikens minder dan onder normale omstandigheden, omdat de voedselbeschikbaarheid direct beïnvloed wordt door het getij en de weersomstandigheden. Harde wind, regen en mist kunnen het foerageren van zichtjagers als de grote stern sterk bemoeilijken. De oudere kuikens hebben daar nog meer van te lijden dan de jongere, omdat hun ouders veel minder (grote) vissen aanbrengen. In zandige gebieden kunnen zandstormen slachtoffers opeisen. Door overstromingen kunnen eieren en kuikens weggespoeld worden.

Predatie van eieren en kuikens kan vooral in gebieden met landroofdieren of broedende zilvermeeuwen het broedsucces sterk nadelig beïnvloeden. Maar de meeste predatie betreft verlaten eieren en door voedselgebrek verzwakte of gestorven kuikens, die vooral door kokmeeuwen worden opgegeten. Deze predatoren stelen daarnaast ook nog een deel van de voor de kuikens aangebrachte vis. Toch zoeken grote sterns een kolonie met kokmeeuwen op, omdat deze agressieve buren een extra bescherming tegen andere predatoren bieden.

(2) Antropogene factoren. De belangrijkste antropogene factoren die het broedsucces kunnen beïnvloeden, zijn visserij, verontreinigingen, verstoringen en veranderingen rond het broedgebied.

De grote stern is in Nederland een voor een belangrijk deel op de Noordzee foeragerende voedselspecialist, die vrijwel uitsluitend smelt, zandspiering, sprot en haring eet. Het broedsucces en de overleving van de grote stern is afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid van deze vier vissoorten. Door overbevissing kan de beschikbaarheid van deze soorten als voedsel aanzienlijk verminderen. Helaas hebben de gegevens over de stand van haring, sprot en zandspiering betrekking op het gehele zuidelijke deel van de Noordzee, waardoor geen uitspraak gedaan kan worden over de lokale effecten van (over)bevissing op de overleving en reproduktie van de grote stern. Bovendien zijn er geen gegevens voorhanden van de smelt, de vierde voor de grote stern belangrijke vissoort. Verder is de grote stern bij het foerageren afhankelijk van vissen die zich in de bovenste waterlaag bevinden. Er is echter weinig bekend over de verticale verspreiding van deze vissen.

De grote stern is als toppredator zeer gevoelig voor verontreinigingen. In het begin van de jaren zestig is de soort langs de Nederlandse kust enorm achteruitgegaan door vergiftiging met organochloorverbindingen. Vooral pas uitgekomen kuikens, vliegvlugge jongen en trekkende vogels bleken gevoelig voor de verontreinigingen. Tegenwoordig zijn vooral PCB's en zware metalen in relatief hoge concentraties in het mariene milieu aanwezig. Waarschijnlijk heeft de grote stern tegenwoordig weinig last van verontreinigingen, maar er zijn nauwelijks recente gegevens over de belasting van de vogels met deze stoffen beschikbaar.

De laatste decennia is er sprake van een toenemende eutrofiëring van de kustzone van de Noordzee en de estuaria. Door eutrofiëring kan het zicht van jagende grote sterns beperkt worden. Het is niet duidelijk of de toegenomen eutrofiëring van de kustwateren een positieve uitwerking heeft, doordat het zicht van de prooi minder geworden is of doordat er meer en energierijker voedsel aanwezig is, dan wel een negatieve uitwerking, doordat het vangsucces daalt door het afgenomen zicht van de foeragerende sterns.

Antropogene verstoring. Er is tegenwoordig in Nederland weinig menselijke verstoring, omdat alle belangrijke broedgebieden beschermd en bewaakt worden.

Veranderingen rond het broedgebied (door woningbouw, aanleg van wegen, dijken en dammen, inpoldering, industrialisatie, ruilverkaveling en dergelijke) kunnen voor de grote stern nadelig zijn, wanneer broedgebieden erdoor verdwijnen (de Beer). Maar ze kunnen ook positief uitwerken, wanneer er broedgebieden voor in de plaats komen of wanneer broedgebieden er extra door worden beschermd (Griend, Hompelvoet/Markenje, Hooge Platen). Om de broedgebieden van de sterns in de toekomst te beschermen, is een goed beheersbeleid van het grootste belang. In het Deltagebied, waar als gevolg van het het afsluiten van de zeearmen een snelle successie van de vegetatie plaatsvindt, zal anders een belangrijk broedgebied voor de grote stern (Hompelvoet/Markenje) verdwijnen.

SUMMARY

This report has been written by the DLO Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO), formerly DLO Research Institute for Nature Management (RIN-DLO), Arnhem, by order of the 'Dienst Getijdewateren' of 'Rijkswaterstaat', Middelburg. It contains an improvement of the ecological profile of the Sandwich Tern (*Sterna sandvicensis*), produced by C.T.M. Vertegaal and J.N.G. van der Salm of the Bureau Dune and Coast. The Sandwich Tern has been selected as an indicator species for the state of the coastal waters and estuarine areas in The Netherlands, especially the North Sea. This report compares the state of the European and the Dutch population of the Sandwich Tern at the present time with the species' state in 1930. Furthermore it describes the autecology of the species and the effects of human interference on the population.

Population trend

In the nineteenth century the Sandwich Tern bred in very large numbers in Europe as well as in The Netherlands. At the beginning of the twentieth century, however, the number of breeding pairs started to decline because of large scale egging and shooting of adult terns, whose wings were then used for the manufacture of ladies' hats. After this period there was a gradual increase, partly as a result of the protection of the species (in The Netherlands from 1908 onwards). This increase in population lasted until 1938, when the 40 000 Dutch breeding pairs made up 70% of the European population. During World War II the European population decreased to about 30 000 pairs in 1944, as a result of shooting of adult terns, egging and other disturbances during the war. After World War II the population increased again up to about 45 000 pairs in the 1950s, of which approximately 70% once more bred in The Netherlands. At the end of the 1950s European numbers dropped markedly and the number of breeding pairs was reduced to about 15 000 in 1965. This decrease was due to the collapse of the Dutch breeding population, which in this period suffered severely from pollution of the Dutch coastal areas by organochlorine pesticides. Since the ending of this poisoning, the European population has recovered reasonably well up to 47 000 pairs in 1990, of which, however, only 20% (10 500 pairs in 1990) breed in The Netherlands. So the relatively large numbers from the period previous to the pollution with organochlorines have not as yet been reached.

When comparing the situation in 1930 with the present status of the species, it can be seen that in both periods the majority of breeding Dutch Sandwich Terns were present in the Delta area and the Wadden Sea area. The main breeding populations in the 1930s were the colonies at De Beer and Schouwen in the Delta area, and the colonies on Griend and Texel in the Dutch Wadden Sea area. Nowadays, the colonies in the Delta area are much smaller than in the 1930s. In 1990 the main colonies were the colonies on Griend and Texel

(in the Wadden Sea area) and at Markenje/Hompelvoet and the Hooge Platen (Delta area).

It looks better to take 1938 as a reference year, when the Dutch population contained 46 000 pairs, instead of 1930 when 20 000 pairs bred in The Netherlands.

Autecology

The size of a population is defined as the balance between reproduction and immigration, and mortality and emigration.

Migration. New breeding colonies and temporarily deserted colonies due to a disaster (intoxication, flooding, predation, food scarceness) will be re-occupied by recidivists as well as by immigration of first time breeders. In The Netherlands the immigration rate between 1915 and 1973 was about 10% per year.

Mortality. Nowadays, the Sandwich Tern is protected in The Netherlands. In contrast an estimated 1250-5000 of Sandwich Terns are caught or shot every year in the wintering areas along the coast of Senegal, Africa. This is 0.9-3.6% of the total northwest European population of about 140 000 Sandwich Terns. The annual mortality, based on the number of ringing recoveries, is much higher at 16.8-23.7%.

Reproduction. The reproduction is dependent of the recruitment, i.e. the number of fledged chicks that actually reach breeding age, which is tentative of the breeding success of a colony and the survival of its fledglings up to their first breeding attempt. These items are influenced by a number of non-human and human factors.

(1) Non-human factors. The fledging success (the number of young able to fly per nest) of the Sandwich Tern varies from year to year around 0.7 fledgling per pair (with a range of 0.2-1.4). Breeding success is strongly influenced by feeding and weather conditions and by predation pressure. Diseases and the abandonment of nests by parents are of less importance for the breeding success.

Weather. The Sandwich Tern is, as a highly specialised forager, vulnerable to changes in food availability. This availability is highly dependent on the tidal cycle and on the weather conditions. Strong wind, heavy rain and fog can influence the foraging of the terns because they are highly dependent on their sight during foraging. A period of low temperature can cause mortality of chicks because they become chilled. In large sandy areas sand storms can cause high mortality. As a consequence of flooding many eggs and chicks can flush away.

Predation. In some areas (especially in those areas where ground predators or Herring Gulls (*Larus argentatus*) are present) predation can strongly reduce the breeding success. But most predation happens by Black-headed Gulls (*Larus ridibundus*) and concerns abandoned eggs and chicks which would have been lost anyway. These gulls also steal some of the fish that was meant for the chicks. In spite of this Sandwich Terns do prefer breeding next to

colonies of Black-headed Gulls because of their extra protection against more dangerous predators.

(2) Human factors. Pollution, disturbance and an intensive commercial fishing can have a strong impact on the fledging success of the Sandwich Tern. Changes in the traditional nesting areas and the catching and shooting of terns in winter areas can also reduce numbers.

Human disturbance. At present human disturbance is probably of less importance to the species. However, in the past many cases are known of terns having been driven away from there original breeding areas, for example as a result of increased beach recreation. Because most breeding areas of the Sandwich Tern are presently situated in protected areas human disturbance seems to be of less importance.

Fishery. Food availability strongly influences the breeding success of the species. The Sandwich Tern in the North Sea basin depends almost entirely on four fish species (herring, sprat, sandeel and greater sandeel, all fish with a relatively high energy content) and furthermore on certain length classes, so commercial fishing of these species can reduce the available food. Unfortunately there are no data available about the exact stock size of these fish species in the local feeding area of the Dutch Sandwich Terns. Therefore no information can be given concerning local effects of fishery on the survival and reproduction of the Sandwich Tern. Also there is little knowledge about the vertical dispersion of the prey fish. The fish can only be caught by terns when they swim at the surface.

Pollution. As a top predator the Sandwich Tern is very sensitive to pollution. At the beginning of the 1960s numbers on the Dutch coast were strongly reduced, due to the pollution of the coastal waters by organochlorine pesticides. Hatching and fledging chicks, as well as migrating birds were especially responsive to the pollution. At present the main pollution in The Netherlands is caused by PCBs and heavy metals in the marine environment. Recent pollution levels in Sandwich Terns or their eggs in The Netherlands are hardly known. However, it seems that there is no danger to the species nowadays.

During the last decades there has been an increase in the eutrophication of the coastal areas of the North Sea and estuaries. Eutrophication can reduce the sight for foraging terns. It is not clear whether eutrophication of the coastal and estuarine waters influences the species positively, because there is more food (and thus more energy) available, or negatively as a result of a diminished fishing success of the terns caused by a reduced sight.

Human disturbance. In The Netherlands there is little human disturbance in the breeding areas nowadays because all the main breeding areas are well protected and guarded.

