

Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het overige Deltagebied

**P.J.H. Reijnders
S.M.J.M. Brasseur
A.G. Brinkman**

Alterra-rapport 078

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

P.J.H. Reijnders, S.M.J.M. Brasseur en A.G. Brinkman, 2000. *Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het overige Deltagebied*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 078. 56 blz. 25 fig.; 2 tab.; 46 ref.

Dit rapport geeft een beschrijving van het onderzoek dat is verricht naar het gebruik van het Oosterscheldehabitat door zeehonden en een beschrijving van het onderzoek naar toekomstige ontwikkelingen van de zeehondenpopulatie in het Deltagebied. Aan de hand van dat laatste zijn evalueerbare doelen aangegeven waarmee het beleid de populatieontwikkeling kan sturen.

Trefwoorden: Deltegebied, duikgedrag, evalueerbare doelen, habitatgebruik, populatie modellering, Oosterschelde, satelliet telemetrie, zeehonden.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 57,50 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 078. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

| | |
|--|----|
| Woord vooraf | 7 |
| 1 Inleiding | 9 |
| 2 Beschrijving van het gebruik van het Oliegeulgebied door de zeehonden | 13 |
| 2.1 Onderzoekvragen | 13 |
| 2.2 Gebruik van het gebied door de zeehonden | 13 |
| 2.2.1 Onderzoekmethoden | 13 |
| 2.2.2 Dataverwerking | 14 |
| 2.2.3 Representativiteit van de satellietgegevens | 14 |
| 2.2.4 Resultaten | 15 |
| 2.2.5 Gedrag van de dieren in de huidige situatie | 16 |
| 2.2.6 Observatie methodes | 16 |
| 2.2.7 Percentage tijd doorgebracht op bepaalde diepte en duur van duiken | 17 |
| 2.2.8 Gebruik van de verschillende ligplaatsen, zichtwaarnemingen | 18 |
| 3 Formulering van evalueerbare doelen inzake populatieontwikkelingen | 25 |
| 3.1 Definitie van een levensvatbare, zelfstandige populatie | 25 |
| 3.2 Minimumomvang van de populatie | 26 |
| 3.3 Referentiewaarde voor de Deltapopulatie | 27 |
| 3.4 Recente populatieontwikkelingen | 27 |
| 3.5 Toekomstige populatieontwikkelingen | 28 |
| 3.6 Simulatieberekeningen vier scenario's | 28 |
| 3.7 Rekenmodel voor populatieontwikkelingen | 28 |
| 3.8 Samenstelling van de populatie | 32 |
| 3.9 Reproductie | 33 |
| 3.10 Modelnotatie | 35 |
| 3.10.1 Simulaties | 35 |
| 3.10.2 Simulatieresultaten | 37 |
| 3.11 Scenario-keuzes en consequenties | 38 |
| 4 Conclusies | 45 |
| 4.1 Gedrag en habitatgebruik van de gewone zeehonden in de Oosterschelde | 45 |
| 4.2 Evalueerbare doelen inzake populatieontwikkelingen | 45 |
| Literatuur | 47 |
| Aanhangsel 1 Listing van het model | 51 |

Woord vooraf

De opdrachtgevers tot deze studie zijn de Dienst Wetenschap en Kennisoverdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en de directie LNV-Zuidwest. Dit project is mede mogelijk gemaakt door de bijdragen *in natura* van de directie LNV-Noord en van de Provincie Zeeland, door het inzetten van respectievelijk het dienstvaartuig ms Phoca en ms Branta, en hun bemanningen.

Tijdens de planning van dit onderzoek is er constructief en stimulerend overleg geweest met drs. Theo de Gelder en ir. Wim van der Hoofd, beiden LNV-Zuidwest, en ing. Bouke Bouwman van de Provincie Zeeland, Directie Ruimte, Milieu en Water.

Dank zijn we verschuldigd aan allen die aan het intensieve veldwerk hebben meegedaan.

In het bijzonder is dat de bemanning van ms Branta, Dirk van der Wolde en Paul van Steen, voor hun plezierige en uitgebreide medewerking bij het zenderen van de zeehonden en de latere zichtwaarnemingen in de diverse seizoenen.

Bij het zenderen van de zeehonden is de inzet van Jan van Dijk en Dirk Kuiper van het ms Phoca, een essentiële zaak geweest voor het welslagen daarvan.

Anderen die ieder op haar/zijn wijze waardevol zijn geweest voor de enthousiaste stemming en het succes van de zenderexpedities zijn: Jaap Brilman, Bram van Dijk, Martin van Drunen, Georg Engelhard, Harm de Jong, Gerda Kuiper, Piet-Wim van Leeuwen, André Meijboom, Aad Sleutel, Henne Ticheler, Mireille Toebes, Ad Versluis, Loek van Vliet, Henk Zandstra en Koos Zegers.

Ook zijn we de medewerkers van het 'Topshuis' van Rijkswaterstaat erkentelijk, voor de medewerking aan een ligplaats van het ms Phoca en de stalling van veldwerkmateriaal.

Bouke Bouwman en Henk Zandstra hebben een eerdere versie van deze rapportage van commentaar voorzien.

De foto's op de omslag zijn gemaakt door Jaap Brilman en Henk Zandstra van de Provincie Zeeland.

1 Inleiding

Kader

Bij de overheid *in casu* de Directie Zuidwest van LNV en de Provincie Zeeland, en de Stuurgroep Oosterschelde, bestaat behoefte aan meer informatie over de leefwijze van zeehonden in de Oosterschelde. Ook ontbreekt een beeld van de toekomstige aantalsontwikkelingen van zeehonden in het gehele Deltagebied. Dit wordt noodzakelijk geacht om een afgewogen beleid en beheer te kunnen voeren, zodanig dat het beleid te toetsen is op zijn doelstellingen en indien gewenst, ook tijdig bijgesteld kan worden. Concreet gaat het hierbij om het volgende:

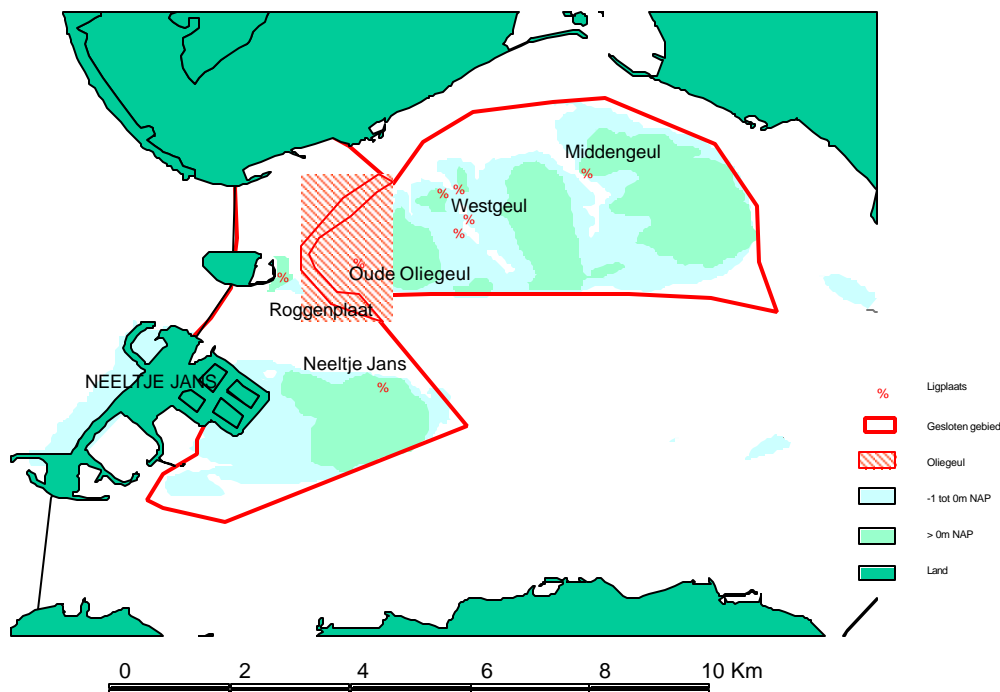
- a. Informatie waarmee de noodzaak voor het afsluiten van de Oliegeul is te toetsen en specifiek om de vraag of er een bepaalde periode rond hoogwater doorvaart mogelijk is zonder de ontwikkelingen van de kolonie in de Oosterschelde te beïnvloeden.
- b. Informatie benodigd om realistische en evalueerbare beleidsdoelen te kunnen formuleren ten aanzien van de ontwikkeling van de populatie in het Deltagebied.

Achtergrond: samenvatting van bestaande data

Net als in de rest van de het Deltagebied is het aantal zeehonden in de Oosterschelde drastisch teruggelopen in de eerste helft van deze eeuw. Dit kan voor het grootste gedeelte aan de jacht geweten worden. Aantallen in deze periode zijn verkregen uit terugberekeningen gebaseerd op jachtstatistieken (Reijnders 1994). De auteur schat dat in die periode ongeveer 25% van de dieren in het Deltagebied van de Oosterschelde gebruikmaakten. Sinds 1960 zijn gegevens van regelmatige tellingen beschikbaar (Mees & Reijnders 1994; Witte e.a. 1998a,b; Henk Zandstra, pers. med.). Hieruit kan worden geconcludeerd dat ondanks het sluiten van de jacht, de populatie in het gehele Deltagebied tot de jaren negentig nagenoeg geen herstel vertoont. De afgelopen jaren is een voorzichtig herstel waarneembaar zowel in de gehele Delta als in de Oosterschelde. Hier wordt nader op ingegaan in hoofdstuk 3 waarbij ook gekeken wordt naar verschillende scenario's voor toekomstige ontwikkelingen.

Uit eerder onderzoek (Reijnders e.a. 1990; Werner e.a. 1995) bleek dat in de westelijke Oosterschelde het gehele gebied om de noordwestpunt van de Roggenplaat voor de dieren van belang was. Een enkel dier werd regelmatig in het oosten van de Oosterschelde waargenomen. Hoewel de technieken in die tijd nog niet voldoende ontwikkeld waren om hier details over te verzamelen, leek het Oliegeulgebied niet alleen met laagwater maar ook, zij het in mindere mate, met hoogwater door de dieren gebruikt te worden. Uit deze onderzoeken bleek ook dat meer dan de helft van de gerevalideerde vrijgelaten zeehonden in de Oosterschelde verbleef tijdens de onderzoeksperiode (3-6 maanden) en na enkele weken 'normaal' gedrag vertoonde (Reijnders e.a. 1990; Werner e.a. 1995). Dit werd bepaald door zowel het duikgedrag van de dieren te observeren als hun gebruik van het habitat: waar en wanneer ze op de kant komen (haul-out gedrag) en waar en wanneer ze zwemmen. Bij laagwater werden ook zichtobservaties gedaan, waarbij de dieren met

wilde soortgenoten werden vergeleken. In hoofdstuk 2 wordt verslag gedaan van gedragswaarnemingen van wilde zeehonden in dit gebied.



Figuur 1. Kaart van het onderzoekgebied met daarin aangegeven de ligplaatsen van zeehonden, het gesloten gebied en de waterdieptes

De belangrijkste ligplaatsen voor zeehonden in de Oosterschelde blijken in en om de Oliegeul te zijn (Reijnders e.a. 1990; Werner e.a. 1995; Witte e.a. 1998a; pers. med. H.S. Zandstra, D.W. van der Wolde en P.J.J. van Steen). Enigszins afhankelijk van het seizoen worden met name drie ligplaatsen gebruikt tijdens laagwater. De platen langs de geul aan de noordzijde van de westpunt van de Roggenplaat (de OUDE OLIEGEUL), een plaat tegen de Blokkendam van de werkhaven (de Roggenplaat WERKHAVEN), en de platen langs de geul die uitmondt tegenover de haven van Burghsluis (de WESTGEUL) zijn voor de dieren van belang. Dit gehele gebied (figuur 1) is nu van april tot oktober, 24 uur per dag afgesloten. Wel dient hier te worden vermeld dat deze afsluiting niet geldt voor een aantal vergunninghouders, waardoor er toch dagelijkse doorvaart is. Tot sluiting van dit gebied werd besloten om verstoring van de zeehonden te voorkomen. Verstoring in dit gebied wordt als ongunstig beoordeeld voor de kolonie in de Oosterschelde die nog in ontwikkeling is.