Changes in or around the nesting areas can be of the utmost importance for the species. Many examples are known of past human interference (for example the building of houses, roads, dikes and dams, reclamation, industrialisation and re-allotment) in traditional nesting areas causing the terns to leave. Especially in the Delta area changes led to the loss of some traditional

nesting areas (De Beer), although other breeding areas were given extra protection (Griend, Hompelvoet/Markenje) or even created (Hooge Platen). In order to protect the breeding area of the terns in The Netherlands, good management is of great importance. Especially in the Delta area, where the closing of the sea branches led to a fast succession of the vegetation, many breeding habitats will be lost without good management.

Tabel 1. De schatting van de broedpopulatie in Europa rond 1930 (Schulz 1947, Fisher & Lockley 1954, Rooth & Mörzer Bruijns 1959, Aumees & Paakspuu 1963, Nehls 1969, Tomialojc 1972, Parslow 1973, Yeatmann 1976, Dybbro 1978, SOF 1978, Møller 1981 en bijlage 1).

Land	Aantal paren	Jaar
Nederland	15 500	1930
Groot-Brittannië	3000	1932
Frankrijk	15	1927
Polen	3	1930
Zweden	150	1930
Duitsland	6000	1930
Denemarken	10 000	1930
Estland	0	1930
Finland	0	1930
Totaal (afgerond)	35 000	

Tabel 2. Schatting van de broedpopulatie in Nederland in 1938 (Brouwer *et al.* 1950, Rooth 1980a, Vogelwerkgroep Avifauna West-Nederland 1981, Meininger 1986 en bijlage 1).

Broedplaats	Aantal paren
Griend	30 000
Texel	5000
IJsselmeer	1750
Schouwen	9000
Totaal (afgerond)	46 000

Tabel 3. De gemiddelde legselgrootte met de eventuele range in Europa (N = aantal jaren onderzocht).

Plaats	Legsel- grootte	Jaren (N)	Bron
Estland	1,43	< 1932	Dircksen 1932
South Carolina (USA)	1,05	< 1979 (4)	Blus *et al.* 1979
Krim (GOS)	1,5	< 1960	Borodulina 1960
Ravenglass (GB)	1,58	< 1912	Bickerton 1912
Groot-Brittannië	1,41-1,67	< 1934	Marples & Marples 1934
Scolt Head (GB)	1,58	1953-1959 (7)	Chestney 1970
Coquet Island (GB)	1,27 1,05-1,5	1965-1970 (6)	Dunn 1972a Langham 1974
Meaban (Frankrijk)	1,40	< 1963	Le Faucheux 1963
Banc d'Arguin (Frankrijk)	1,82-1,90	1975-1976 (2)	Campredon 1978
Zweden	1,66 1,72-1,47	1947-1977 (31)	Mathiasson 1980
Griend (NL)	1,75	1929 (1)	Brouwer 1930
Griend (NL)	1,6 1,3-1,8	1980-1989 (4)	Griendverslagen 1980-1989
Griend (NL)	1,6 1,3-1,8	1990-1991 (2)	Griendverslagen 1990-1991
Hompelvoet (NL)	1,6 1,1-1,8	1974-1979 (6)	Derks & De Kraker 1990
Hompelvoet (NL)	1,5 1,3-1,8	1980-1989 (10)	Derks & De Kraker 1990
Hompelvoet (NL)	1,4 1,1-1,64	1990-1991 (2)	Derks & De Kraker 1991
de Beer (NL)	1,2	1962 (1)	Rooth 1965

Tabel 4. Het uitkomstsucces of hatching success (met bijbehorende range) per decennium (N = aantal jaren onderzocht) van de eieren van de grote stern in Nederland en Groot-Brittannië, uitgedrukt in het percentage gelegde eieren dat uitkomt.

Plaats	Uitkomst-succes (%)	Jaren (N)	Bron
Coquet Island (GB)	53,3 21,7-95,7	1965-1969 (4)	Dunn 1972a Langham 1974
Coquet Island (GB)	65,4	1970 (1)	Dunn 1972a Langham 1974
Griend (NL)	63,2 53,3-75,8	1965-1967 (3)	Veen 1977
Griend (NL)	71,7 66,3-79,4	1970-1972 (3)	Veen 1977

Tabel 5. Het uitvliegsucces of fledging success (met bijbehorende range) per decennium (N = aantal jaren onderzocht) van de grote stern in Nederland, Duitsland en Groot-Brittannië, uitgedrukt in het percentage geboren kuikens dat vliegvlug wordt.

Plaats	Uitvliegsucces (%)	Jaren (N)	Bron
Coquet Island (GB)	89,4 85,9-95,2	1965-1969 (5)	Dunn 1972a Langham 1974
Coquet Island (GB)	83,7	1970 (1)	Dunn 1972a Langham 1974
Norderoog (Duitsland)	15	1931 (1)	Dircksen 1932
Griend (NL)	55,9 50,0-60,0	1966-1968 (3)	Veen 1977
Griend (NL)	54,6 48,8-61,5	1970-1972 (3)	Veen 1977
Griend (NL)	18	1991 (1)	Brenninkmeijer & Stienen 1992

Tabel 6. Het gemiddelde broedsucces (met bijbehorende range) van de grote stern per decennium (N = aantal jaren onderzocht) en per gebied, uitgedrukt in het gemiddeld aantal vliegvlugge jongen per paar.

Plaats	Periode (N)	Broed-succes	Bron
Griend (NL)	1954 (1)	0,4	Braaksma 1958
Griend (NL)	1961-1968 (4)	0,7 0,4-1,1	Veen 1977
Griend (NL)	1970-1972 (3)	0,7 0,6-0,8	Veen 1977
Griend (NL)	1980-1989 (10)	0,7 0,5-0,8	Griend-verslagen
Griend (NL)	1990-1991 (2)	0,6 0,2-1,0	Griend-verslagen
Griend (NL)	1954-1991 (20)	0,7 0,2-1,1	Griend-verslagen
Hompelvoet (NL)	1974 (1)	1,1	Beijersbergen 1976
Hompelvoet (NL)	1980-1989 (10)	0,75	Derks & De Kraker 1991
Hompelvoet (NL)	1990 (1)	0,5	Derks & De Kraker 1991
Coquet Island (GB)	1965-1969 (5)	0,61 0,55-1,08	Dunn 1972a Langham 1974
Coquet Island (GB)	1970 (1)	0,76	Dunn 1972a Langham 1974
Scolt Head (GB)	1953-1959 (7)	0,7 0,0-1,4	Chestney 1970
Scolt Head (GB)	1960-1969 (10)	0,8 0,0-1,2	Chestney 1970
Groot-Brittannië & Ierland	1986-1989 (4)	0,7 0,6-0,9	Walsh *et al.* 1991
Groot-Brittannië & Ierland	1990 (1)	0,8	Walsh *et al.* 1991
Norderoog (Duitsland)	1965-1967 (3)	0,6 0,1-0,8	Schmidt 1969
Schärhorn (Duitsland)	(8)	0,79	Glutz von Blotzheim & Bauer 1982
Knechtsand (Duitsland)	(1)	1,2	Glutz von Blotzheim & Bauer 1982
Arcachon (Frankrijk)	1974-1976 (3)	1,75 1,59-1,79	Campredon 1978
South Carolina (USA)	(4)	0,4 0,0-0,50	Blus *et al.* 1979
Curaçao	1958 (1)	0,8	Ansingh *et al.* 1960

Tabel 7. Berekening van de jaarlijkse immigratie van grote sterns op Griend in de periode 1970-1990 aan de hand van de jaarlijkse recrutering, populatiegroei en mortaliteit. De berekeningen zijn gebaseerd op analyses van ringgegevens van A.J. Cavé (N = 281, 1915-1970) en A. Brenninkmeijer & E. Stienen (N = 139, 1970-1973). De broedgegevens komen uit de Griendverslagen, Veen (1977) en Veen & Faber (1989).

Parameter	1915-1970	1970-1973
Jaarlijkse recrutering	9,6-11,1%	11,8-13,1%
Jaarlijkse populatiegroei	-1,1%	7,7%
Jaarlijkse mortaliteit van adulte vogels	23,7%	16,8%
Berekende immigratie	10,8-13,0%	11,4-12,7%

Tabel 8. De leeftijdsverdeling van broedvogels op Griend in 1971 en 1972 (Veen 1977).

Leeftijd (jaren)	Aantal	%
0-1	0	0
1-2	0	0
2-3	1	1,3
3-4	13	17,3
4-5	18	24,0
5-6	9	12,0
6-7	8	10,7
7-8	10	13,3
8-9	13	17,3
9-10	2	2,7
10-11	0	0
11-12	1	1,3
Totaal	75	100

Tabel 9. Procentuele samenstelling van door kuikens van de grote stern gegeten prooisoorten op Griend in verschillende jaren (Veen 1977).

Voedsel	1966	1967	1970
Haring en sprot	66,5	62,8	34,0
Zandspiering en smelt	30,8	35,5	64,3
Overige vis	2,7	1,7	1,7
Aantal vissen	2351	395	356

Tabel 10. De gemiddelde residu-gehaltes (met de range) in ppm (versgewicht) van de organochloor-verbindingen telodrin, dieldrin, endrin, DDE en DTE (dieldrin toxiciteits equivalent) in verschillende weefsels (met steekproefgrootte N) van pullen en van juveniele en adulte grote sterns in 1965 in Nederland (Koeman 1971).

Orgaan (N)	Telodrin	Dieldrin	Endrin	DDE	DTE
Pullen:					
Lever (6)	2,3 0,63-3,8	5,6 2,4-12	0,47 0,19-1,3	5,9 2,0-12	28,6 8,4-50,3
Spier (3)	0,74 0,58-1,0	1,8 0,98-3,6	0,29 0,19-0,44	1,9 1,4-3,1	9,2 7,8-13,6
Juveniele sterns:					
Lever (8)	0,86 0,60-1,7	4,7 1,9-6,6	0,43 0,1-1,2	1,7 0,90-3,4	13,3 9,9-23,5
Spier (8)	0,78 0,32-0,90	2,6 0,98-5,7	0,29 0,09-1,3	1,2 0,58-2,2	10,4 4,0-14,7
Totaal (12)	0,34 0,19-0,50	2,2 1,4-4,1	0,26 0,10-0,70	0,77 0,45-2,0	5,6 3,5-9,1
Adulte sterns:					
Lever (5)	1,1 0,77-1,6	5,5 4,7-7,2	0,67 0,50-0,80	2,5 1,9-3,6	16,5 12,4-20,7
Spier (4)	1,5 1,2-1,7	8,5 6,7-10	0,73 0,48-1,2	3,9 2,2-6,5	23,5 18,7-26,6
Hersen (3)	0,78 0,50-1,1	3,2 2,8-3,4	0,42 0,30-0,60	1,4 1,1-2,1	11,0 8,3-13,8
Totaal (3)	0,90 0,80-1,1	5,6 4,3-7,5	0,50 0,37-0,70	2,4 1,9-3,7	14,6 12,3-18,5

Tabel 11. De gemiddelde residu-gehaltes (met de range) in ppm (versgewicht) van de organochloor-verbindingen lindaan (gamma-HCH), HCB, ΣDDT (o-, p'-DDT + p-, p'-DDT + p-,p'-DDE) en PCB in ppm in tien eieren van de grote stern op de Ostfriesische Inseln[1] (Wangerooge, Minsener Oldeoog en Mellum) en in de Helgoländer Bucht[2] (Scharhörn en Trischen) in Duitsland in 1981. De gehaltes waren niet significant verschillend (Becker *et al.* 1985a).

Gebied	Lindaan	HCB	ΣDDT	PCB's
Ostfri. Inseln[1]	0,003 0,001-0,006	0,130 0,010-0,433	0,290 0,152-0,601	7,104 3,619-9,399
Helgolander Bucht[2]	0,002 0,001-0,005	0,312 0,057-1,336	0,348 0,171-0,592	15,561 2,336-55,921

Tabel 12. De gemiddelde residu-gehaltes (met de range) van de organochloor-verbindingen telodrin, dieldrin en endrin in ppm (versgewicht) in eieren van grote sterns in verschillende kolonies in Nederland (Koeman 1971).

Jaar	Plaats	N	Telodrin	Dieldrin	Endrin
1965	Griend	8	0,09 0,02-0,45	0,80 0,36-2,4	0,17 0,10-0,34
1966	Griend	25	0,06 0,02-0,12	0,23 0,09-0,79	0,20 0,09-0,79
1967	Griend	10	0,05 0,02-0,09	0,19 0,05-0,42	0,16 0,01-0,34
1969	Griend	10	< 0,02	0,093 0,03-0,19	< 0,05
1969	Goeree	5	< 0,02	0,068 0,01-0,19	< 0,05
1970	Griend	10	< 0,02	0,065 0,034-0,089	< 0,05

Tabel 13. De gemiddelde residu-gehaltes (met de range) van de organochloor-verbindingen DDE, PCB en HCB in ppm (versgewicht) in eieren van grote sterns in verschillende kolonies in Nederland (Koeman 1971, Stronkhorst 1990).

Jaar	Plaats	N	DDE	PCB	HCB
1965	Griend	8	0,61 0,29-1,2		
1966	Griend	25	0,61 0,26-1,1		
1967	Griend	10	0,43 0,25-0,85	4,5 0,25-0,85	0,25 0,07-1,1
1969	Griend	10	0,75 0,35-1,4	12,5 5,2-31	
1969	Goeree	5	1,1 0,32-2,8	9,0 0,92-2	
1970	Griend	10	0,40 0,21-0,88	7,1 3,7-15	0,073 0,039-0,21
1990	Hooge Platen	4		1,027 ± 0,403	

Tabel 14. De gemiddelde residu-gehaltes (met de range) van de organochloor-verbindingen telodrin, dieldrin, endrin en DDE in ppm (versgewicht) in een aantal (N) eieren van de soorten (Sp) grote stern (GS), visdief (VD) en Dougalls stern (DS) in verschillende Europese landen in 1965[1] en 1966[2] (Koeman 1971). De Nederlandse getallen komen van Griend, de Duitse van Minsener Oldeoog, de Ierse van Wexford en de Engelse van Scolt Head (Groot-Brittannië).

Land[Jaar]	Sp	N	Telodrin	Dieldrin	Endrin	DDE
Nederland[1]	GS	8	0,09 0,02-0,45	0,80 0,36-2,4	0,17 0,10-0,34	0,61 0,29-1,2
Nederland[2]	GS	25	0,06 0,02-0,12	0,23 0,09-0,79	0,23 0,08-0,79	0,61 0,26-1,1
Duitsland[1]	VD	14	0,08 0,02-0,73	0,70 0,31-3,5	0,24 0,03-1,6	0,54 0,25-1,5
Duitsland[2]	VD	6	0,06 0,03-0,09	0,29 0,08-0,55	0,08 0,04-0,13	0,44 0,09-0,86
Ierland[1]	GS	5	< 0,001	0,12 0,10-0,15	< 0,005	0,61 0,43-0.97
Ierland[1]	DS	6	< 0,001	0,06 0,03-0,12	< 0,005	0,27 0,13-0,45
Engeland[2]	GS	6	< 0,02	0,17 0,08-0,41	< 0,005 -0,30	0,55 0,26-1,2

Tabel 15. De gemiddelde residu-gehaltes (met de range) in ppm (versgewicht) van de organochloor-verbindingen telodrin, dieldrin en endrin in het voedsel (met steekproefgrootte N) van de grote stern in 1965 in Nederland (Koeman 1971).

Soort	N	Telodrin	Dieldrin	Endrin
Sprot	43	0,06 0,06-0,07	0,30 0,16-0,42	0,12 0,07-0,22
Haring	38	0,05 0,04-0,06	0,27 0,26-0,29	0,10 0,07-0,20
Zandspiering	22	0,04 0,04-0,05	0,25 0,19-0,34	0,21 0,12-0,45
Totaal	103	0,05 0,04-0,07	0,27 0,16-0,42	0,14 0,07-0,45

Tabel 16. De concentratieverhouding van residu-gehaltes chloorkoolwaterstoffen tussen het voedsel van de grote stern en de grote stern zelf in 1965 (Koeman 1971).

Totaalgehalte in weefsel	N	Telodrin	Dieldrin	Endrin
Stervend en dood gevonden grote sterns	15	9,4	10,6	2,2
Gedode grote sterns	11	6,6	7,3	3,9

Tabel 17. De gemiddelde totaal-kwikgehaltes (alkylkwik en methylkwik, waarvan methylkwik uitsluitend is bepaald in totaalhomogenaten van grote sterns) met bijbehorende range in ppm (versgewicht) in de eieren en in de verschillende lichaamsdelen (waarvan de rest het hele lichaam minus veren, poten, snavel, lever en hersenen is) van dood gevonden (D) en gedode (S) grote sterns in de Nederlandse Waddenzee in mei 1970 (Koeman 1971) en in de Duitse Waddenzee in 1981 (Becker *et al.* 1985c).

Plaats	Orgaan	N	Totaal-kwik	Methylkwik
Nederland:				
Griend	lever (S)	4	4,9 2,9-10,0	
Griend	hersenen (S)	4	1,3 0,53-2,3	
Griend	rest (S)	4	1,4 0,74-2,6	1,1 0,72-2,1
Texel	lever (D)		2,4	
Texel	hersenen (D)		0,71	
Texel	rest (D)		0,87	0,81
Griend	ei	5	1,7 0,84-3,6	
Duitsland:				
Wangerooge, Minsener Oldeoog, Mellum	ei	10	0,95 0,50-3,0	
Scharhörn Trischen	ei	10	1,41 0,57-4,43	

Tabel 18. De totaal-kwikgehaltes in ppm (versgewicht) in het voedsel van de grote stern in de westelijke Waddenzee in verschillende maanden van het jaar (Koeman *et al.* 1971b).

Soort	Maand, jaar	N	Totaal-kwik	Methylkwik
Haring en sprot	november 1969	8	0,22	0,11
Haring en sprot	juni 1970	8	0,15	0,06
Haring en sprot	augustus 1970	8	0,16	niet bepaald
Haring en sprot	september 1970	8	0,18	niet bepaald
Zandspiering	juni 1970	8	0,17	0,09
Schol	juni 1970	8	0,21	0,12
Bot	juni 1970	5	0,50	0,30

BIJLAGE 1. AANTALSVERLOOP GROTE STERN (BIJDRAGE SOVON).

Inleiding

Het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) heeft SOVON de opdracht verleend tot het samenstellen van een overzicht van de aantallen broedparen van de grote stern per kolonie in Nederland (Wadden-, Delta- en IJsselmeergebied) voor de jaren 1930 tot en met heden. Door medewerkers van de afdeling Monitoring (Henk Wessels archiefonderzoek, Norbert Kwint archiefonderzoek en verslaglegging) is deze opdracht ter hand genomen.

In deze bijlage wordt aandacht besteed aan de werkwijze en de volledigheid van het materiaal. Achterin de bijlage is een overzicht te vinden met alle gebruikte archieven en bronnen.

Opdracht

Ten behoeve van een modellering van de populatiedynamiek van de grote stern is door de Dienst Getijdewateren (DGW) aan het IBN-DLO de opdracht verleend een detaillering in het bestaande ecoprofiel van de grote stern aan te brengen. SOVON is door het IBN-DLO hierbij betrokken om gegevens over de aantallen broedparen van deze soort vanaf 1900 te verzamelen. De nadruk ligt op het Waddengebied en het Deltagebied. SOVON heeft hiervoor archiefonderzoek gepleegd. De resultaten van dit onderzoek worden verwoord in afzonderlijke hoofdstukken van dit ecoprofiel.

Werkwijze

Gebied. In de publikatie genoemde naam van het gebied waar de kolonie zich bevindt. De ligging van de kolonie was vrijwel altijd duidelijk omschreven of aangeduid. In een aantal gevallen werden in verschillende bronnen andere namen gebruikt voor dezelfde kolonie. Middels vergelijking van overeenkomende jaren kon dit vaak herleid worden, zodat een zo lang mogelijke reeks van bepaalde kolonies ontstond. Bij twijfel werden de verschillende namen van de kolonies gehandhaafd. Met name op de Waddeneilanden werden nogal eens verschillende namen voor de kolonies gebruikt.

Regio. Nederland is opgedeeld in de regio's Waddengebied, Deltagebied, IJsselmeer (inclusief Afsluitdijk) en Holland. De begrenzingen van deze regio's zijn weergegeven in figuur 3 van hoofdstuk 2.

Jaar. Inventarisatie- of teljaar. Wanneer een aantalsopgave voor een periode werd gedaan (bijvoorbeeld gemiddeld 100 van 1930-1940), dan is voor elk tussenliggend jaar het betreffende aantal (100) ingevoerd.

Reken-aantal. Het absolute aantal paren waarmee 'gerekend' wordt. Besloten werd zoveel mogelijk ook aantalsaanduidingen om te zetten in concrete aantallen. Bij intervallen werd het rekenkundige gemiddelde als aantal geno-

men (bijvoorbeeld 50-100 werd 75 en 600-700 werd 650 paren). In de diverse bronnen werd daarnaast geregeld gebruikgemaakt van aanduidingen als vele, talrijk, minder dan vorig jaar, kleine kolonie en dergelijke. Getracht is voor deze aanduidingen een aantal te bepalen. Hierbij is zoveel mogelijk gekeken naar de 'omringende' jaren of de dichtstbijzijnde jaren. Een kleine kolonie of een klein aantal leverde hierdoor meestal 5-10 paren op. Wanneer er geen enkele referentie aanwezig was met betrekking tot het aantal broedparen, is een reken-aantal achterwege gelaten.

Dubbeltellingen. Het kwam geregeld voor dat in diverse bronnen voor een kolonie verschillende aantalsopgaven werden gedaan. Per kolonie is zoveel mogelijk dezelfde bron aangehouden. Daarnaast werd getracht in te schatten in hoeverre de diverse bronnen betrouwbaar waren. In het algemeen kregen exacte opgaven de voorkeur boven vage. Het aangehouden aantal is dus de meest exacte, betrouwbaar ogende, liefst meerjarig voorkomende bron.