Het gebied wordt het Oliegeulgebied genoemd. Dus hoewel de Oliegeul een kleine geul is tussen de Roggenplaat en de Roggenplaat-werkhaven, wordt er in dit rapport met de Oliegeul niet alleen het geultje maar ook het gesloten gebied eromheen bedoeld.

Beleidsondersteunend onderzoek

Door de doorvaart door het Oliegeulgebied te verbieden worden gebruikers die vanuit de haven van Burghsluis naar de Noordzee willen, verplicht een andere route te nemen. Er dient dan om de oostpunt van de Roggenplaat gevaren te worden alvorens naar het westen te kunnen gaan. Ook is het niet meer mogelijk rond de Roggenplaat te varen. Het verbod op doorvaart wordt aangevochten door een aantal belanghebbenden aangezien de alternatieve, oostelijke route langer is en een 'rondje Roggenplaat' niet meer kan. Door belanghebbenden is naar het beleid gesuggereerd dat de zeehonden het gebied bij hoogwater minder gebruiken. Als dit klopt, is misschien doorvaart in die periode mogelijk zonder de dieren te beïnvloeden. Om deze suggestie te toetsen is het hier beschreven onderzoek uitgevoerd.

Naast het onderzoek naar specifiek gebruik van het Oosterscheldehabitat door de zeehonden is ook onderzoek verricht naar toekomstige ontwikkelingen van de zeehondenpopulatie in het Deltagebied. Er zijn ook evalueerbare doelen aangegeven waarmee het beleid die ontwikkelingen kan sturen.

Het onderzoek naar beide facetten is in twee fases opgesplitst:

- Fase 1a. Beschrijving van het huidige gebruik van het Oliegeulgebied door de zeehonden. Dit kan gebruikt worden ter evaluatie van het huidige beleid. Er wordt met name tijdens dit onderzoek gekeken of er een tijdvenster is (rond hoogwater) waarin de dieren niet of veel minder van het gebied gebruikmaken. Dit zou een periode kunnen zijn waarin eventueel doorvaart mogelijk is.
- Fase 1b. Door middel van een populatieanalyse en modellering toekomstige scenario's schetsten aan de hand waarvan evalueerbare doelen te formuleren zijn.
- Fase 2. Indien fase 1a geen geschikt tijdvenster oplevert, zal in fase 2 onderzoek verricht worden naar de effecten van een eventueel gewijzigd doorvaartbeleid. De gegevens verzameld gedurende fase 1 worden gebruikt als referentie om die effecten te evalueren.

Dit rapport beschrijft de bevindingen van Fase 1a en 1b.

2 Beschrijving van het gebruik van het Oliegeulgebied door de zeehonden

2.1 Onderzoekvragen

Om de specifieke vraag te kunnen beantwoorden of in een periode rond hoogwater doorvaart door de Oliegeul mogelijk is zonder de zeehonden te verstoren, is concrete informatie nodig over hun gebruik van het gebied gedurende de gehele periode. Die kennis ontbreekt grotendeels, met name over het gebruik van het gebied bij hoogwater. Naar aanleiding van de genoemde doelen van fase 1a zijn de volgende onderzoekvragen geformuleerd:

Gebuiken de zeehonden het Oliegeulgebied; zo ja, zijn er periodes waarin dit gebruik minimaal is (hoog- of laagwater)? Immers, wanneer de dieren niet in het gebied zouden zijn gedurende een van de twee tijen, dan zou doorvaart in dat tij in principe mogelijk kunnen zijn.

Om eventuele veranderingen te kunnen monitoren in het gedrag van dieren indien gekozen wordt voor vrije doorvaart in een bepaalde periode, wordt de volgende onderzoekvraag gesteld:

Welk gedrag vertonen de dieren in de huidige situatie? Dit met het oog op het later monitoren van eventuele veranderingen in dit gedrag.

2.2 Gebruik van het gebied door de zeehonden

2.2.1 Onderzoekmethoden

Tweemaal zijn in het doelgebied drie zeehonden gezenderd (in september 1998 en in maart 1999, zie tabel 1 voor de specificaties over de zeehonden). De zender wordt op de haren geplakt en de dieren verliezen hem tijdens de jaarlijkse verharing tussen mei en augustus. Als de zender zich boven water bevindt, kan hij dagelijks worden gelokaliseerd door satellieten die een baan rond de aarde volgen. Gemiddeld is dit vier tot vijf keer per dag.

Tabel 1. Specificatie van de zes gezenderde zeehonden in de Oosterschelde.

| Nummer | datum | seks | leeftijd | lengte (cm) | gewicht (kg) | Dagen gevolgd |
|--------|----------|------|----------|-------------|--------------|---------------|
| 1 | 10/09/98 | M | 7j | 150 | 79 | 83 |
| 2 | 11/09/98 | F | >3j | 128 | 71 | 154 |
| 3 | 11/09/98 | F | <3j | 121 | 54 | 213 |
| 4 | 24/03/99 | F | >3j | 133 | 76 | 78 |
| 5 | 25/03/99 | M | >3j | 150 | 100 | 26 |
| 6 | 25/03/99 | M | >3j | 152 | 89 | 41 |

2.2.2 Dataverwerking

Met behulp van het dopplereffect wordt de positie van elke individuele zender en dus elk individueel dier bepaald. De zender stuurt elke 45 seconden een signaal, alleen als de zeehond boven water is. Er moeten minimaal twee contacten tussen de satelliet en de zender zijn voor de bepaling van een positie. Hoe meer contacten echter, hoe hoger de kwaliteit van de door de satelliet berekende locatie. De plaatsbepalingen die worden geleverd zijn elk voorzien van één van de zeven mogelijke kwaliteitscategorieën. De vier hoogste categorieën hebben een afnemende nauwkeurigheid van 300-1000 m, voor de laagste drie kan geen nauwkeurigheid worden aangegeven. Wereldwijd is men bezig om via mathematische weg ook voor deze punten een nauwkeurigheid te bepalen. Aangezien de zender alleen boven water zendt, is de kans op een locatie van hoge kwaliteit als het dier op de kant is groter dan wanneer het dier aan het zwemmen is. Dientengevolge worden ook meer locaties verkregen wanneer de zeehond op de kant ligt dan wanneer hij zwemt.

Voor de hieronder staande berekeningen omtrent het gebruik van het gebied zijn alleen de data van hoge kwaliteit gebruikt. Voor elk van de 1200 locaties werd de afstand tot het meest westelijke punt van de Roggenplaat bepaald (midden in de Oliegeul, ter hoogte van de werkhaven). Aan de hand van de tijd en datum van de plaatsbepaling werd de astronomische getijhoogte op dat ogenblik vastgesteld (nauwkeurigheid van 10 min). Vervolgens zijn de data in vier categorieën opgesplitst: Laag Laagwater (>100 cm onder NAP), Laagwater (NAP tot <100 cm onder NAP), Hoogwater (<100 cm boven NAP tot NAP), Hoog Hoogwater (>100 cm boven NAP). Voor elk dier en elke getijdencategorie werden deze data verdeeld in vier categorieën: het gebied waarbinnen 20%, 50%, 95% en 100% van de data liggen.

Alle data van hoge kwaliteit werden voor de analyse gebruikt. Dier nr. 4 (een volwassen vrouwtje) vormt hierop enigszins een uitzondering. Dit dier werd in maart 1999 in de Oosterschelde gezenderd maar vertrok in de laatste dagen van mei naar de Waddenzee. Omdat de vraagstelling gaat over hoe de daar aanwezige dieren de Oliegeul gebruiken zijn de gegevens die voor dit dier na 31 mei verzameld zijn buiten deze analyse gehouden.

De uiteindelijke analyse werd uitgevoerd met het gemiddelde van elk dier om te voorkomen dat het grote aantal waarnemingen van een dier dat lang kon worden gevolgd, de uitslag meer zou beïnvloeden dan een dier dat kort gevolgd is.

2.2.3 Representativiteit van de satellietgegevens

De bij dit onderzoek verkregen satellietgegevens zijn gebaseerd op zes dieren, drie in de herfst/winter en drie in het voorjaar/zomer. Dit is een relatief kleine steekproef, hetgeen deels samenhangt met de onderzoekssoort en deels een kosten aspect is. Alleen een langjarig onderzoek met steeds enkele dieren, of een intensief onderzoek met veel gezenderde dieren zal een volledig beeld geven van het gedrag van de zeehond. Deze zes dieren betreffen echter wel bijna 30% van het maximumaantal

getelde dieren in het gebied en er waren dieren van beide seksen en van verschillende leeftijdsklassen vertegenwoordigd. Ondanks het relatief geringe aantal gezenderde zeehonden, vertonen de resultaten voor wat betreft de verspreiding weinig variatie. Daarnaast blijkt uit vergelijking van het haul-out gedrag van de in de Oosterschelde gezenderde dieren met dat van gezenderde dieren in de Waddenzee, dat ze een gelijksoortig patroon vertonen. Bovendien is het patroon van het haul-out gedrag tijdens dit onderzoek gelijksoortig aan dat van gezenderde en wilde zeehonden verkregen uit eerder onderzoek (Reijnders e.a. 1990; Werner e.a. 1995). Er is derhalve geen reden om aan te nemen dat door het relatief kleine aantal gezenderde dieren de gegevens niet representatief zouden zijn voor zeehonden in de Oosterschelde.

2.2.4 Resultaten

Zoals eveneens in onderzoek aan andere populaties gewone zeehonden is geconstateerd (Brasseur & Reijnders ongepubl. data; Reijnders e.a. 1989; Thompson 1989, 1993; Thompson & Miller 1990; Thompson e.a. 1989, 1991, 1994a,b) zijn ook deze Oosterschelde zeehonden individueel verschillend in gedrag. Dit uit zich o.a. in verschuivingen in hun gebruik van de gebieden. Gedeeltelijk kunnen deze verschillen verklaard worden door de seizoenen waarin gemeten is. Zo blijkt dat de dieren die in maart gezenderd werden (nummer 4, 5 en 6) gemiddeld respectievelijk 57 % en 61% van de hoog- en laagwatertijden in het Oliegeulgebied waren. De dieren die in september werden gezenderd (nummers 1, 2 en 3) waren respectievelijk maar 33% en 47% van de tijden in het gebied aanwezig. In figuur 2 zijn de hoge kwaliteitspeilingen voor elk dier in kaart gebracht.

Uit figuur 2 blijkt dat ondanks de individuele verschillen tussen dieren, elk dier regelmatig in het Oliegeulgebied wordt waargenomen. Alleen dier nr. 3 gebruikt naast dit gebied, ook het oosten van de Oosterschelde regelmatig. In tabel 2 is aangegeven hoeveel km (gemiddeld) vanaf de Oliegeul, respectievelijk 20%, 50%, 95% en 100% van alle plaatslocaties vielen. In figuur 3 wordt het gemiddeld gebruik van het gebied nogmaals grafisch duidelijk gemaakt.