De gevolgde werkwijze wordt hier kort uiteengezet:

* Er is begonnen met het bij SOVON aanwezige materiaal. Dit was het best direct toegankelijk. Een belangrijk deel van het SBB/NWA-archief was reeds in het Oude-Tijdreeksenproject verwerkt.

* Bij het IBN-DLO (Leersum) en Staatsbosbeheer (SBB) (NWA-archief) werden de soortarchieven van de grote stern doorgenomen.

* Uit een uitdraai van het DGW-archief werd een selectie gemaakt van relevante bronnen.

De gegevens zijn als volgt verwerkt:

In eerste instantie is zoveel mogelijk gewerkt met een papieren archief. Hiervoor is een formulier gemaakt. Het voordeel van het gebruik van een papieren archief is dat men gemakkelijk voor de kolonies een overzicht heeft (welke kolonies, welke jaren, welke bronnen). Dit maakt het eenvoudiger om verschillende bronnen en archieven samen te voegen (avifauna's, rapporten, oude-tijdreeksenarchief). Met name de verschillende streekavifauna's zijn op papier uitgewerkt.

De gebruikte rapporten met betrekking tot het Deltagebied bevatten vaak al meerjarige overzichten. Daarnaast werden de Rijkswaterstaat-rapporten van P.L. Meininger (vanaf 1979) geacht (nagenoeg) volledig te zijn. Voor deze jaren (1979-1990) hoefden de verschillende bronnen of archieven niet bij elkaar te worden gevoegd.

Na het invoeren van de gepubliceerde aantallen is een inter- en extrapolatieslag uitgevoerd (in nauwe samenwerking met DGW en IBN-DLO). Er is zoveel mogelijk getracht bestaande gaten op te vullen. Er werd vooral gekeken naar de dichtstbijzijnde jaren waarvan wel gegevens voorhanden waren. Daarnaast werd rekening gehouden met de trend van de voorafgaande en de daaropvolgende jaren. Bij het ontbreken van gegevens van een jaar werd het gemiddelde van de aantallen van de omliggende jaren genomen. Er waren van veel kolonies veel aantallen bekend en de gaten waren doorgaans klein. Alleen de eerste

twintig jaar van deze eeuw leverde problemen op. Het 'gat' van 1910-1915 kon moeilijk worden opgevuld. Besloten werd alleen gaten (vooral 1-5 jaren) in langere reeksen (> 10 jaar) van de grotere kolonies op te vullen. Uit de jaren 1900-1920 waren slechts enkele opgaven beschikbaar, zodat deze aantallen geacht worden minder betrouwbaar te zijn (zie voor Deltagebied).

Resultaten

Om dubbele afdrukken te voorkomen, zijn fig. 8-11 alleen in de hoofdstukken 2 en 3 afgebeeld.

Tabel 1.1. Gebiedsnamen grote stern.

Amelanderduintjes
Balgzand
Boschplaat, Terschelling
Braakman
Burdets Hop (Texel)
De Beer
De Bol, Texel
Delfzijl
Dijkwater (Texel)
Eilandjes Randmeren
Engelsmanplaat
Goudplaat
Griend
Hompelvoet
Hooge Platen
IJsselmeer
Inlagen Schouwen
Kaloot
Kwade Hoek
Lelystad
Maasvlakte
Maasvlakte/Westplaat
Makkumerwaard
Marinehaven (Den Helder)
Markenje
Mokkebank
Noordvaarder, Tersch.
Oostelijk Flevoland
Oostvoorne/Groene Strand
Rammekenshoek
Rockanje
Rothoek, Amsterdam
Rottumeroog
Rottumerplaat
Saeftinghe
Scheelhoek
Schiermonnikoog
Schorren (Texel)
Slikken van de Heen
Tacozijl
Terschelling
Zandkreek
Zwanewater

Tabel 1.2. Totaal aantal paren grote sterns per jaar (1900-1990).

Jaar	Wadden gebied	Delta gebied	IJsselmeer gebied	Holland	Totaal
1900	5085	11000	0	0	16085
1901	5485	11000	0	0	16485
1902	4085	11000	0	0	15085
1903	4085	10000	0	0	14085
1904	2095	9000	0	0	11095
1905	1185	8000	0	0	9185
1906	1600	7000	0	0	8600
1907	1000	4000	0	0	5000
1908	1250	3000	0	0	4250
1909	1500	2000	0	0	3500
1910	1750	500	0	0	2250
1911	0	500	0	0	500
1912	0	1000	0	0	1000
1913	0	2000	0	0	2000
1914	3	3000	0	0	3003
1915	350	4000	0	0	4350
1916	2050	5000	0	0	7050
1917	2550	6000	0	0	8550
1918	4150	7000	0	0	11150
1919	4150	8000	0	0	12150
1920	3000	9000	0	0	12000
1921	4200	9000	0	0	13200
1922	4200	9000	0	0	13200
1923	4150	9000	0	0	13150
1924	4050	9000	0	0	13050
1925	5050	8000	0	0	13050
1926	5050	8000	0	0	13050
1927	6050	8002	5	0	14057
1928	8025	8000	2	0	16027
1929	10004	8381	0	0	18385
1930	12521	8000	0	0	20521
1931	15019	8800	0	0	23819
1932	17504	7860	0	0	25364
1933	22300	8080	2	0	30382
1934	22000	8150	5	150	30305
1935	21765	8000	1436	0	31201
1936	19090	8000	650	0	27740
1937	25110	8500	1000	0	34610
1938	35110	9000	1750	0	45860
1939	29510	8500	50	0	38060
1940	30005	10200	10	0	40215
1941	14000	9120	3100	0	26220
1942	23016	9000	1100	0	33116
1943	28035	9000	225	0	37260
1944	5200	9000	2000	0	16200
1945	8550	9000	6500	0	24050
1946	16153	9060	200	0	25413
1947	14035	7010	300	0	21345
1948	15300	10040	509	0	25849
1949	18250	10060	500	0	28810
1950	18375	9960	500	0	28835
1951	18500	11000	4000	0	33500
1952	18000	10760	4000	0	32760
1953	16500	10510	1000	0	28010
1954	25792	10715	720	0	37227
1955	15405	11315	2006	0	28726
1956	22832	11450	1864	0	36146
1957	24882	6402	1088	0	32372
1958	14122	4450	410	0	18982
1959	9406	3900	179	0	13485
1960	5965	3307	750	0	10022
1961	7352	3554	960	0	11866
1962	7858	3400	1089	0	12347
1963	1592	2925	79	0	4596
1964	1515	750	2	0	2267
1965	815	60	0	0	875
1966	1502	193	0	0	1695
1967	902	298	0	0	1200
1968	1202	364	0	0	1566
1969	1600	436	0	0	2036
1970	1701	717	0	0	2418
1971	2170	1019	0	0	3189
1972	2336	1640	0	0	3976
1973	2253	2100	0	0	4353
1974	2970	2354	0	0	5324
1975	2937	2105	0	0	5042
1976	3452	2102	0	0	5554
1977	3885	1200	0	0	5085
1978	3903	2203	0	0	6106
1979	3801	3150	0	0	6951
1980	4616	3400	0	0	8016
1981	5862	3923	0	0	9785
1982	5250	4106	0	0	9356
1983	6633	4100	0	0	10733
1984	5355	3500	0	0	8855
1985	4510	4170	0	0	8680
1986	7400	4700	0	0	12100
1987	6650	3985	0	0	10635
1988	7612	4200	0	0	11812
1989	9130	3414	0	0	12544
1990	7300	3204	0	0	10504
1991	7751	2523	0	0	10274

Van de hieronder vermelde tabellen en figuren zijn alleen de titels gepresenteerd. De bijbehorende afbeeldingen worden in het ecoprofiel gepresenteerd (fig. 8-11). De afbeeldingen zijn inclusief de geïnterpreteerde aantallen.

Figuur 1.1 Aantalsverloop grote stern (1900-1990) Nederland (figuur 8 hoofdtekst).

Figuur 1.2 Aantalsverloop grote stern (1900-1990) Waddengebied (figuur 9 hoofdtekst).

Figuur 1.3 Aantalsverloop grote stern (1900-1990) Deltagebied (figuur 10 hoofdtekst).

Figuur 1.4 Aantalsverloop grote stern (1900-1990) IJsselmeer (figuur 11 hoofdtekst).

Volledigheid

Deze toelichting heeft vooral betrekking op de gepubliceerde aantallen. In eerste instantie is geen rekening gehouden met de interpolatie. Wanneer belangrijke gaten via een interpolatie konden worden opgevuld, is hiervan gewaggemaakt. Ten slotte wordt het beeld dat nu is ontstaan, kort toegelicht.

* Voor de grote stern zijn alle kolonies uit het gehele onderzoekgebied meegenomen. De nadruk ligt op het Wadden- en het Deltagebied.

* Het beeld van de grote stern is over de gehele eeuw bezien vrijwel compleet. Van vóór 1900 zijn slechts incidentele aantalsopgaven bekend. In de reeks van 1900-1930 zitten gaten (1907-1913, jaren twintig). Echter, aantalsopgaven uit deze periode duiden erop dat de soort in vergelijking met latere perioden minder talrijk was. Van het Deltagebied zijn enkele grove aantalsopgaven bekend. De periode 1930-1950 is beter gedekt. Er ontstaan met name gaten wanneer een aantalsopgave van Griend ontbreekt (1931, 1942, tweede helft jaren veertig). Ook van andere grote kolonies (Schouwen, De Beer) ontbreken diverse jaren. De toename over de gehele periode die naar voren komt, wordt in ieder geval ook in de literatuur genoemd. De afsluiting van de Zuiderzee lijkt het startschot voor de soort om zich in het IJsselmeergebied te vestigen. Aan het begin van de jaren zestig worden hier de laatste paren geteld. Interpolatie heeft het aantalsverloop voor heel Nederland voor met name de periode 1900-1940 'aangezuiverd'. Het aantalsverloop van 1930-1990 is na interpolatie goed kloppend gemaakt. De afname tijdens de Tweede Wereldoorlog blijft bestaan. In de naoorlogse periode zijn (met name vanaf ca. 1955) van vrijwel alle kolonies van ieder jaar tellingen van het aantal paren grote sterns aanwezig.

Bronnen

1. Archieven

*SOVON-archief:

(1)Separatenarchief: relevantie informatie uit 60-70 landelijke en regionale tijdschriften die min of meer compleet aanwezig zijn (plus 40-50 lokale en regionale tijdschriften waarvan slechts enkele jaargangen in bezit zijn). De tijdschriften hebben vooral betrekking op de periode van 1965-1992.

(2)Rapportenarchief: een groot aantal rapporten (ca. 250) die per provincie of per soort zijn gearchiveerd.

(3)Oude-tijdreeksenarchief: archief ten behoeve van het oude-tijdreeksenproject. Hiervoor werd onder meer het gehele SBB/NWA-archief te Driebergen uitgespit op de aanwezigheid van broedvogelgegevens. In totaal is thans van ca. 700 gebieden informatie verzameld.

(4)BSP-archief: gegevens uit Bijzondere Soorten Project (broedvogels) (1985-1990).

*SBB/NWA-archief: soortenarchief te Driebergen.

*IBN-DLO archief te Leersum: soortenarchief en ten dele gemeentenarchief (bijvoorbeeld Terschelling).

*Rijkswaterstaat-DGW archief: met behulp van enkele selecties werd een lijst geproduceerd van mogelijke relevante bronnen. Het grootste deel hiervan had betrekking op het Deltagebied.

Bakker, T. & H. van Loon 1983. Vogels van de Oosterschelde bij Bergen op Zoom. Ornithologisch verslag uit waarnemingen van 1972-1983. Bergen op Zoom.

Bakker, T. 1986. Broedvogels van Schiermonnikoog 1986 (voorlopig verslag).

Baptist, H.J.M. & P.L. Meininger 1979. Broedvogels van het Oosterscheldegebied c.a. in 1978. Nota DDMI-79.07 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Baptist, H.J.M & P.L. Meininger 1984. Ornithologische verkenning van de voordelta van Zuidwest-Nederland 1975-1983. Nota DDMI-83.19 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Beemster, N. 1989. De broedvogels van het Lauwersmeer in 1987. Rapport Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.

Beemster, N. 1991. De broedvogels van het Lauwersmeer in 1989. Rijkswaterstaat 1991-3 liw Lelystad.

Beijersbergen, R.B. & P.L. Meininger 1980. De funktie van het Deltagebied als broedplaats voor sterns. Sterna 24: 79-99.

Beintema, A.J., A.J. de Boer & J.B. Buker 1983. Verslag weidevogelonderzoek in Waterland 1982. Rapport Directie Beheer Landbouwgronden/Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Blomert, A.M, C. ten Haaf, M. Wodergem & J. van de Kamp 1984. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1984. Staatsbosbeheer.

Boekema, E.J., P. Glas & J.B. Hulscher 1985. Vogels van Groningen. Wolters-Noordhof, Groningen.

Boer, P., W. van Brenkelen, G.R. Monsees, T. Mulder & K. van der Vlies 1970. Het Balgzand, bedreigd gebied. Wetenschappelijke Meded. k. Ned. natuurh. Veren. 86.

Bouman, A., D. Olsthoorn, C. Valkenburg & J. van de Kamp 1982. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1982. Staatsbosbeheer.

Bouman, A., D. Olsthoorn, L. Schilperoord & J. van de Kamp 1983. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1983. Staatsbosbeheer.

Bouman, A., D. Olsthoorn, G. Wuring, & J. van de Kamp 1981. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1981. Staatsbosbeheer.

Braaksma, S. 1958. Over de verspreiding van het visdiefje (Sterna hirundo hirundo) als broedvogel. Vogeljaar 6: 24-28 en 46-50.

Braaksma, S. 1972. Over de vogelwereld van Rottumeroog en Rottumerplaat. Stencil.

Braaksma, S. & C.G. van Leeuwen 1956. Gegevens natuurreservaat De Plaat van Scheelhoek. Rapport Staatsbosbeheer.

Braaksma, S. & A. Timmerman 1969. De avifauna van het Eems-Dollardgebied. Limosa 42: 156-177.

Braaksma, S., H.T. van de Meulen & J. Veen 1968. Vogelwaarnemingen op Griend.

Brenninkmeijer, A. & M. Klaassen 1991. Griend, vogels en bewaking 1991. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Brink, H. van den 1989. De vogels van Rottumeroog en Rottumerplaat in 1978-89. SOVON-rapport 89/07, Beek-Ubbergen.

Brink, F.H. van den & C.G.B. ten Kate 1929. Bijdrage tot de kennis van de avifauna van Schokland. Orgaan Club Ned. Vogelk. 2: 95-127.

Brouwer, G.A. 1933. Waarnemingen van broedvogels en trekvogels in 1932. Ardea 22: 14-15.

Brouwer, G.A. 1936. Waarnemingen van broedvogels en trekvogels in 1935. Ardea 25: 83-84.

Brouwer, G.A. 1937. Waarnemingen van broedvogels en trekvogels in 1936. Ardea 26: 65.

Brouwer, G.A. 1941. Waarnemingen van broedvogels en trekvogels in 1940. Ardea 30: 233-234.

Brouwer, G.A., J.W. van Dieren, W. Feekes, G.W. Harmsen, J.G. ten Houten, W.J. Kabos, J.P. Mazure, A. Scheygrond, P. Tesch & A. van der Werff 1950. Griend. Het vogeleiland in de Waddenzee. Nijhoff, 's-Gravenhage.

Bruijn, D. de, O. Koedijk, B. Nolet & M. van de Elzen 1986. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1986. Staatsbosbeheer.BSP-archief (1985-1990).

Buise, M.A. 1984. Over het wel en wee van de visdief (Sterna hirundo) in oostelijk Zeeuws Vlaanderen. Veldornithologisch tijdschrift 7: 110-137.

Buise, M.A. & F.L.L. Tombeur 1987. Vogels tussen Zwin en Saeftinghe. Stichting natuur- en recreatie-informatie, Middelburg.

Castelijns, H., M. Capello, J. Poortvliet & M. Janse 1986. Vogels van het Braakmangebied. Deel 1: broedvogels. Natuurbeschermingsvereniging De Steltkluut, Terneuzen.

Coul, P.G. op de 1932. De broedvogels van Wieringen (6e publicatie van de Club van Zuiderzeewaarnemers). Orgaan Club Ned. Vogelk. 5: 55-59.

Derks, P.J.T. 1989. Grote sterns Sterna sandvicensis op de Hompelvoet en Markenje, 1979-1988. Sula 3: 41-50.

Dieperink, P. 1983. Kluten, plevieren en sterns. Korhaan 17: 89-91.

Dieperink, P. 1984. Broedvogelinventarisatie stranden Stichtse Brug. Korhaan 18: 93-94.

Dijk, A.J. van. Ongepubliceerde broedvogelgegevens Schiermonnikoog 1973 en 1977.

Dijk, J., K. de Rijk, D. de Bruijn & O. Koedijk 1987. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1987. Staatsbosbeheer.

Dijksen, A.J. & L.J. Dijksen 1977. Texel vogeleiland. Thieme, Zutphen.

Dobben, W.H. van 1928. Bijdrage tot het meeuwen-vraagstuk. Orgaan Club Ned. Vogelk. 7: 63-78.

Dobben, W.H. van 1932. Over de nieuwe bevolking der Wieringermeerpolder. Orgaan Club Ned. Vogelk. 4: 115-119.

Dobben, W.H. van 1935. Gegevens over de Wieringermeerpolder in het broedseizoen 1934.Orgaan Club Ned. Vogelk. 7: 101-103.

Drijver, J. 1949. Jaarboekje 1941-1949 Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland.

Eerden, M.R. van & J. Prop 1979. De ontwikkeling van de broedvogelbevolking in hetLauwerszeegebied sinds de afsluiting in 1969 t/m 1976. Limosa 52: 176-190.

Elburg, H. van 1985. De visdief (Sterna hirundo L.) als broedvogels in het IJsselmeergebied. Rijprapport 1985-3 abw Rijksdienst voor de IJsselmeerpolder, Lelystad.

Engelmoer, M., K. van Dijk & A. Timmerman Azn. 1973. Vogels van de Friese Waddenkust. Fryske Foriening foar Fjildbiology.

Eykman, C. 1932. De avifauna van het Dordtsche Eiland met naaste omgeving. Orgaan Club Ned. Vogelk. 4: 97-115.

Faber, J. 1987. Griend, vogels en bewaking 1987. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Faber, J. & A. van der Spoel 1988. Griend, vogels en bewaking 1988. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Faes, B. 1973. Oecologische bijdrage tot de avifauna van het Verdronken Land van Saeftinghe (Zeeuws Vlaanderen). Rijksuniversiteit Gent, Gent.

Flore, B.O. 1988. Brief aan RIN.

Gerritsen, G.J. & J. Lok 1986. Vogels in de IJsseldelta. IJsselakademie, Kampen.

Groen, N.M. 1992. De visdiefjes van Amsterdam moeten weer verhuizen. Levende Nat. 93: 10-13.

Guldemond, A. & M. Roog 1982. De broedbiologie van de visdief in twee verschillende biotopen op de Workumerwaard in verband met het beheer. Verslag LH/Nb 606 Landbouwhogeschool, Wageningen.

Habekotté, B. & M. Klaassen 1989. Griend, vogels en bewaking 1989. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Halewijn, R. van 1974. Bewaking Griend 1974. Stencil.

Haverschmidt, F. 1931. Waarnemingen 1930, I broedvogels. Ardea 20: 69 e.v.

Haverschmidt, F. 1942. Faunistisch overzicht van de Nederlandsche broedvogels. Brill, Leiden.

Heurn, F.C. van 1931. Verslag van de excursie naar Schiermonnikoog op 23 en 24 mei 1931.

Orgaan Club Ned. Vogelk. 4: 25-26.

Hofstee, L. & R. van Diggelen 1984. Verslag bewaking Engelsmanplaat. Staatsbosbeheer.

Hofstee, L. & R. van Diggelen 1985. Bewakingsverslag 1985 Engelsmanplaat & het Rif. Staatsbosbeheer.

Hofstee, L. & M. van Roon 1986, 1987. Verslag bewaking Engelsmanplaat. Staatsbosbeheer.

It Fryske Gea 1989. De Workumerwaard, bewakersverslag 1989. Leeuwarden.

It Fryske Gea 1990. Biologische beheersverslaglegging It Fryske Gea 1989. Olterterp.

Jacobusse, M. 1979. De broedvogels in de terreinen van de Stichting Het Zeeuwse Landschap.

Middelburg.

Jacobusse, C. & J. Jansen 1981. Kwistenburg, vergeten natuurgebied. Zeeuws Nieuws maart 1981.

Jonkers, D.A. 1972. Tabel populatiegegevens grote stern (intern).

Jonkers, D.A., R.A. Kole & J. Taapken (red.). 1987. Vogels tussen Vecht en Eem. Vogelwerkgroep Het Gooi e.o., Hilversum.

Kate, C.G.B. ten & P.G. op de Coul 1933. De avifauna van Urk. Orgaan Club Ned. Vogelk. 5: 135-155.

Kate, C.G.B. ten 1936. Flora en Fauna der Zuiderzee: Bijlage; De vogels van het Zuiderzeegebied. Den Helder.

Kate, C.G.B. ten 1941. De avifauna van Schokland III. Limosa 14: 87-108.

Kate, C.G.B. ten 1956. Ornithologie van Nederland, 1954 II en 1955. Limosa 29: 39-66.

Kate, C.G.B. ten 1957. Ornithologie van Nederland 1955 II en 1956. Limosa 30: 83-118.

Kate, C.G.B. ten 1957. De broedvogels van Oostelijk Flevoland in 1956. Limosa 30: 112-126.

Kate, C.G.B. ten 1958. De broedvogels van Oostelijk Flevoland in 1957. Limosa 31: 164-176.

Kate, C.G.B. ten 1959. Ornithologie van Nederland 1956 II en 1957. Limosa 32: 37-69.

Kate, C.G.B. ten 1960. Ornithologie van Nederland 1958. Limosa 33: 19-46.

Kate, C.G.B. ten 1961. Ornithologie van Nederland 1959. Limosa 34: 189-219.

Kate, C.G.B. ten 1962. Ornithologie van Nederland 1960. Limosa 35: 46-78.