Tabel 2. Procentuele verspreiding van de individuele dieren (in kilometers vanaf de Oliegeul)

| Dier No. | Laag laagwater | | | | Laag water | | | |
|-------------|----------------|------|-------|-------|------------|------|-------|-------|
| | 20 | 50 | 95 | 100 | 20 | 50 | 95 | 100 |
| 1 | 1.40 | 3.46 | 26.77 | 59.92 | 1.23 | 3.71 | 15.49 | 21.93 |
| 2 | 1.24 | 2.50 | 10.82 | 52.63 | 1.99 | 3.42 | 16.63 | 48.91 |
| 3 | 2.13 | 7.62 | 29.47 | 34.63 | 2.53 | 7.22 | 30.27 | 39.01 |
| 4 | 1.07 | 2.62 | 9.68 | 23.60 | 1.13 | 2.33 | 9.52 | 89.72 |
| 5 | 0.76 | 1.88 | 16.78 | 18.18 | 0.75 | 1.80 | 16.66 | 21.00 |
| 6 | 0.99 | 1.54 | 10.21 | 24.94 | 0.87 | 1.47 | 10.82 | 24.37 |
| Gem. | 1.26 | 3.27 | 17.29 | 35.65 | 1.42 | 3.32 | 16.57 | 40.83 |

| Dier No. | Hoog Hoogwater | | | | Hoogwater | | | |
|----------|----------------|------|-------|-------|-----------|------|-------|-------|
| | 20 | 50 | 95 | 100 | 20 | 50 | 95 | 100 |
| 1 | 2.73 | 4.56 | 16.09 | 49.11 | 2.25 | 5.42 | 15.20 | 25.83 |
| 2 | 2.35 | 4.64 | 19.88 | 27.88 | 1.54 | 3.71 | 16.68 | 35.45 |
| 3 | 2.21 | 4.37 | 29.99 | 31.71 | 1.90 | 4.18 | 29.21 | 42.64 |
| 4 | 1.00 | 2.58 | 13.65 | 14.99 | 1.14 | 3.03 | 13.10 | 18.63 |
| 5 | 1.87 | 2.78 | 3.86 | 4.02 | 0.76 | 1.67 | 18.18 | 25.49 |
| 6 | 1.30 | 1.68 | 3.42 | 3.63 | 0.72 | 1.51 | 7.17 | 27.33 |
| Gem. | 1.91 | 3.43 | 14.48 | 21.89 | 1.39 | 3.25 | 16.69 | 29.23 |

2.2.5 Gedrag van de dieren in de huidige situatie

Met dit gedeelte van het onderzoek zijn basisgegevens verzameld over het huidige gedrag van de zeehonden in en om het Oliegeulgebied. Afhankelijk van de uitslag van fase 1a van dit onderzoek zullen deze gegevens voor twee doeleinden worden gebruikt. Ten eerste wordt een beeld verkregen van het gedrag van de 'wilde' dieren in de Oosterschelde. Daarnaast kunnen de resultaten dienen om de effecten van een mogelijke doorvaart te evalueren gedurende fase 2 van het onderzoek. Hierbij zullen op experimentele wijze eventuele gevolgen van een gewijzigd doorvaartbeleid worden onderzocht. Concreet zullen dan de data die hieronder worden uiteengezet, gebruikt worden als vergelijking om eventuele veranderingen in gedrag te kunnen meten. De hoeveelheid verzamelde data is zo uitgebreid dat er geen volledig verslag van wordt gegeven. Er wordt eerder een overzicht gegeven van de gedragingen die voor een eventuele vergelijking gebruikt zullen worden.

2.2.6 Observatie methodes

Bij diverse zeehondensoorten treden veelal bij toenemende verstoring in een gebied, gedragsveranderingen op (Murphy & Hoover 1981; Renouf et al. 1981; Arts & Rijniers 1986; Dietrich & Koepff 1986; Da Silva 1988; Kelly et al. 1988; Kovacs & Innes 1990; Brasseur 1995; Lidgard 1995; Terhune 1995; Terhune & Brillant 1996). Als de verstoring aanhoudt, kunnen in een later stadium de dieren uiteindelijk het gebied verlaten. Bij zeehonden ziet men eerst toename in de alertheid, daarna treden o.a. verschuivingen op in geprefereerde ligplaatsen of gebiedsgebruik (Schneider & Payne 1983; Allen et al. 1984; Arts & Rijniers 1986; Brasseur & Reijnders 1994; Thiel e.a. 1992; Suryan 1995; Wilson 1995; Suryan & Harvey 1999). In het onderzoek van Brasseur & Reijnders (1994) waren de waarnemingen beperkt tot de dieren die op hun ligplaatsen waren. Thompson e.a. (1989) vonden dat onder water de dieren als gevolg van geluid hun duikgedrag veranderden. Dit waren kortetermijnveranderingen, meteen na het geluid. Het is echter te verwachten dat er ook langetermijnveranderingen in duikpatronen of tijdsverdeling zullen optreden. Vooral bij metingen van dit laatste speelt de relatief nieuwe volgtechnieken met behulp van een satellietzender een grote rol.

Behalve de door de zenders geregistreerde gegevens zijn er regelmatig veldwaarnemingen gedaan bij laagwater zodat het gedrag van de dieren op de ligplaatsen kon worden beschreven. In navolging van het onderzoek in 1992 (Brasseur & Reijnders 1994) is vooral naar de groepssamenstelling en alertheid gekeken. Hierbij zijn vooral data verzameld over de ongezenderde dieren. Als derde is fotomateriaal, verzameld door de Provincie Zeeland en RIKZ, gebruikt om de verspreiding van de dieren op de zandplaten te beschrijven (afstand tussen de zeehonden en afstand tussen de zeehonden en het water). Naast dit en het materiaal uit eerdere onderzoeken zijn waarnemingen tijdens de vliegtellingen van de Provincie Zeeland en het RIKZ meegenomen evenals de meer *ad hoc* waarnemingen van de bemanning van het ms Branta.

Verreweg de meeste data werden met behulp van de zenders verzameld. Elke zender verzamelde continu, om de 10 sec, informatie over de diepte, de tijd en of de sensoren droog of nat waren. Dit is door de zender omgezet in informatie over de totale duur van elke duik, de maximale diepte van elke duik, de verdeling van de diepte van het dier in de tijd en wanneer het dier op de kant lag (haul-out) of in het water. Elke zes uur is de verschillende duikinformatie samengevat in een histogram. De haul-out informatie werd één keer per dag samengevat, waarbij voor elke 20 min aangegeven staat of het dier droog of nat is. Als voorbeeld van de verzamelde gegevens voor een individu op één dag is figuur 4 opgenomen.

Het komt voor dat een van de histogrammen ontbreekt zoals op dag 15 oktober voor de tijd op diepte tussen 9:00 en 15:00 uur. Opvallend is dat men in figuur d kan aflezen dat iets voor 3:00 uur het dier op de kant komt en droog blijft tot na 6:00 uur. In figuur c ziet men dan ook dat het dier tussen 3:00 uur en 9:00 uur voor meer dan 60% van zijn tijd op de kant heeft gelegen. Het gaat aan het doel van dit hoofdstuk voorbij om de bijna 10.000 verzamelde histogrammen in deze fase van het onderzoek hier volledig te bespreken. Een aantal aspecten worden eruitgelicht.

2.2.7 Percentage tijd doorgebracht op bepaalde diepte en duur van duiken

Om een overzicht te krijgen van de seizoenvariatie is per week het gemiddelde bepaald van de verschillende histogrammen, hierbij zijn de gegevens van alle dieren samengenomen (figuur 5-7). Zoals ook in de Waddenzee wordt waargenomen brengen de dieren in de wintermaanden meer tijd door op grotere diepte. Aangenomen wordt dat in die periode de vissen (prooi voor zeehonden) naar dieper, minder koud water trekken. In diezelfde periode neemt het percentage duiken naar grotere diepte toe (figuur 5) maar het totaal aantal duiken (figuur 6) af, omdat er meer lange duiken worden uitgevoerd. Vooral in september wordt een groot percentage van de tijd doorgebracht op de kant of aan de oppervlakte (figuur 7). Opvallend is het wegblijven van een 'haul-out piek' in de vroege zomer die wel in de Waddenzee zichtbaar is (eigen data, ongepubliceerd). In deze lenteperiode voeren de zeehonden

dagelijks gemiddeld 400 tot 500 duiken uit. Vooral de duiken die tot een minuut duren, nemen in deze periode toe.

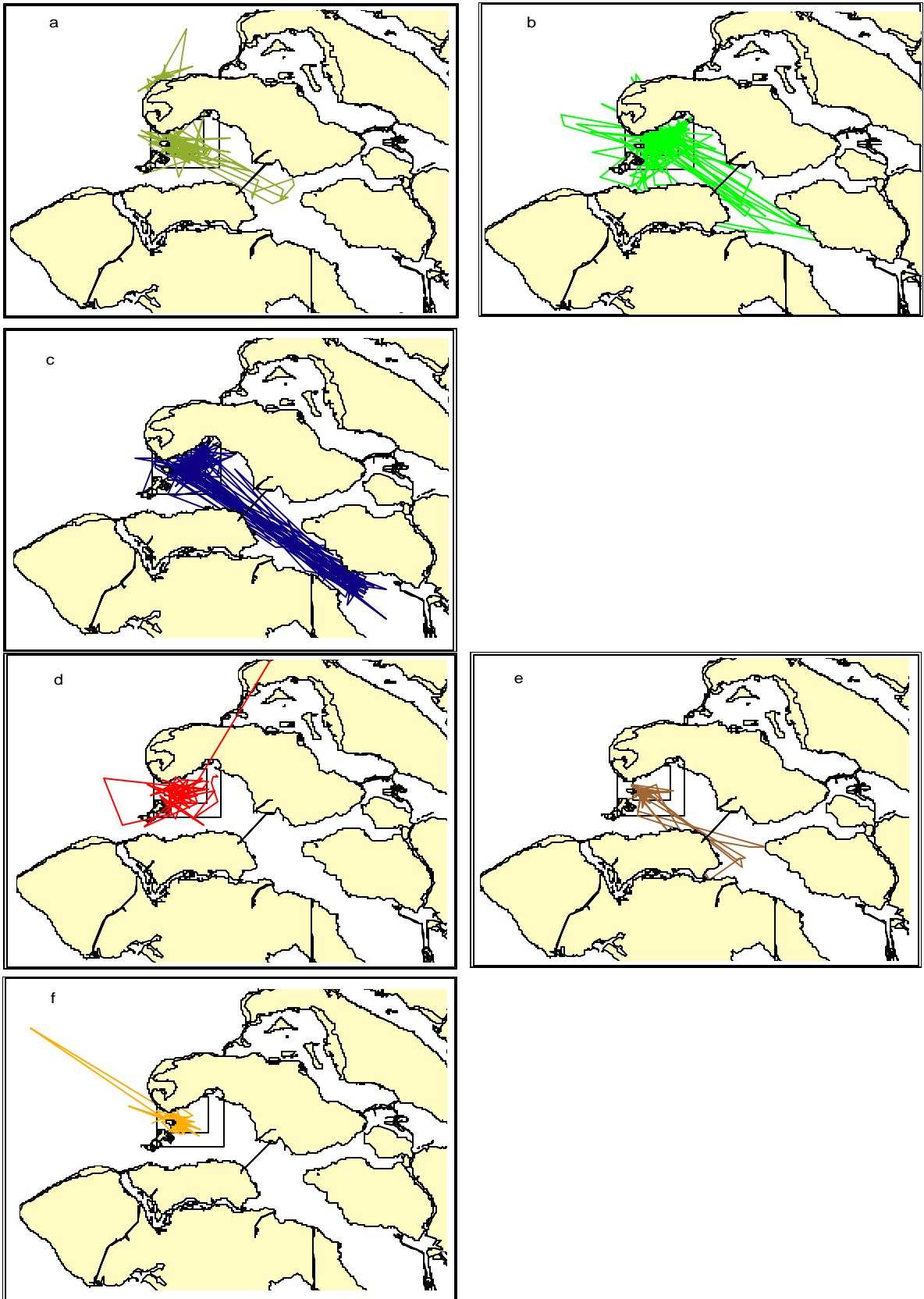
In vergelijking met data afkomstig van zeehonden in de Waddenzee (verzameld in het voorjaar van 1998) blijken de dieren uit de Oosterschelde minder diep te duiken. Ze besteden een groot gedeelte van hun tijd boven 10 m diepte (gemiddeld minder dan 20% van de tijd dieper dan 10 m) terwijl de dieren in de Waddenzee en aangrenzende Noordzee doorgaans meer dan 40% van hun tijd dieper dan 10 m doorbrengen. Dit is des te opmerkelijker aangezien de Oosterschelde gemiddeld veel dieper is dan de Waddenzee en de aangrenzende Noordzee.

2.2.8 Gebruik van de verschillende ligplaatsen, zichtwaarnemingen

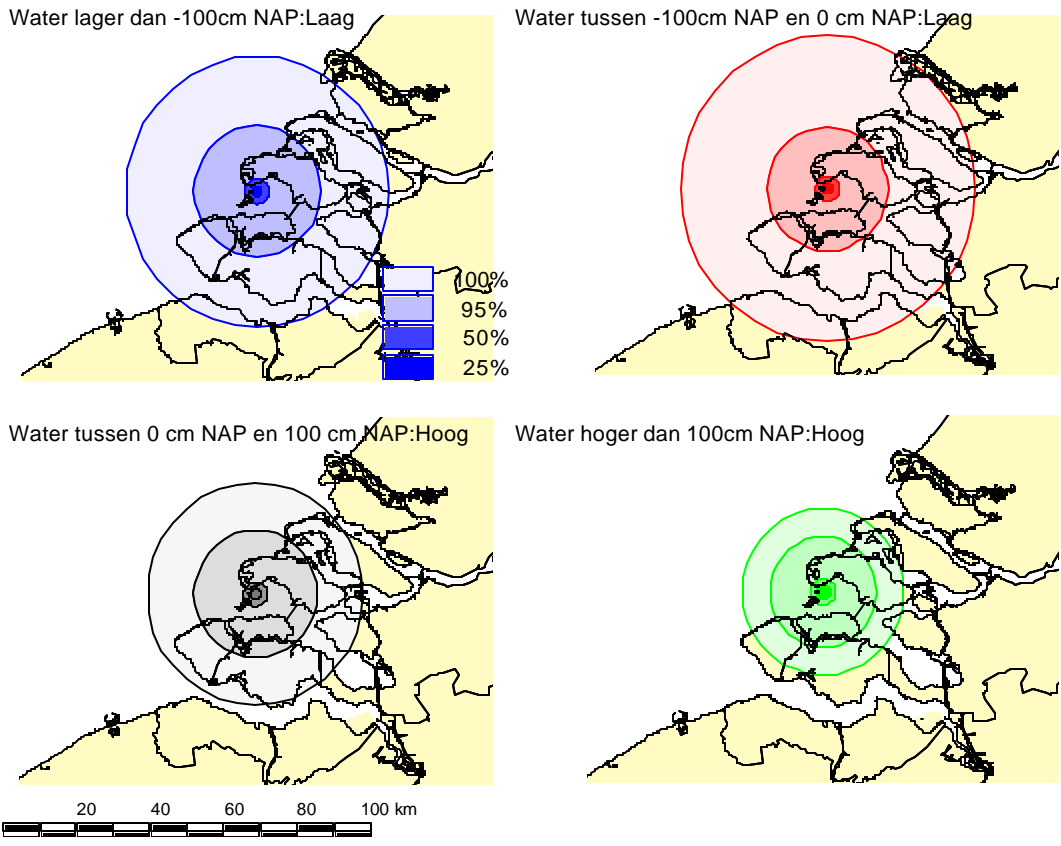
Figuur 1 liet zien dat de zeehonden van verschillende ligplaatsen gebruikmaken rondom de Oliegeul. Opmerkelijk is de jaarlijks terugkerende seizoenverschuiving in geprefereerde ligplaatsen. Figuur 8 illustreert dit. Na correctie voor toenemende aantallen is hier weergegeven welke plekken gemiddeld voor de jaren 1996-1998 door de aanwezige dieren gebruikt worden (Witte e.a. 1998a,b; Henk Zandstra pers. med.). In de zomermaanden wordt de ligplaats 'Roggenplaat werkhaven' nagenoeg verlaten terwijl het in de winter de belangrijkste plek is. Tot op heden is hier nog geen duidelijke verklaring voor. Wel dient te worden aangetekend dat deze plek op minder dan 100 m van de tonnen in de Oliegeul ligt. Mogelijk veroorzaken de huidige scheepvaartbewegingen met name in de zomerperiode onrust.

In de loop van 1999 is gebleken dat de ligplaats oude 'Oliegeul' niet meer door de dieren gebruikt wordt en vooral de 'Westgeul' in de zomermaanden gebruikt is. Dit wordt waarschijnlijk door verzanding van die geul veroorzaakt. Gedragsobservaties gedurende tien laagwaterperiodes in de jaren 1998-1999 laten dit beeld zien. Tijdens deze waarnemingen zijn elke 5 min het totaal aantal dieren en het aantal alerte dieren ('kop op') op de ligplaats geteld. Als er op meer ligplaatsen dieren op de kant lagen, werd de observatietijd verdeeld over de verschillende plekken.

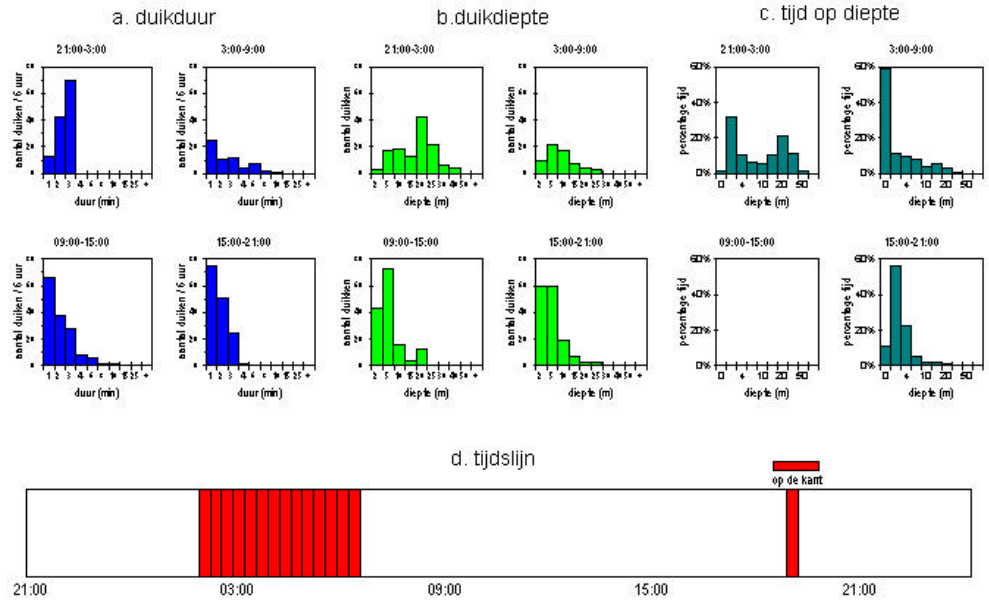
In figuur 9 en 10 zijn deze data voor de twee belangrijkste ligplaatsen uitgezet. Vergelijking tussen de twee laat zien dat in de Westgeul de dieren een veel constanter gebruik vertonen van de platen: gedurende het hele tij zijn ongeveer 80% van de dieren aan de kant en de alertheid (uitgedrukt als 'kop op') schommelt rond de 30%. Op de werkhaven is het patroon van de dieren die op de kant komen niet alleen grilliger, maar is ook de gemiddelde alertheid veel hoger.



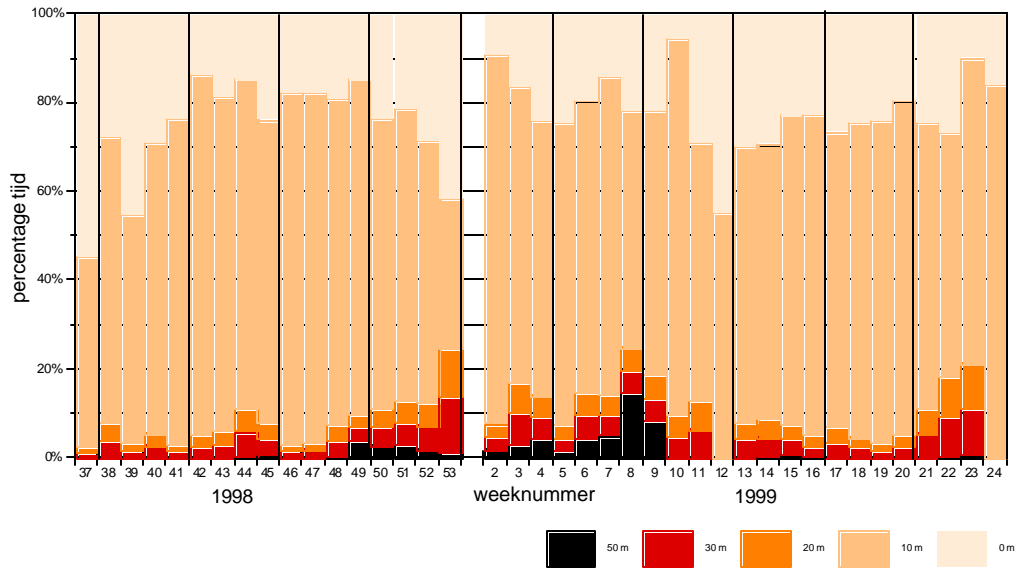
Figuur 2. Verspreiding van de individuele dieren over het onderzoekgebied. 2 a, b,c: dier 1, 2 en 3 gevolgd tussen september en april; 2 d,e,f: dier 4, 5 en 6 gevolgd tussen maart en juni.



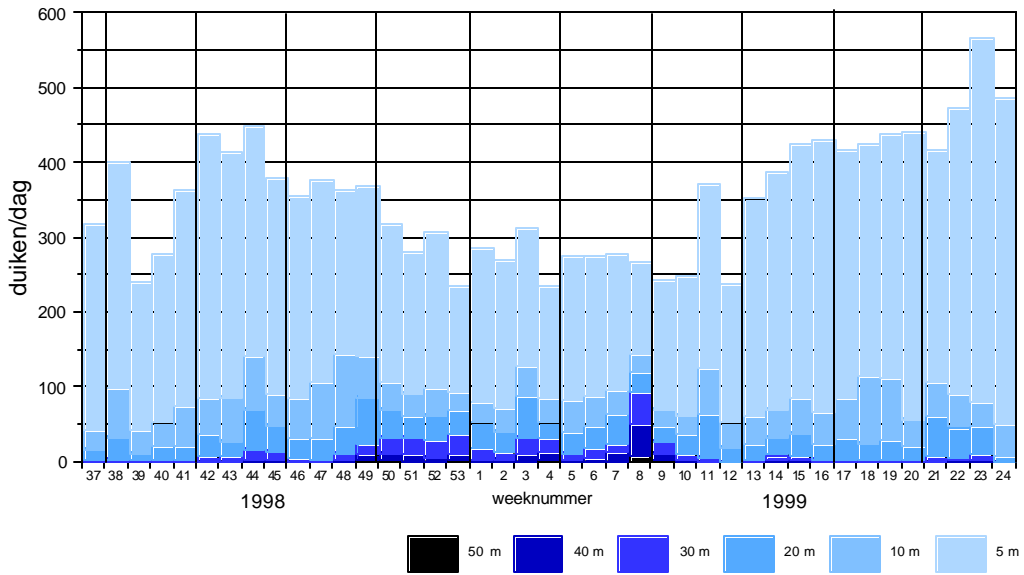
Figuur 3. Gemiddelde procentuele verspreiding van de dieren over het onderzoekgebied, per getijperiode. (



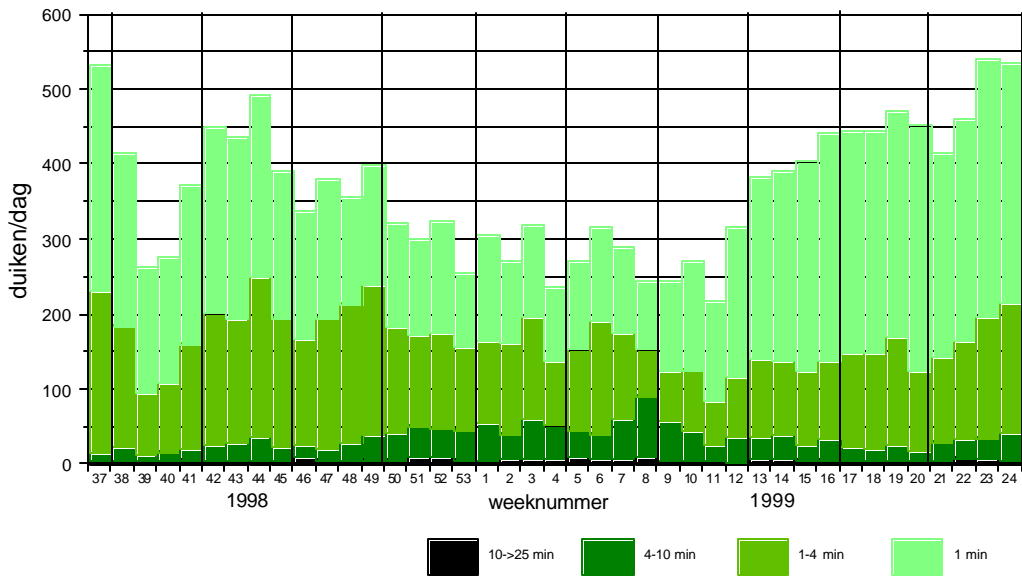
Figuur 4. Gegevens verzameld door de satellietzender voor dier nr. 1 op 15 oktober 1998. a: duikduur histogrammen; b: duikdiepte histogrammen; c: tijd-op-diepte histogrammen; d: haul-out patroon van die dag. (rood) is op de kant, (wit) is in het water