Kate, C.G.B. ten 1964. Ornithologie van Nederland 1962. Limosa 37: 19-57.

Klaassen, M. 1990. Griend, vogels en bewaking 1990. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Koffijberg, K. & K. van Dijk 1988. Broedvogelinventarisatie van kluut, plevieren, meeuwen en sterns in Groningen in 1987. Grauwe Gors 16: 7-15.

Koffijberg, K. & K. van Dijk 1989. Broedvogelinventarisatie van kluut, plevieren, meeuwen en sterns in Groningen in 1988. Grauwe Gors 17: 28-35.

Koffijberg, K. & K. van Dijk 1990. Broedvogelinventarisatie van kluut, plevieren, meeuwen en sterns in Groningen in 1989. Grauwe Gors 18: 14-21.

Koffijberg, K. & K. van Dijk 1991. Broedvogelinventarisatie van kluut, plevieren, meeuwen en sterns in Groningen in 1990. Grauwe Gors 19: 15-20.

Kraker, K. de 1985. Grevelingenbekken. Jaaroverzicht vogeltellingen 80/81, broedvogelinventarisatie 1981. Staatsbosbeheer.

Kraker, K. de & P. Derks 1989, 1990. Verslag Hompelvoet 1989, 1990.

Lebret, T. 1961. De avifauna van het Veeregat-Zandkreekgebied. Limosa 34: 21-29.

Lebret, T. 1964. Broedseizoen 1964 in de reservaten Middelplaten en Goudplaat aan het Veerse Meer. Vogeljaar 12: 328-332.

Lebret, T. 1971. Ornithologische aspecten van het beheer van de natuurreservaten in het Veerse Meer. Natuur en Landschap 25: 50-63.

Lebret, T. 1972a. Veerse Meer 1972. Notitie.

Lebret, T. 1972b. Vogels van de natuurreservaten in het Veerse Meer in de eerste tien jaar na de afsluiting 1961-1970. Limosa 45: 1-24.

Lebret, T. 1976. De Kuup van Swennen, een Noordbevelandse inlaag. Levende Nat. 79: 209-216.

Lebret, T. 1979. Biesbosch-vogels. Kosmos.

Leege, O. 1907. Ein Besuch bei den Brutvögel der Holländischen Nordseeinseln. Ornithologisch Monatschrift 32: 334-432.

Lippens, L. 1945. Petite contribution a l'étude des oiseaux nicheurs de Hollande. Ardea 33: 223-225.

Maas, P. 1981a. Grevelingenbekken Jaaroverzicht vogeltellingen 1978/1979 en broedvogelinventarisatie 1979. Staatsbosbeheer Zeeland, Goes.

Maas, P. 1981b. Grevelingenbekken, Jaaroverzicht vogeltellingen 79/80 en broedvogelinventarisatie 1980. Staatsbosbeheer Zeeland, Goes.

Maebe, J. & H. van der Vloet 1956. De avifauna van het Verdronken Land van Saeftinghe. Giervalk 46: 151-190.

Meininger, P.L. 1977. Verspreiding en aantallen van de broedvogels in Zeeland. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1978. De broedvogels van Zeeland. Sterna 22: 3-7, 22-27.

Meininger, P.L. 1980a. Overzicht van aantallen broedende kluten, plevieren, meeuwen, sterns en bruine kiekendieven in het Deltagebied in 1979. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1980b. Broedvogels van inlagen en karrevelden. Sterna 24: 46-56.

Meininger, P.L. 1981. Overzicht van aantallen broedende kluten, plevieren, meeuwen, sterns en bruine kiekendieven in het Deltagebied in 1980. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1982. Overzicht van aantallen broedende kluten, plevieren, meeuwen, sterns en bruine kiekendieven in het Deltagebied in 1981. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1983. Aantallen van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1982.Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1984. Aantallen van enkele soorten broedvogels in het deltagebieed in 1983. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1985. Aantallen van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1984. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1986. Aantallen van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1985. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1987a. Aantallen van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1986. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1987b. Samenvatting van ornithologisch onderzoek in het Deltagebied 1972 t/m 1986 aan de hand van rapportages. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1988a. Aantallen van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1987. Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1988b. Onderzoek aan broedpopulaties van kluut, plevieren en sterns in Deltagebied (1986 en 1987). Nota GWAO-88.1004 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1989a. Populaties van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1988 met een samenvatting van tien jaar monitoring 1979-1988. Nota GWAO-89.1007 Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg.

Meininger, P.L. 1989b. Broedende aalscholvers op de Middelplaten, Veerse Meer, in 1989. Notitie Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg.

Meininger, P.L. 1990a. Populaties van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1989 met een samenvatting van elf jaar monitoring 1979-1989. Nota GWAO-90.083 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1990b. Ontwikkelingen vogels Grevelingenmeer 1970-1990. Notitie GWA0-90.13104 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Meininger, P.L. 1991. Populaties van enkele soorten broedvogels in het Deltagebied in 1990 met een samenvatting van twaalf jaar monitoring 1979-1990. Nota GWAO-91.082 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Mes, R., R. Schuckard & H. Smit 1986. Flora en fauna van de Engelsmanplaat. Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, Leiden.

Meyer, G. & S. Dirksen 1981. Griend, vogels en bewaking, broedseizoen 1981. Staatsbosbeheer.

Mooser, R. 1973. De vogels van Schiermonnikoog. Wetenschappelijke Meded. k. Ned. natuurh. Veren. 95. Utrecht.

Mörzer Bruyns, M.F. 1957. Brief aan Weise (Duitsland), 25 januari 1957. Utrecht.

Mulder, T. & M. Otter 1989. De broedvogels van de waddenkust van Noord-Holland. Graspieper 9: 108-117.

Natuur- en Vogelwacht Schouwen-Duiveland 1981. De Grevelingen (extra Sterna ter herinnering aan 25-jarig bestaan van Natuur- en Vogelwacht).

Natuurmonumenten 1979a. Beheersrichtlijnen Texel, De Bol.

Natuurmonumenten 1979b. Beheersrichtlijnen Texel, Dijkmanshuizen.

Natuurmonumenten 1982a. Beheersrichtlijnen Texel, De Molenkolk.

Natuurmonumenten 1982b. Beheersplan 1983-1993 Texel, De Schorren.

Natuurmonumenten 1982c. Beheersrichtlijnen Texel, De Petten.

Natuurmonumenten 1983. Beheersrichtlijnen Texel, Troelje, De Snippen.

Nijland, F. 1980. Vogelleven in de Binnemiede. Wielenwerkgroep.

NJN-Bakkum 1974. Verslag van de broedvogelinventarisatie van de polders rond Castricum door de leden van de NJN-Bakkum en de leden van de Vogelwerkgroep Castricum. Winterkoning 4: 2-8.

Ommering, G. & T. Verstrael 1987. Vogels van Berkheide. Werkgroep Berkheide.

Oordijk, K. & A. Woortman 1983. Verslag bewaking Engelsmanplaat 1982. Staatsbosbeheer 1983-14.

Orden, C. van, A.J. Dijksen & L.J. Dijksen 1967. De vogels van Texel. Texelse museumvereninging, Texel.

Osieck, E.R. 1972. De visdief (Sterna hirundo L.) als broedvogel in Nederland. Vogeljaar 20: 130-136.

Osieck, E.R. 1986. Bedreigde en karakteristieke vogels in Nederland. Vogelbescherming, Zeist.

Postma, T. & J. Faber 1985. Griend, vogels en bewaking, broedseizoen 1985. Staatsbosbeheer.

Prop, D. & R. Veldkamp 1987. Broedvogels van De Weerribben. Rapport 1987-22 Staatsbosbeheer.

Rebergen, A.L. 1977. Vogelinventarisatie van een zanddepot in oostelijk West-Friesland (deel 1). Pieper 16: 109-116.

Rebergen, B. 1990. Weidevogelonderzoek voor de evaluatie van het beheersplan Terschelling 1989. Rapport 35 Dienst Beheer Landbouwgronden, Utrecht.

Reijnders, R. 1990. Broedvogels van de Kennemerduinen. Stichting het Nationale Park de Kennemerduinen.

Roos, G.T. de 1972. De invloed van de recreatie en andere verontrustingen op de broed- en trekvogels in het staatsnatuurreservaat Kroon's Polders op het eiland Vlieland. Landbouwhogeschool, Wageningen.

Rooth, J. 1957. De grote stern (Sterna s. sandvicencis Lath.) als broedvogel in Nederland. Staatsbosbeheer.

Rooth, J. 1961. De ornithologische betekenis van de natuurreservaten plaat van Scheelhoek, Kwade Hoek en Hompelvoet. Jaarboek 1961 van het Wetenschappelijk Genootschap voor Goeree en Overflakkee.

Rooth, J. 1965. Over sterns en kaapmeeuwen. Levende Nat. 68: 265-275.

Rooth, J. 1974. Over de stand van enkele voor Nederland karakteristieke broedvogels. Vogeljaar 22: 681-688.

Rooth, J. 1979. Over de stand van onze sterns. Lepelaar 60: 12-15.

Rooth, J. 1980. Brief aan Meier (West-Duitsland) 11 april 1980.

Rooth, J. 1989. De Nederlandse broedpopulatie van de grote stern Sterna sandvicensis in 1961-88. Limosa 62: 121-124.

Rooth, J. & D.A. Jonkers 1972. The status of some piscivorous birds in The Netherlands. In: J.H. Koeman (ed.), Side-effects of persistent pesticides and other chemicals on birds and mammals in The Netherlands. TNO Nieuws 27: 551-555.

Ruitenbeek, W., C.J.G. Scharringa & P.J. Zomerdijk 1990. Broedvogels van Noord-Holland. Stichting Samenwerkende Vogelwerkgroepen Noord-Holland.

Saeijs, H.L.F. & H.J.M. Baptist 1974. De internationale betekenis van de deltawateren voor vogels. Nota 74-28 Rijkswaterstaat, 's Heer Arendskerke.

Saeijs, H.L.F. & H.J.M. Baptist 1976. Vogels Grevelingenmeer. Deel I + II. Ontwikkelingen vogelstand in een zout meer van 1971-1975. Nota 76-31 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Schaank, J.R.H. 1937. De broedvogels van den Wieringermeerpolder in 1936 (12e publicatie van de Club van Zuiderzeewaarnemers). Limosa 10: 22-32.

Scharenburg, K. van 1985. Broedvogels van de noordelijke kwelders. Grauwe Gors 13: 6-11.

Slob, G.J. 1974. Verwerking van vogeltellingen en broedvogelgegevens uit de jaren 1964-1973 van het reservaat Het Dijkwater op Schouwen. Staatsbosbeheer.

Slob, G.J. 1989. 15 jaar vogelontwikkelingen in het afgesloten Grevelingenbekken. Staatsbosbeheer, Goes.

Smit, C.J. & W.J. Wolff 1983. Birds of the Wadden Sea. Report 6, Volume 2: Ecology of the Wadden Sea (ed. W.J. Wolff). Rotterdam.

Smit, H. 1987. Vogeltellingen op de Engelsmanplaat. Limosa 60: 111-118.

SOVON 1987. Atlas van de Nederlandse Vogels. Arnhem.

SOVON 1989. Broedvogelinventarisatie Sneekermeer e.o. 1988. SOVON-rapport 89/03 SOVON Beek-Ubbergen.