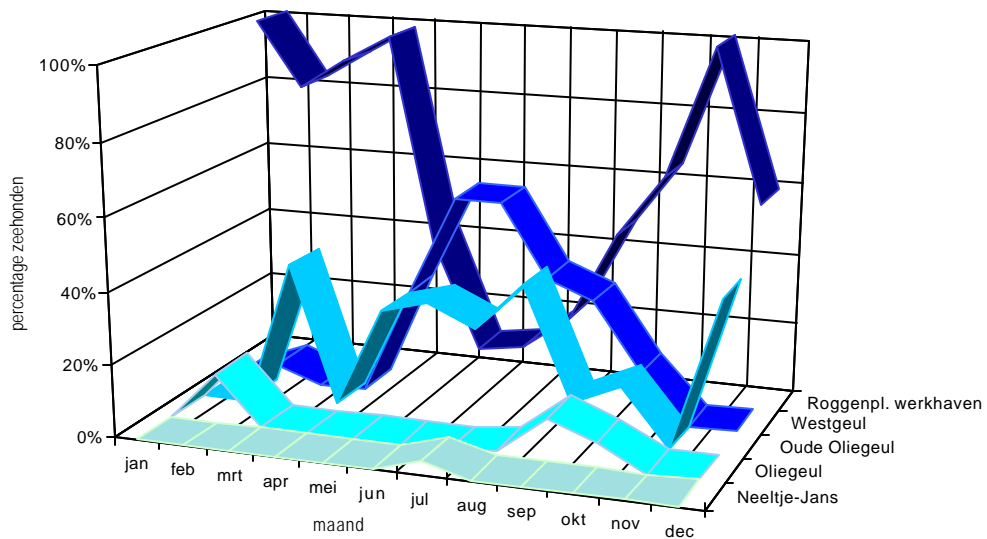
Figuur 5. Percentage tijd gemiddeld per week doorgebracht op diepte, tussen week 37 t/m 53 in 1998 en week 1 t/m 24 in 1999



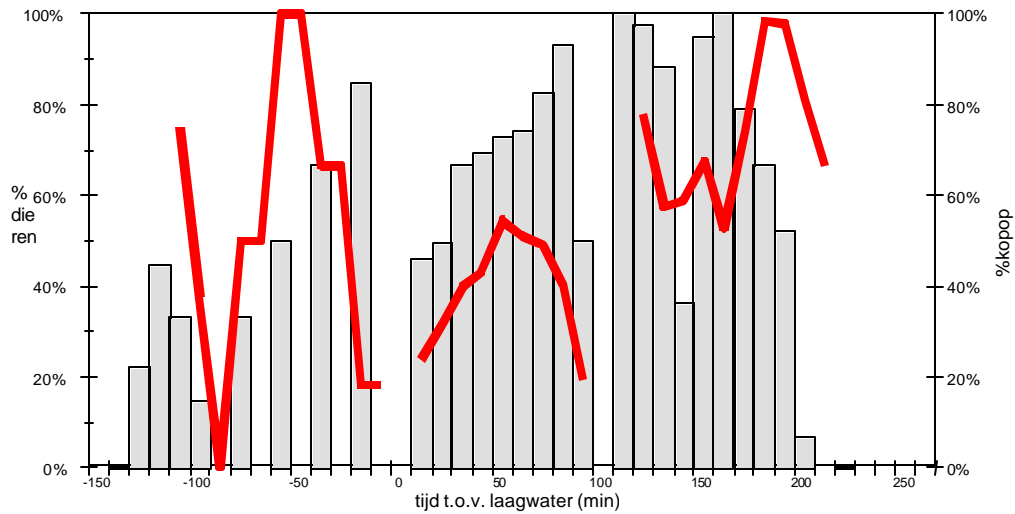
Figuur 6. Gemiddeld aantal duiken per dag in week 37 t/m 53 in 1998 en week 1 t/m 24 in 1999



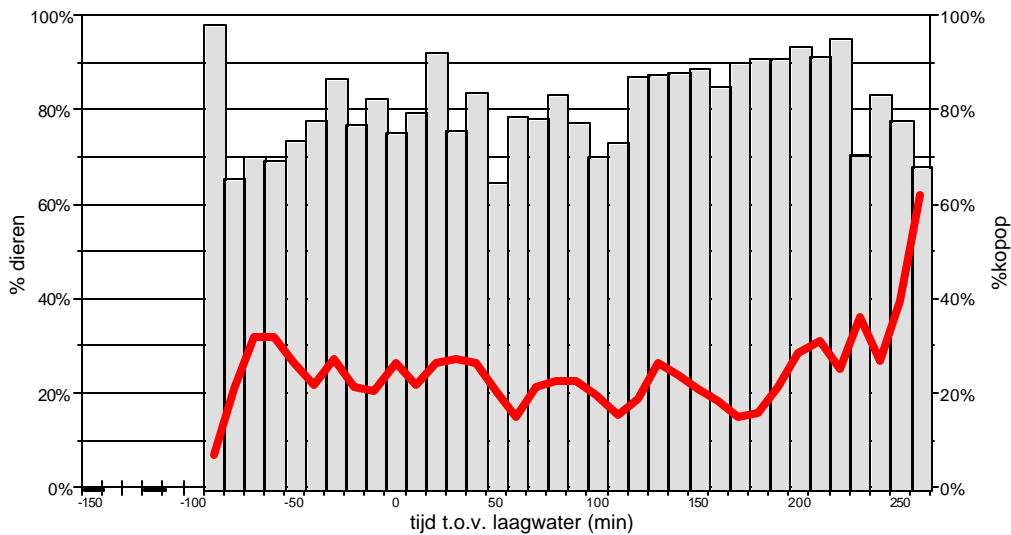
Figuur 7. Gemiddeld aantal duiken per dag in de aangegeven tijdsduur, in week 37 t/m 53 in 1998 en week 1 t/m 24 in 1999



Figuur 8. Procentueel gebruik van de ligplaatsen in de Oosterschelde door het jaar, gemiddeld voor de jaren 1996-1997-1998



Figuur 9. Gemiddeld percentage dieren op de kant t.o.v totaal aanwezige dieren (staafdiagrammen) en gemiddeld percentage alertheid, kop op, (—) van deze dieren uitgezet tegen de tijd t.o.v. laagwater. Data verzameld op de Roggenplaat werkhaven, tussen 10/11/98 en 03/08/99.



Figuur 10. Gemiddeld percentage dieren op de kant t.o.v totaal aanwezige dieren (staafdiagrammen) en gemiddeld percentage alertheid, kopop, (—) van deze dieren uitgezet tegen de tijd t.o.v. laagwater. Data verzameld in de Westgeul, tussen 10/11/98 en 03/08/99.

3 Formulering van evalueerbare doelen inzake populatieontwikkelingen

Het formuleren van evalueerbare doelen dient vooral om tijdig te kunnen constateren of men met het gevoerde beleid op de goede weg is en eventuele bijstelling van het beleid nodig is. Kern bij die formulering is de doelstelling van het beheer. Zowel in het Beleidsplan Oosterschelde, het Beleidsplan Westerschelde en het Integraal Beleidsplan Voordelta, luidt de algemeen geformuleerde doelstelling 'het realiseren van een levensvatbare populatie zeehonden die op eigen kracht kan bestaan'. Gezien de gelijklopende doelstellingen voor de deelgebieden en de interacties tussen de kolonies in de Oosterschelde en in de rest van het Deltagebied en zelfs daarbuiten, is het zinvol het beleid op het integrale Deltagebied te richten en niet op afzonderlijke deelgebieden. Is de populatie in het Deltagebied gegarandeerd, dan waarborgt dat ook de toekomst voor kolonies in de deelgebieden.

Essentieel bij de vertaling van de beleidsdoelstelling is het nader formuleren wat dan wel de omvang en kenmerken van een levensvatbare populatie zijn en op welke termijn men dat wil bereiken. Om dat te kunnen doen zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Wat is de definitie van een levensvatbare populatie in het Deltagebied?
2. Wat is de minimumomvang van die populatie; bij welke omvang wordt de populatie levensvatbaar geacht en in staat geacht zelfstandig fluctuaties in omgevingsfactoren op te vangen?
3. Wat zijn de referentiewaarden voor de omvang van die populatie?
4. Hoe ziet de ontwikkeling van de Deltapopulatie eruit op korte tot middellange termijn, gegeven de ontwikkelingen in omringende gebieden (i.v.m. migratie), en in de populatie zelf (geboorte en sterfte)?
5. Hoe kan het beleid sturen om de doelstelling op een bepaalde termijn te bereiken?

3.1 Definitie van een levensvatbare, zelfstandige populatie

De algemene beleidsdoelstelling is het realiseren van een levensvatbare populatie zeehonden die op eigen kracht kan bestaan. In populatiedynamische termen houdt dit in een populatie van voldoende grootte en samenstelling die op langere termijn kan voortbestaan en derhalve catastrofes (zoals een epidemie, olieramp) zelfstandig moet kunnen opvangen en waarbij geen inteelt zal optreden.

3.2 Minimumomvang van de populatie

Het probleem wat de minimumomvang voor een levensvatbare populatie is, heeft vooral in het laatste decennium veel aandacht gekregen in natuurbeschermingskringen. Met name speelt dat probleem bij de bescherming van diersoorten die met uitsterven worden bedreigd. Gerenommeerde literatuur op dit terrein zijn de werken onder redactie van Soulé & Wilcox (1980), Frankel & Soulé (1981), Soulé (1986) en Soulé (1993).

Een vaak gehanteerde basale regel bij het vaststellen van een minimumomvang is dat het verlies aan heterozygotie per generatie beneden de 1% moet blijven. Dat betekent een effectieve populatie (aantal aan de voortplanting deelnemende dieren) van 50 stuks. De gewone zeehond kent een polygaam voortplantingssysteem maar niet alle geslachtsrijpe mannetjes nemen aan de voortplanting deel. In dergelijke populaties zal de effectieve populatiegrootte twee tot vier keer zo hoog worden (Soulé 1980).

Daarnaast speelt het probleem van overlappende generaties een rol. Kruisingen tussen ouders en eerste, tweede, derde en bij zeehonden zelfs vierde generatie nakomelingen zijn mogelijk. Om dat te compenseren wordt de effectieve populatiegrootte veelal verdubbeld.

Aangezien het onbekend is hoeveel geslachtsrijpe mannetjes bij gewone zeehonden niet aan de voortplanting deelnemen en eigen waarnemingen aan dieren in gevangenschap erop wijzen dat dat slechts een op de drie is, wordt in onze berekeningen het oorspronkelijke aantal met een factor twee vermenigvuldigd en vervolgens verdubbeld vanwege overlappende generaties. Dat brengt de effectieve populatiegrootte op 200 dieren.

In een min of meer stabiele populatie bedraagt het percentage geslachtsrijpe dieren circa 40% van het totaal. Daaruit volgt dat de minimumomvang van de populatie 500 dieren zou moeten zijn.

Op langere termijn moet de effectieve populatiegrootte hoger zijn, omdat dan ook het optreden van evolutionaire veranderingen gegarandeerd moet zijn. Continue en snelle aanpassingen door evolutionaire veranderingen zijn nodig voor overleven en die aanpassingen zijn gelimiteerd in kleine populaties. Franklin (1980) stelt dat een effectieve populatiegrootte in dat geval minstens 500 stuks moet bedragen. Op basis van bovenstaande berekeningen zou een totale populatiegrootte van 5000 zeehonden nodig zijn om op langere tot zeer lange termijn te kunnen overleven. In het verloop van dit rapport zal het minimumaantal van 500, met een 'garantie' voor overleving op korte tot middellange termijn, worden gehanteerd. Aangezien bij de gewone zeehond tijdens vliegtellingen in augustus een onderschatting van ongeveer 30% optreedt (Ries e.a. 1998) zal het minimumaantal getelde dieren 350 stuks dienen te bedragen.

3.3 Referentiewaarde voor de Deltapopulatie

Op basis van historische gegevens over aantallen zeehonden in het gebied en jachtstatistieken, zijn populatieberekeningen uitgevoerd waarmee referentiewaarden zijn verkregen (figuur 11). De aantallen rond 1900 hebben naar schatting tussen de 6.000 en 11.000 bedragen (Reijnders 1994). Deze grote bandbreedte wordt veroorzaakt doordat de groeisnelheid bij benadering moet worden geschat en varieert tussen de 5 en 12%. Doordat inmiddels enkele gebieden zijn afgesloten, is het nu nog beschikbare areaal geringer. Wordt daarvoor gecorrigeerd, dan zouden de huidige referentiewaarden tussen de 4.000 en 9.000 dieren liggen. Uit het voorgaande hoofdstuk blijkt dat de minimumomvang van de populatie nog ver beneden de laagste referentiewaarde ligt.

3.4 Recente populatieontwikkelingen

Sinds 1960 worden er vliegtellingen verricht, aanvankelijk een of twee keer per jaar door het IBN tot de beginjaren zeventig. Daarna zijn *ad hoc* tellingen verricht vanaf schepen en vanaf de wal. Pas vanaf 1995 wordt weer per vliegtuig geteld in de Westerschelde, de Oosterschelde en de Voordelta, door het RIKZ en de Provincie Zeeland (Witte e.a. 1998a). Op basis van voornoemde gegevens is het recente populatieverloop weergegeven in figuur 12. Voor een uitvoerige beschouwing over oorzaken en achtergronden van het populatieverloop wordt verwezen naar Reijnders 1994; Mees & Reijnders 1994; Witte e.a. 1998a,b).

Relevant voor dit rapport is te vermelden dat in figuur 12 de zomeraantallen zijn gebruikt. In eerdere rapporten zijn wintertellingen met zomertellingen gecombineerd. Aangezien er duidelijk seizoensfluctuaties in aantallen getelde zeehonden zijn (zie o.a. Reijnders 1978; Ries 1999) geven de gecombineerde tellingen een incorrect beeld van het populatieverloop. Omdat in de Waddenzee en in de Wash de zomeraantallen worden gebruikt (wat ook de maximumaantallen zijn) worden deze ook voor het Deltagebied gehanteerd. Daarmee worden mogelijke dubbeltellingen vermeden die door migratie kunnen ontstaan. Bovendien, en dat is voor het beleid relevant, is de zomerpopulatie de groep die voor reproductie zorgt en dat getal geeft ook beter de potentie voor groei van de populatie aan.

Als indicatie voor het effect van het aanbrengen van eenheid in de gebruikte getallenserie is het aantalsverloop sinds 1989 voor de vroegere en de in dit rapport gevolgde methode weergegeven in figuur 13.

Een tweede relevant fenomeen is het feit dat de seizoenfluctuaties in aantallen met name op de Voordelta afwijken van die in de Ooster- en Westerschelde. Het patroon van beide laatste gebieden lijkt sterk op dat wat in de Waddenzee wordt gezien. Figuur 14 laat zien dat het gemiddelde relatieve maximumaantal (gedurende 1996-1998) op de Voordelta het hoogste is in de winterperiode, terwijl in de Ooster- en

Westerschelde het relatieve maximum in de zomer valt. Klaarblijkelijk verlaten een aantal dieren de Voordelta in de voorzomer, hetgeen niet leidt tot een toename van het aantal in de Ooster- en Westerschelde (figuur 15). Figuur 16 laat zien wat de aantallen in het Deltagebied en in de deelgebieden zouden zijn indien de Voordelta het patroon van de Wester- en Oosterschelde zou volgen. Dit is van belang bij de berekeningen en de beleidskeuzes die in dit hoofdstuk worden behandeld.

3.5 Toekomstige populatieontwikkelingen

Ten aanzien van de mogelijke toekomstige ontwikkelingen van de populatie in het Deltagebied zijn berekeningen uitgevoerd op basis van historische en recente gegevens over aantallen in het gebied zelf, gegevens over groeisnelheid van populaties in de Waddenzee en de Wash, verwachte emigratie en immigratie, en over geboorten in de populatie zelf.

3.6 Simulatieberekeningen vier scenario's

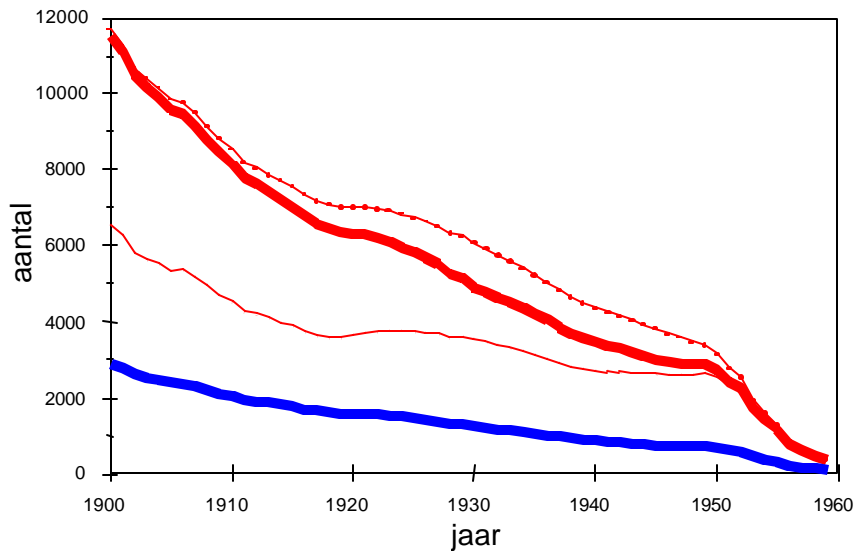
- voortzetting van het huidige beleid,
- verbetering van reproductie,
- verbetering van emigratie,
- verbetering van zomeraantallen op de Voordelta.

Verbetering houdt in deze context in het verbeteren van waarden voor genoemde parameters omdat die nu nog bij de Deltapopulatie negatief afwijken van de populatie in de Waddenzee. De waarden die nu in de Waddenzee worden gevonden, zijn als maat genomen.

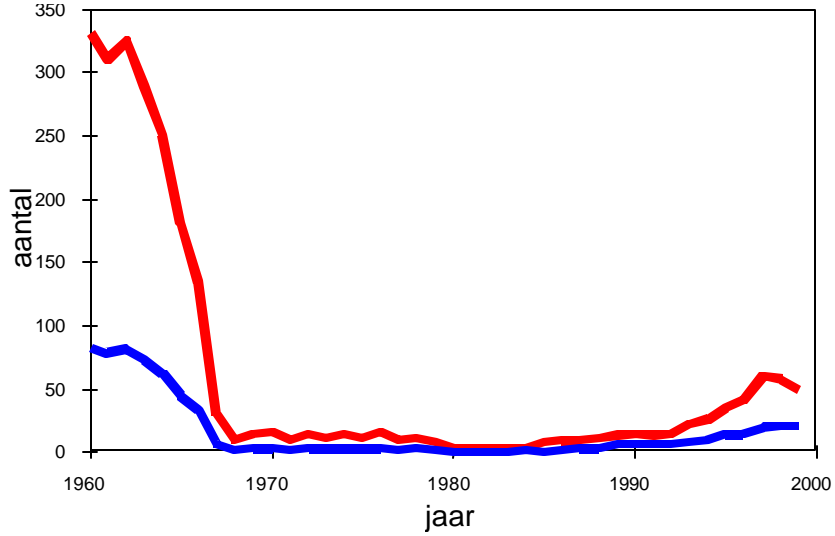
3.7 Rekenmodel voor populatieontwikkelingen

Om een indruk te krijgen van de te verwachten ontwikkelingen van de zeehondenpopulatie in het Deltagebied, is een eenvoudig model geconstrueerd waarin de sleutelprocessen die de populatieveranderingen bepalen zijn opgenomen. Dit model heeft een tweeledig doel:

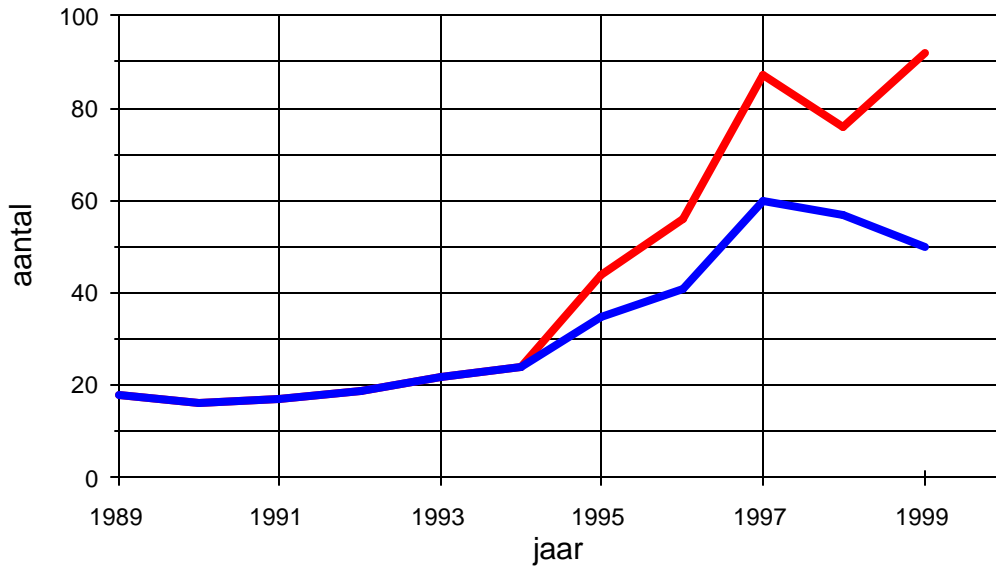
- 1) de schattingen van de grootte van de sleutelprocessen te kunnen beoordelen en
- 2) de populatieontwikkeling in de komende jaren te kunnen schatten. Hierbij is een minimum- en een maximumschatting relevant.



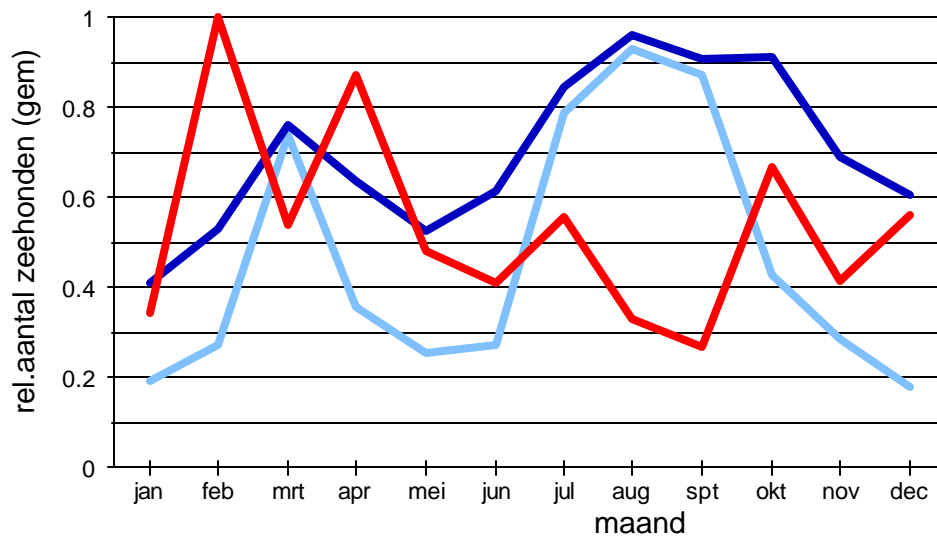
Figuur 11. Historische populatieontwikkelingen van de gewone zeehond in het Deltagebied (—) en in de Oosterschelde (—), onder verschillende aannames voor de groeisnelheid (R). ····: R= 0.05; (—): R= variabel van 0.05 naar 0.12; (—): R= 0.12; (—): R= variabel van 0.05 naar 0.12.