Spaans, A.L. & C. Swennen 1968. De vogels van Vlieland. Wetenschappelijke Meded. k. Ned. natuurh. Veren. 75: 1-104.

Sponselee, G.M.P. & M.A. Buise 1973. Avifauna van oostelijk Zeeuws-Vlaanderen. Rapp. 667. Zeelandreeks 2.

Staatsbosbeheer 1973. Grevelingenbekken: broedvogels in het seizoen 1973. Staatsbosbeheer.

Staatsbosbeheer 1980. Bewakers-rapport Texel, visdief.

Staatsbosbeheer. Bewakersrapporten Boschplaat (1957-1980)

Staatsbosbeheer. Beheervisie Polder Zeevang.

Staatsbosbeheer. Beheersrichtlijnen Schoorlse duinen.

Staatsbosbeheer. Broedvogellijst Terkapelesterpoelen (1970-1972). Utrecht.

Stichting Avifauna van Friesland 1976-1979. Vogels in Friesland. De Tille, Leeuwarden.

Stichting De Beer 1950, 1952-1955, 1960, 1962-1971, 1973. Jaarverslag 1950, 1952-1955, 1960, 1962-1971, 1973.

Strijbos, J.P. 1934. Een kolonie van de groote stern Sterna sandvicensis Lath. bij het Zwanenwater. Org. Club Ned. Vogelk. 7: 128.

Strijbos, J.P. en C.B.B. ten Kate 1936. Broedpoging van de groote stern Sterna sandvicensis Lath., op de Mokkebank bij Laaxum. Org. Club Ned. Vogelk. 8: 138.

Stuart, J. 1988. Voorkomen en voedsel van watervogels in het Veerse Meer. Rapport W.W.E. 5 Nota GWAO 89.1002, Gent.

Stuart, J.J., P.L. Meininger & P.M. Meire 1990. Watervogels van de Westerschelde, Deel 1: Tekst. Deel 2: Figuren. Nota GWAO 89.1010 Rijkswaterstaat, Middelburg.

Suetens, W., J. van den Steen J., J.P. vande Weghe, J. van Impe & H. Wille 1961. De avifauna van de Braekmanpolder. Giervalk 51: 1-50.

Tanis, J.J.C. 1963. De vogels van Terschelling. Mededeling 143 Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten Behoeve van het Natuurbehoud, Leersum.

Tanis, K. & G. Lokker 1978. Broedgegevens op Goeree, seizoen 1978. Ouddorp.

Teixeira, R.M. (red.) 1979. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 's-Graveland.

Thijsse, J.P. 1913. Het eiland Griend in 1912. Levende Nat. 17: 481-484.

Timmerman, A. 1969. Een avifaunistische schets van het Lauwerszeegebied in ontwikkeling. Waddenbulletin 4.

Timmerman, A. 1972. De broedvogelsamenstelling van het Lauwerszeegebied voor en na de afsluiting. Levende Nat. 75: 172-179.

Valk, A. 1976. De broedvogels van Ameland. Wetenschappelijke Meded. k. Ned. natuurh. Veren. 112. Utrecht.

Veen, J. 1974. De ornithologische betekenis van het eiland Griend. Stencil.

Veen, J. 1974. Griend: land voor vogels. Natuurbehoud 1974-3.

Veen, J. 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of the Sandwich Tern (Sterna s. sandvicensis Lath.). Brill, Leiden.

Veen, W.S. van der, H. Hazelhorst & E. Wymenga 1991. Vegetatie en broedvogels in twee natuurontwikkelingsgebieden in de Alde Faenen in 1990. 1. Het eerste jaar na herinrichting. A&W-rapport 91.01, Veenwouden.

Veldkamp, R. 1985. Broedvogels van de Wieden 1982-1984. Rapport Natuurmonumenten, 's-Graveland.

Vereniging voor Natuur- en Vogelbescherming Noordwijk 1973. De vogels van Noordwijk. Noordwijk.

Verkerk, W. 1967. Vogels in de duinen. Wetenschappelijke Meded. k. Ned. natuurh. Veren. 70. Hoogwoud.

Vogelbeschermingswacht Zaanstreek 1983. Zaanse Vogels. Zaandam.

Vogelwerkgroep Avifauna West-Nederland 1981. Randstad en Broedvogels. Gianotten, Tilburg.

Vogelwerkgroep Roosendaal 1975. Vogelinventarisatie over de jaren 1966 t/m 1975 van het natuurreservaat Het Stinkgat, gemeente Tholen, Provincie Zeeland. Roosendaal.

Vogelwerkgroep Roosendaal 1977. Vogelinventarisatie over de periode mei en juni 1977 van Het Drooggevallen Schor bij Bath, Gemeente Reimerswaal, Provincie Zeeland. Roosendaal.

Vries, B. de & G. Vossebelt 1984. Griend, vogels en bewaking 1984. Staatsbosbeheer.

Walters, J. 1972. Over de visdief bij Sloterdijk. Mededelingen VWG Amsterdam 10: 3-4.

Waele, G. de 1979. Visdief (Sterna hirundo) en dwergstern (Sterna albifrons) broeden terug in de Braakman (Zeeuws-Vlaanderen). Veldornithologisch Tijdschrift 2: 144.

Weijman, W. 1978. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1978/1979. Staatsbosbeheer.

Weijman, W. 1980. Jaarverslag Rottumeroog en -plaat 1980. Staatsbosbeheer.

Weijman, W. 1983. Het Hondshalstermeer, een nieuw natuurgebied in Groningen. Levende Nat. 85: 146-153.

Werkgroep Avifauna Natuur- en Vogelwacht Schouwen Duiveland 1986. De vogels van Schouwen-Duiveland. Zierikzee.

Wielen, W.N. van der 1974. Inventarisatie van broedvogels in het Grevelingenbekken tijdens het broedseizoen 1974. Staatsbosbeheer, Goes/Bommenede.

Wielen, W.N. van der 1976. Inventarisatie van broedvogels in het Grevelingenbekken tijdens het broedseizoen 1975. Staatsbosbeheer, Goes/Bommenede.

Wielen, W.N. van der 1977a. Inventarisatie van broedvogels in het Grevelingenbekken tijdens het broedseizoen 1976. Staatsbosbeheer, Goes/Bommenede.

Wielen, W.N. van der 1977b. Inventarisatie van broedvogels in het Grevelingenmeer seizoen 1977. Staatsbosbeheer, dienstvak Landschapsbouw, Goes/Bommenede.

Wight, H.J. 1979. De vogels van de vloeivelden bij Hoogkerk. Grauwe Gors 7: 7-13.

Winkelman, J.E. & J.B. Buker 1985. Het onderzoek aan weidevogels in Waterland 1984. DBL/RIN.

Woets, D. 1972. Vogels van het Zwanenwater. Zaandijk.

Zande, W. van der & S. Dirksen 1983. Griend, vogels en bewaking, broedseizoen 1983. Staatsbosbeheer.

Zomerdijk, P.J., C. van Orden, K. Zwart, W. Verkerk, B. Muusers, H.E. Fabritius & C. de Vries 1971. Broedvogels van Noord-Holland Noord. Zaandijk.

Zwart, F. 1985. De broedvogels van Terschelling. Van Gorcum, Assen.

RIN-rapporten en IBN-rapporten kunnen besteld worden door overschrijving van het verschuldigde bedrag op postbanknummer 94 85 40 van het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) te Wageningen onder vermelding van het rapportnummer. Uw girobetaling geldt als bestelformulier; toezending geschiedt franco.

Gebruik **geen verzamelgiro** omdat het **adres** van de besteller niet op onze bijschrijving komt zodat het bestelde niet kan worden toegezonden.

To order RIN and IBN reports advance payment should be made by giro transfer of the price indicated in Dutch guilders to postal account 94 85 40 of the **DLO Institute for Forestry and Nature Research, P.O.Box 23, 6700 AA Wageningen, The Netherlands**. Please note that your payment is considered as an order form and should mention only the report number(s) desired. Reports are sent free of charge.

88/30 P.F.M. Verdonschot & R. Torenbeek, Lettercodering van de Nederlandse aquatische macrofauna voor mathematische verwerking. 75 p. f 10,-

88/31 P.F.M. Verdonschot, G. Schmidt, P.H.J. van Leeuwen & J.A. Schot, Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen. 109 p. f 16,-

88/33 H. Eijsackers, C.F. van de Bund, P. Doelman & Wei-chun Ma, Fluctuerende aantallen en activiteiten van bodemorganismen. 85 p. f 13,50

88/35 A.J. de Bakker & H.F. van Dobben, Effecten van ammoniakemissie op epifytische korstmossen; een correlatief onderzoek in de Peel. 48 p. f 7,50

88/36 B. van Dessel, Ecologische inventarisatie van het IJsselmeer. 82 p.f 13,-

88/38 P. Opdam & H. van den Bijtel, Vogelgemeenschappen van het landgoed Noordhout. 65 p. f 9,-

88/39 P. Doelman, H. Loonen & A. Vos, Ecotoxicologisch onderzoek in met Endosulfan verontreinigde grond: toxiciteit en sanering. 34 p. f 6,-

88/40 G.P. Gonggrijp, Voorstel voor de afwerking van de groeve Belvédère als archeologisch-geologisch element. 13 p. f 3,-

88/41 J.L. Mulder (red.), De vos in het Noordhollands Duinreservaat. Deel 1: Organisatie en samenvatting. 32 p.

88/42 J.L. Mulder, idem. Deel 2: Het voedsel van de vos. 78 p.

88/43 J.L. Mulder, idem. Deel 3: De vossenpopulatie. 129 p.

88/44 J.L. Mulder, idem. Deel 4: De fazantenpopulatie. 59 p.

88/45 J.L. Mulder & A.H.Swaan, idem. Deel 5: De wulpenpopulatie. 76 p.

De rapporten 41-45 worden niet los verkocht maar als serie van vijf voor f 25,-.