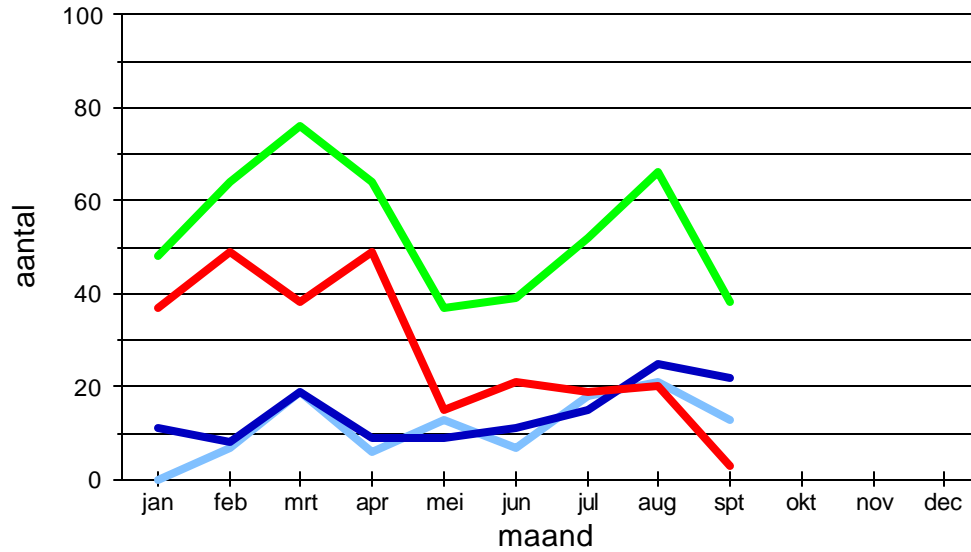
Figuur 12. Recente populatieontwikkelingen van de gewone zeehond in het Deltagebied (rood) en in de Oosterschelde (blauw).



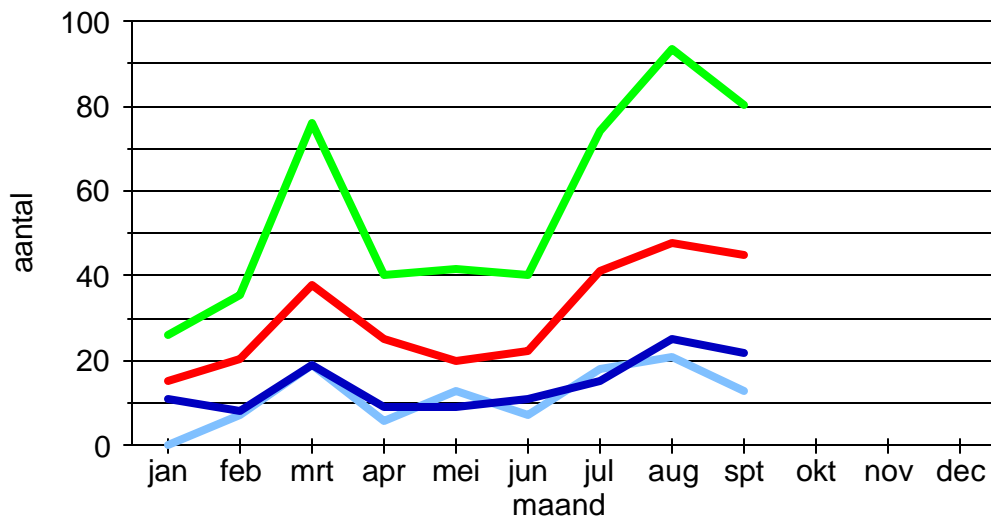
Figuur 13. Aantal jaarlijks getelde zeehonden in het Deltagebied. (rood): jaarlijkse maximaantal; (blauw): maximaantal in de zomer.



Figuur 14. Seizoenfluctuaties in relatieve aantal zeehonden, gemiddeld voor 1996-1997-1998, in diverse deelgebieden in het Deltagebied. (rood): Voordelta; (donkerblauw): Oosterschelde; (lichtblauw): Westerschelde.



Figuur 15. Seizoenverloop van het aantal zeehonden in het gehele Deltagebied en in de deelgebieden, gedurende januari-september 1998. (groen): gehele Deltagebied; (rood): Voordelta; (donkerblauw): Oosterschelde; (lichtblauw): Westerschelde.



Figuur 16. Seizoenverloop van het aantal zeehonden in het gehele Deltagebied en in de deelgebieden, op basis van gegevens uit januari-september 1998 maar met een genormaliseerd aantalsverloop op de Voordelta. (groen): gehele Deltagebied; (rood): Voordelta; (donkerblauw): Oosterschelde; (lichtblauw): Westerschelde.

Van belang is daarbij onderscheid te maken tussen processen en toestandsvariabelen.

De interne toestandsvariabelen zijn:

- pups (jonger dan enkele maanden),
- juveniele zeehonden (vanaf pups tot 3 jaar oud),
- adulten,
- mannelijke en vrouwelijke exemplaren van elk van deze drie categorieën.

De processen zijn

- reproductie : de adulte wijfjes kunnen reproduceren, er is geen verschil tussen oude en jonge wijfjes verondersteld en de nieuwe exemplaren zijn pups,
- sterfte van pups binnen korte tijd na de geboorte,
- sterfte van pups tot aan het juveniele stadium,
- juveniele sterfte,
- adulte sterfte,
- import van juveniele exemplaren vanuit omliggende gebieden: Waddenzee (Oost en West) en de Wash,
- export van juveniele exemplaren,
- extra export van pups kort na geboorte.

Voor de Deltapopulatie is een reproductiesnelheid (aantallen pups per volwassen wijfje per jaar) gebruikt. Voor de Wash en de Waddenzee zal ook de toename van het aantal dieren berekend worden; zie verder in de tekst).

3.8 Samenstelling van de populatie

Er worden pups, juvenielen en adulte exemplaren onderscheiden. Het is van belang deze stadia goed te definiëren.

Pup: De eerste fase kort na de geboorte tot ongeveer twee maanden na de geboorte. Een deel van de pups sterft voordat het juveniele stadium bereikt wordt. Omdat het model van jaar tot jaar rekt, wordt een dier pas na één jaar juveniel genoemd in het model. Het aantal pups wordt elk jaar kleiner door overgang naar de juveniele groep, sterfte en export, en neemt elk jaar toe door reproductie.

Juveniel: De tweede fase tot en met het levensjaar waarin wijfjes verondersteld worden te kunnen reproduceren. Dat duurt nog drie jaar na het pupstadium. Dus na vier jaar is het dier volwassen. In het model wordt elk jaar precies een derde deel van het juveniele deel van de populatie aan het adulte deel toegekend. Dat is niet helemaal juist, omdat er ook sterfte plaatsvindt, maar de verschillen zijn minuscule en getalsmatig niet interessant. Het aantal juvenielen wordt elk jaar kleiner door overgang naar de adulte groep, sterfte en export, en

neemt elk jaar toe door aanvoer vanuit de pup-groep, en door aanvoer vanuit omringende gebieden.

Adult: De laatste fase, waarin reproductie plaatsvindt. Er is geen maximumleeftijd vastgesteld, omdat de leeftijd geen onderdeel is van de berekening. Hun aantal wordt elk jaar minder door sterfte en export, en neemt elk jaar toe door aanvoer vanuit de juveniele groep, en door aanvoer vanuit omringende gebieden.

Waarnemingen

Pups: In de periode kort na de geboorte worden de pups geteld; er wordt van uitgegaan dat de aanwezige pups alle gezien worden. Maar niet alle pups worden tegelijk geboren, en sommige sterven al voor andere geboren worden. De fractie van de geboren pups die (maximaal) gezien wordt bij de tellingen, is een parameter.

Juvenielen: Een deel van de juvenielen is bij een telling onzichtbaar (onder water, niet in het gebied). Deze fractie is een parameter

Adulten: Als bij juvenielen

θ, θ' : De waarneming voor θ is hetzelfde als voor θ'

Populatiegrootte: er zijn waarnemingen over een tiental jaren, die gebruikt worden om de berekeningen te toetsen. Juist omdat de waarnemingen niet alle werkelijk aanwezige aantallen betreffen, is een 'zichtbaarheid' als parameter opgenomen. Deze is voor adulten plus juvenielen en voor pups verschillend.

3.9 Reproductie

De beschrijving van de processen is rechttoe rechtaan. Elk jaar wordt een aantal pups geboren, een fractie 'Repr' van het aantal adulte wijfjes. Op het aantal adulte wijfjes wordt nog een correctie doorgevoerd $c[\text{Activ}]$, omdat een fractie daarvan op de Voordelta voorkomt, waar momenteel geen jongen worden geboren en daarom ongeschikt lijkt om als voortplantingsgebied te functioneren.

Sterfte

Pups : De sterfte kort na de geboorte is een parameter

Juveniel : De sterfte in het jaar pup-juveniel is een parameter. In de jaren 1-2, 2-3 en 3-4 is er een jaarlijkse juveniele sterfte.

Adult : Er is een jaarlijkse adulte sterfte; ook met een aparte parameter aangegeven.

θ, θ' : De sterfte voor θ is anders dan voor θ' (andere parameters)

Import vanuit andere gebieden

Er vindt import vanuit omringende gebieden plaats. Dat hangt af van de populatie van zeehonden aldaar (zie hieronder: Populatieontwikkeling Wash en Waddenzee), niet van de populatie in het Deltagebied. Een deel van de adulten en een deel van de

aanwezige juvenielen in die gebieden kan naar het Deltagebied emigreren. Maar ook een deel van de pups (de 0-de jaars dieren) kan naar het Deltagebied emigreren. Maar dat gebeurt pas nadat ze het pup-stadium achter zich gelaten hebben; en ze worden in Zeeland nooit als pup geteld, maar als juveniel. Daarom wordt de import van pups uit Wash en Waddenzee ook bij de juvenielen opgeteld.

Juvenielen afkomstig uit de Wash en de Waddenzee worden bij juvenielen geteld, adulten bij het adulte deel van de populatie.

Export naar andere gebieden

Evenals import kan er ook export plaatsvinden. Dit is alleen afhankelijk van het aantal in het Deltagebied, niet van de aantallen elders.

Pups : Een fractie vertrekt. Dit gebeurt feitelijk in de na-pup-periode, maar het effect is dat het dier nog wel als pup aanwezig was, maar nooit als juveniel in deze modelberekening zal worden meegeteld. Daarom is het een fractie van de pups.

Juvenielen : Een fractie vertrekt.

Adulten : Als juvenielen

Populatieontwikkeling Wash en Waddenzee

De populatieontwikkeling in de Waddenzee en Wash is een randvoorwaarde voor de import naar de Delta. Omdat die niet tot in het oneindige kan doorgaan (gevraagd wordt hier een voorspelling voor de Deltapopulatie te geven voor een tijdpad van tientallen jaren) is een maximum verondersteld bij Wash en Waddenzee. Voor een exponentiële groei van een populatie van grootte N (aantal zeehonden in een gebied) geldt:

$$\frac{dN}{dt} = k N$$

Wanneer een maximum aan de orde is, geldt een dichtheidsafhankelijkheid (waarbij niet op de reden van die dichtheidsafhankelijkheid wordt ingegaan):

$$\frac{dN}{dt} = k N - r N^2$$

Het maximum wordt bereikt bij $dN/dt = 0$, dus als

$$N_{\infty} = \frac{k}{r} \quad [\text{Dus er geldt dat } r = \frac{k}{N_{\infty}}]$$

De maximale waarde N_{∞} wordt geschat (expert-judgement), en samen met een k die volgt uit de huidige populatieontwikkeling wordt vervolgens ρ berekend. De ontwikkeling ziet eruit als in figuur 17, en wordt in het simulatiemodel steeds numeriek berekend volgens vergelijking (2).

3.10 Modelnotatie

Het model is geschreven in STEM (Resources Analysis). STEM is een 'modeller-gereedschap', waarmee relatief eenvoudig simulaties kunnen worden uitgevoerd. Er worden, voorzover hier van belang, vier verschillende notaties gebruikt

- c[.] een constante. Een parameter in een model. Deze krijgt een waarde die niet verandert gedurende de simulatie.
- s[.] een toestandsgrootte. Deze wordt gedurende de simulatie berekend. Hier betreft het de aantallen pups, juvenielen, etc.
- d[.] de eerste afgeleide van s[.] naar de tijd. De procesbeschrijvingen leiden tot een waarde voor deze snelheid van de (aantals-)veranderingen, waarmee de aantallen weer een tijdstap verder berekend worden.
- a[.] modelvariabelen. Meestal gebruikt om het model leesbaarder te maken; soms ook nuttig om extra uitvoer mogelijk te maken.

Er is een begintoestand voor s[.] die wordt vastgesteld met de daarvoor gedefinieerde constanten (parameters).