88/46 J.E. Winkelman, Methodologische aspecten vogelonderzoek SEP-proefwindcentrale Oosterbierum (Fr.). Deel 1. 145 p. f 19,50

88/48 J.J. Smit, Het Eemland en de polder Arkemheen rond het begin van de twintigste eeuw. 64 p. f 9,-

88/49 G.W. Gerritsen, M. den Boer & F.J.J. Niewold, Voedselecologie van de vos in Nederland. 96 p. f 14,50

88/50 G.P. Gonggrijp, Permanente geologische ontsluitingen in de taluds van Rijksweg A1 bij Oldenzaal. 18 p. f 4,50

88/52 H. Sierdsema, Broedvogels en landschapsstructuur in een houtwallandschap bij Steenwijk. 112 p. f 16,-

88/54 H.W. de Nie & A.E. Jansen, De achteruitgang van de oevervegetatie van het Tjeukemeer tussen Oosterzee (Buren) en Echten. 18 p. f 4,50

88/56 P.A.J. Frigge & C.M. van Kessel, Adder en zandhagedis op de Hoge Veluwe: biotopen en beheer. 16 p. f 3,50

88/62 K. Romeyn, Estuariene nematoden en organische verontreiniging in de Dollard. 23 p. f 5,-

88/63 S.E. van Wieren & J.J. Borgesius, Evaluatie van bosbegrazingsobjecten in Nederland. 133 p. f 18,50

88/66 K.S. Dijkema et al., Effecten van rijzendammen op opslibbing en omvang van de vegetatie-zones in de Friese en Groninger landaanwinningswerken. Rapport in samenwerking met RWS Directie Groningen en RIJP Lelystad. 130 p. f 19,-

88/67 G. Schmidt & J.C.M. van Haren, Achtergronden van een steekmuggenplaag; steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 2. 162 p. f 21,-

88/68 R. Noordhuis, Maatregelen ter voorkoming en beperking van schade door zilvermeeuwen. 48 p. f 7,50

89/3 F. Maaskamp, H. Siepel & W.K.R.E. van Wingerden, Een monitoring experiment met ongewervelde dieren in graslanden op zandgrond. 44 p. f 13,50

89/5 R.J. Bijlsma, Remote sensing voor classificatie van de vegetatie en schatting van de biomassa op ganzenpleisterplaatsen in het waddengebied. 62 p. f 8,50

89/7 R. Ketner-Oostra, Lichenen en mossen in de duinen van Terschelling. 157 p. f 21,-

89/8 A.L.J. Wijnhoven, Effecten van aanleg, beheer en gebruik van golfbanen en mogelijkheden voor natuurtechnische milieubouw. 19 p. f 4,50

89/13 K. Lankester, Effecten van habitatversnippering voor de das (Meles meles); een modelbenadering. 101 p. f 15,-

89/14 A.J. de Bakker, Monitoring van epifytische korstmossen in 1988. 53 p. f 8,-

89/15 J.E. Winkelman, Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. 169 p. f 22,-

89/16 J.J.M. Berdowski et al., Effecten van rookgas op wilde planten. 108 p. f 16,-

89/17 E.C. Gleichman-Verheijen & W. Ma, Consequenties van verontreiniging van de (water)bodem voor natuurwaarden in de Biesbosch. 91 p. f 14,-

89/18 A. Farjon & J. Wiertz, Milieu- en vegetatieveranderingen in het schraalland van Koolmansdijk (gemeente Lichtenvoorde); 1952-1988. 134 p. f 18,50

89/19 P.G.A. ten Den, Achtergronden en oorzaken van de recente aantalsontwikkeling van de fazant in Nederland. 168 p. f 22,-

90/1 R.J. Bijlsma, Het RIN-bosecologisch informatiesysteem SILVI-STAR; documentatie van FOREYE-programmatuur en subprogramma's. 96 p. f 14,50

90/2 J.E. Winkelman, Vogelslachtoffers in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1986-1989). 74 p. f 10,-

90/5 G.M. Dirkse & P.A. Slim, Naar een methode voor het monitoren van vegetatieontwikkeling in het waddengebied. 40 p. f 6,50

90/6 J.C.M. van Haren & P.F.M. Verdonschot, Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 3. 61 p. f 8,50

90/8 H. Siepel et al., Effecten van verschillen in mestsoort en waterstand op vegetatie en fauna in klei-op-veen graslanden in de Alblasserwaard. 50 p. f 7,50

90/9 J.E. Winkelman, Verstoring van vogels door de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1984-1989). 157 p. f 21,-

90/10 P.J.H. Reijnders, I.M. Traut & E.H. Ries, Verkennend onderzoek naar de mogelijkheden voor het terugzetten van gerevalideerde zeehonden, Phoca vitulina, in de Oosterschelde. 36 p. f 6,-

90/11 M. Elbers & P. Doelman, Studie naar de mogelijke effecten op flora en fauna als gevolg van de inrichting van de Noordpunt Oost-Abtspolder als definitieve opslagplaats voor verontreinigde grond. 128 p. f 18,-

90/12 K. Kramer & P. Spaak, **meadowsim**, een evaluatie-instrument voor de kwaliteit van graslandgebieden voor weidevogels. 51 p. f 7,50

90/13 P.A. Slim & L.J. van Os, Effecten van natuurbeheer op de vegetatie in het veenweidegebied van de Donksche Laagten (Alblasserwaard). 45 p. f 7,-

90/14 F. Fennema, Effects of exposure to atmospheric SO_2, NH_3 and $(NH_4)_2SO_4$ on survival and extinction of Arnica montana and Viola canina. 60 p. f 8,50

90/15 D.A. Jonkers, Monitoring-onderzoek aan broedvogels in de periode 1969-1985. 95 p. f 14,50

90/17 J.E. Winkelman, Nachtelijke aanvaringskansen voor vogels in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.). 209 p. f 26,50

90/18 N.J.M. Gremmen & R.J.B. Zwanikken, De haalbaarheid van een kennissysteem voor heidebeheer. 49 p. f 7,50

90/19 N. Dankers, K.S. Dijkema, P.J.H. Reijnders & C.J. Smit, De Waddenzee in de toekomst - waarom en hoe te bereiken? 137 p. f 18,50

90/21 W.J. Wolff, Verslag van de workshop op 2 oktober 1990 te Wageningen gewijd aan het Rapport van de Werkgroep II van het Intergovernmental Panel on Climate Change. 63 p. f 9,-

91/2 W.A. Teunissen, De uitstralingseffecten van geluidsproduktie van de militaire 25 mm schietbaan in de Marnewaard op plaatskeuze en gedrag van watervogels in het Lauwersmeergebied binnendijks. 101 p. f 15,-

91/3 G.J.M. Wintermans, De uitstralingseffecten van militaire geluidsproduktie in de Marnewaard op het gedrag en de ecologie van wadvogels. 60 p. f 8,50

91/6 J. Wiertz, De dassenpopulatie in Nederland 1960-1990. 74 p. f 10,-

91/8 H. van Dobben, Monitoring van epifytische korstmossen in 1989. 62 p. f 8,50

91/10 K.S. Dijkema et al., Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. 156 p. f 20,50

91/12 A.J. Verkaik, Verspreidings- en verplaatsingspatronen van muskusratten Ondatra zibethicus in Flevoland. 79 p. f 13,-

1991-1 N. Dankers et al., The Wadden Sea in the future - why and how to reach?RIN contributions to research on management of natural resources. 108 p. f 16,-

IBN-rapport 91/1 M.J.S.M. Reijnen & R.P.B. Foppen, Effect van wegen met autoverkeer op de dichtheid van broedvogels. **Hoofdrapport** 110 p. f 16,-

IBN-rapport 91/2 i d e m **Opzet en methoden** 44 p. f 7,-

RIN-rapport 92/1 P.F.M. Verdonschot, J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C.F.M. de Bok & B.P.M. Specken. Aanzet tot een ecologische indeling van oppervlaktewateren in Nederland. 174 p. f 23,50

RIN-rapport 92/2 J.E. Winkelman, De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels; 1. Aanvaringsslachtoffers

RIN-rapport 92/3 J.E. Winkelman, idem; 2. Nachtelijke aanvaringskansen

RIN-rapport 92/4 J.E. Winkelman, idem; 3. Aanvlieggedrag overdag

RIN-rapport 92/5 J.E. Winkelman, idem; 4. Verstoring

RIN-rapport 92/2-5 worden niet los verkocht maar als serie van vier voor f 77,50

RIN-rapport 92/7 J. Wiertz, Schatting van ontbrekende vocht-en stikstofindicatiegetallen van Ellenberg (1979). 32 p. f 6,-

RIN-rapport 92/8 H.N. Siebel, Omvorming naar een meer natuurlijk bos in het Spanderswoud. 118 p. f 17,-

RIN-rapport 92/9 A.A. Mabelis & M.C. van Velden, Bosjes in het cultuurlandschap als ecologische eilanden voor ongewervelden; de rol van oppervlakte en isolatie. 68 p. f 9,50

RIN-rapport 92/10 C.J.M. Philippart, K.S. Dijkema & N. Dankers, De huidige verspreiding en de mogelijke toekomst van het litoraal zeegras in de Nederlandse Waddenzee. 28 p. f 5,50

RIN-rapport 92/15 N. Dankers & J. de Vlas, Multifunctioneel beheer in de Waddenzee; integratie van natuurbeheer en schelpdiervisserij. 18 p. f 4,50

RIN-rapport 92/16 Schouwse zilvermeeuwen nader bekeken: resultaten van het kleurringonderzoek in 1991. 155p. f20,50

RIN-rapport 92/17 Ecologisch profiel van de grote stern (Sterna sandvicensis) 107p. f15,50

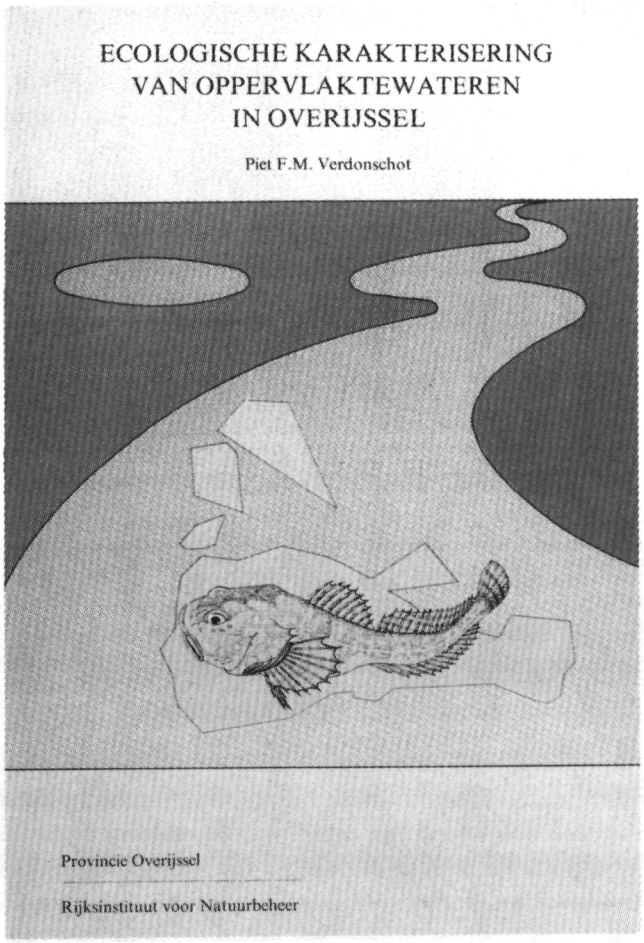
RIN-rapport 92/18 Ecologisch profiel van de visdief (Sterna hirundo).128p. f18,00

aug. 1992

Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel

Dit boek is een produkt van een jarenlange samenwerking tussen het Rijksinstituut voor Natuurbeheer en de provincie Overijssel. Een ecologische indeling van wateren is nodig voor goed waterbeheer. Met dit boek kunnen ecologische doelstellingen op korte en middellange termijn gerealiseerd worden; het bevat praktische adviezen voor een gedifferentieerd waterbeheer. Ook kunnen de maatregelen op hun ecologische effecten worden beoordeeld.

301 pagina's
prijs *f* 40,-
bestelcode: EKOO



De boeken zijn te bestellen door het verschuldigde bedrag over te schrijven op postbanknummer 94 85 40 van het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) te Wageningen onder vermelding van de bestelcode. Uw overschrijving geldt als bestelformulier. De portokosten zijn voor onze rekening.