3.10.1 Simulaties

Simulaties zijn uitgevoerd met verschillende waarden voor de jaarlijkse relatieve reproductie

c[repr], en zo nodig verschillende beginaantallen in het Deltagebied. Ook zijn twee verschillende eindwaarden voor Wash en Waddenzee doorgerekend.

Parameters

Van belang is de waarde die aan alle gebruikte parameters wordt toegekend.

| | | |
|-------------|--------|--|
| c[mAM] | = 0.10 | Relatieve mortaliteit mannelijke adulten (jaar ⁻¹) |
| c[mAF] | = 0.07 | Relatieve mortaliteit vrouwelijke adulten (jaar ⁻¹) |
| c[mJM] | = 0.10 | Relatieve mortaliteit mannelijke juvenielen (jaar ⁻¹) |
| c[mJF] | = 0.07 | Relatieve mortaliteit vrouwelijke juvenielen (jaar ⁻¹) |
| c[mPM] | = 0.30 | Relatieve mortaliteit mannelijke pups in pup-periode |
| c[mPF] | = 0.30 | Relatieve mortaliteit vrouwelijke pups in pup-periode |
| c[mPMafter] | = 0.10 | Relatieve mortaliteit mannelijke pups in na-pup-periode (tot aan juveniele stadium volgende jaar) |
| c[mPFafter] | = 0.10 | Relatieve mortaliteit vrouwelijke pups in na-pup-periode (tot aan juveniele stadium volgende jaar) |

| | | |
|--------------|--------|---|
| c[YearAd] | = 4.0 | Eerste jaar dat een zeehond kan reproduceren |
| c[FrPupSeen] | = 0.72 | Fractie van pups die bij tellen gezien wordt |
| c[FrPopSeen] | = 0.68 | Fractie van populatie die bij tellen gezien wordt |
| c[repr] | = 0.4 | Jaarlijkse fractie adulte wijfjes die tot reproductie komt |
| c[Activ] | = 0.64 | Deel van de populatie dat in reproductietijd aanwezig is in het modelgebied en actief aan reproductie kan meedoen. |
| c[pPupM] | = 0.5 | Fractie van pups die mannelijk is. De fractie mannelijke en vrouwelijke dieren onder juvenielen en adulten wordt gewoon berekend, en is dus geen parameter. |

Beginaantallen in het Deltagebied

| | | |
|------------|--------|--|
| c[nAM0] | = 5 | Adulte ? |
| c[nAF0] | = 5 | Adulte ? |
| c[nJM0] | = 5 | Juveniele ? |
| c[nJF0] | = 5 | Juveniele ? |
| c[nPM0] | = 1 | Pups ? |
| c[nPF0] | = 1 | Pups ? |
| c[JuvToAd] | = 0.33 | Fractie juvenielen die jaarlijks naar adult over gaat. Dit getal is $1/(c[\text{YearAd}]-1)$. c[YearAd] is hierboven genoemd. |

Beginaantallen Wash en Waddenzee; populatieontwikkeling

| | | |
|--------------|--------|---|
| c[Wash0] | = 1580 | Startwaarde Wash-populatie |
| c[WadWes0] | = 150 | Startwaarde populatie westelijke Waddenzee |
| c[WadEas0] | = 750 | Startwaarde populatie oostelijke Waddenzee |
| c[WashMax] | = 7000 | Maximumaantal voor Wash |
| c[WWSMax] | = 1400 | Maximumaantal voor westelijke Waddenzee |
| c[EWSMax] | = 5600 | Maximumaantal voor oostelijke Waddenzee |
| c[WashRep] | = 0.07 | Jaarlijkse relatieve populatietoename Wash |
| c[WadWesRep] | = 0.15 | Jaarlijkse relatieve populatietoename west. Waddenzee |
| c[WadEasRep] | = 0.15 | Jaarlijkse relatieve populatietoename oost. Waddenzee |

| | | |
|--------------|---------|---|
| c[WashImm] | = 0.002 | Fractie Wash-pups emigrerend naar het Deltagebied |
| c[WadWImm] | = 0.13 | Fractie west. Waddenzee-pups emigrerend naar het Deltagebied |
| c[WadEImm] | = 0.003 | Fractie oost. Waddenzee-pups emigrerend naar het Deltagebied |
| c[OutFlux] | = 0.05 | Fractie jaarlijkse emigratie 1+ zeehonden uit het Deltagebied |
| c[OutfIP] | = 0.14 | Fractie jaarlijkse emigratie pups uit het Deltagebied |
| c[FrPupWWS] | = 0.2 | Fractie van west. Waddenzee-populatie die pup is |
| c[FrPupEWS] | = 0.2 | Fractie van oost. Waddenzee-populatie die pup is |
| c[FrPupWash] | = 0.2 | Fractie van Wash-populatie die pup is |

3.10.2 Simulatieresultaten

Twee series van simulaties worden hier kort toegelicht. De eerste serie betreft ontwikkelingen van populaties in de Wash en in de Waddenzee. De tweede serie geeft de populatieontwikkeling in het Deltagebied, waarbij wordt gerekend met een lage reproductiesnelheid ($c[\text{repr}] = 0.4 \text{ y}^{-1}$) en een aantalsontwikkeling in de Wash en Waddenzee tot een laag maximum, beiden 7.000, en een hoog maximum, 14.000 respectievelijk 15000.

Serie 1: ontwikkeling in de Wash en in de Waddenzee

In figuur 17 zijn als voorbeeld de aantalsontwikkelingen in de Wash en de westelijke Waddenzee geschetst, bij een lage maximum-aantalsverwachting. De ontwikkeling in de Waddenzee gaat sneller tot staan, omdat de reproductie daar hoger verondersteld is dan in de Wash.

Deze aantallen zijn een belangrijke drijvende kracht voor de ontwikkelingen in het Deltagebied; met name in het begin zou die populatie in het geheel niet levensvatbaar zijn zonder immigratie vanuit de Wash en de Waddenzee.

Serie 2. Ontwikkelingen in het Deltagebied

In figuur 18 zijn de aantalsontwikkelingen in het Deltagebied geschetst, bij een lage (=huidige) reproductie in dat gebied en verwachte lage respectievelijk hoge eindaantallen in de Wash en de Waddenzee.

Het is duidelijk dat de berekening de tellingen in de eerste tien jaar niet geheel dekt. Die dekking is beter voor de simulaties met een hoge aantalsverwachting in de omringende gebieden. Vooral in de eerste jaren is de populatieontwikkeling vrijwel geheel afhankelijk van de import uit de omringende gebieden.

3.11 Scenario-keuzes en consequenties

Randvoorwaarde voor elk beleidsscenario is het bereiken van een populatie met een omvang van minimaal 500 dieren, dat houdt in een geteld aantal van 350 stuks.

De ruimte die het beleid heeft, is de termijn waarop men dat wil bereiken.

In feite heeft het beleid de volgende opties voor mogelijke sturing:

1. Het huidige beleid voortzetten;
2. Bevorderen dat de oudere dieren niet wegtrekken;
3. Bevorderen dat het gebied aantrekkelijker wordt voor zwangere wijfjes om te jongen, waardoor de reproductie in de populatie wordt verbeterd;
4. Bevorderen dat de hoge winteraantallen op de Voordelta niet vertrekken;
5. Combinaties van 2, 3 en 4.

Voor de mogelijkheden 1, 2, 3, 2+3, 2+4, 3+4 en 2+3+4 zijn simulaties uitgevoerd en de bijbehorende resultaten zijn in de figuren 18-25 weergegeven. De berekeningen zijn zodanig uitgevoerd dat eerst tien jaar (1990-1999) gerekend is met de huidige populatieparameters en daarna, per optie, zijn een of meer parameters veranderd.

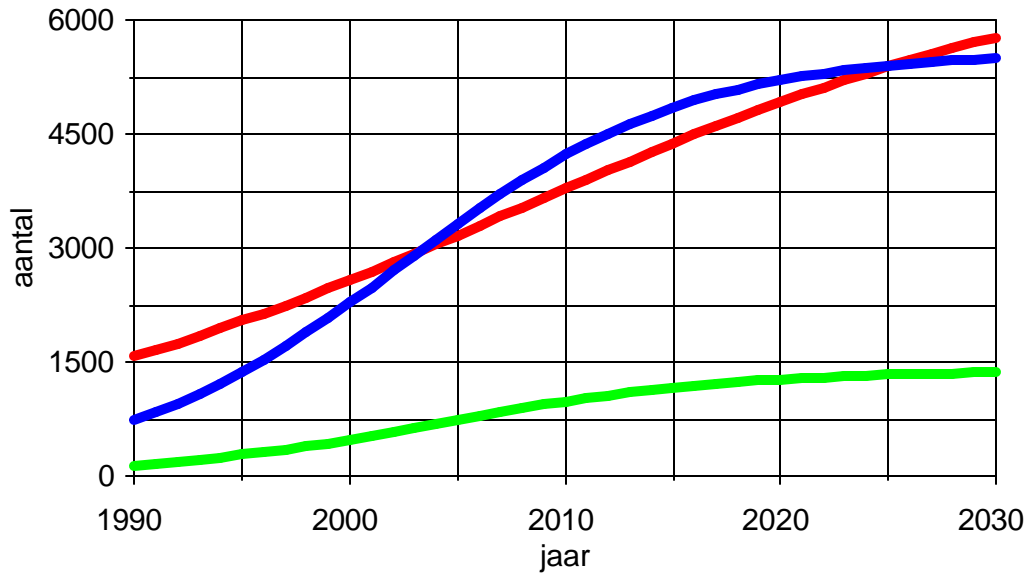
Uit die figuren valt op te maken wat bij de diverse keuzes het bijbehorende tijdpad is waarop de eerder geformuleerde doelstelling (minimaal 350 getelde dieren) kan worden bereikt, voor zowel een laag als een hoog eindtotaal van de populaties in de Waddenzee en de Wash.

Dat is weergegeven in tabel 3.

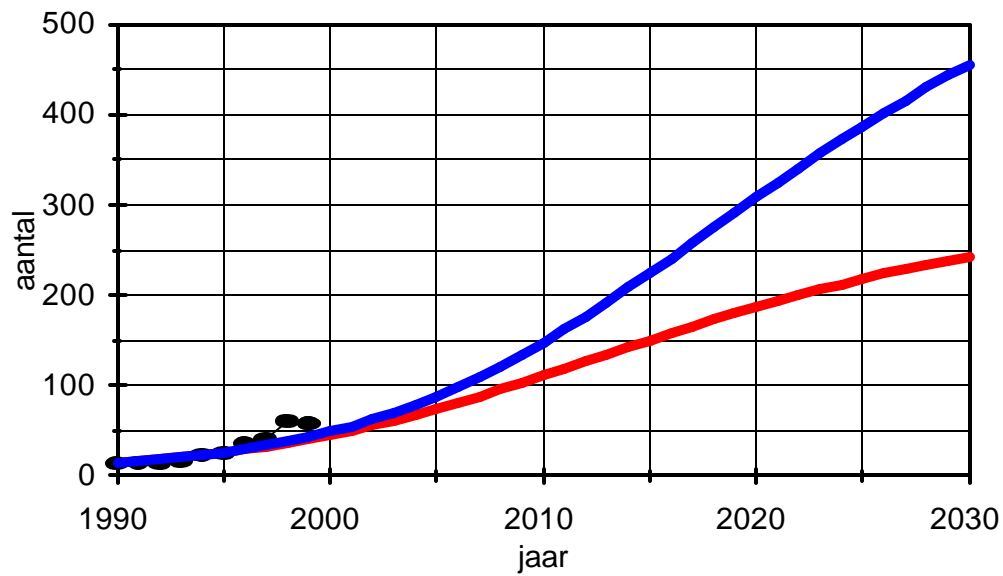
Tabel 3. Aantal benodigde jaren per beleidskeuze om een populatieomvang van 350 getelde dieren in het Deltagebied te realiseren.

| Beleidskeuze | Laag eindtotaal in Waddenzee en Wash | Hoog eindtotaal in Waddenzee en Wash |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 30 | 22 |
| 2 | 25 | 16 |
| 3 | 24 | 16 |
| 4 | 19 | 12 |
| 2+3 | 16 | 13 |
| 2+4 | 13 | 10 |
| 3+4 | 13 | 10 |
| 2+3+4 | 10 | 8 |

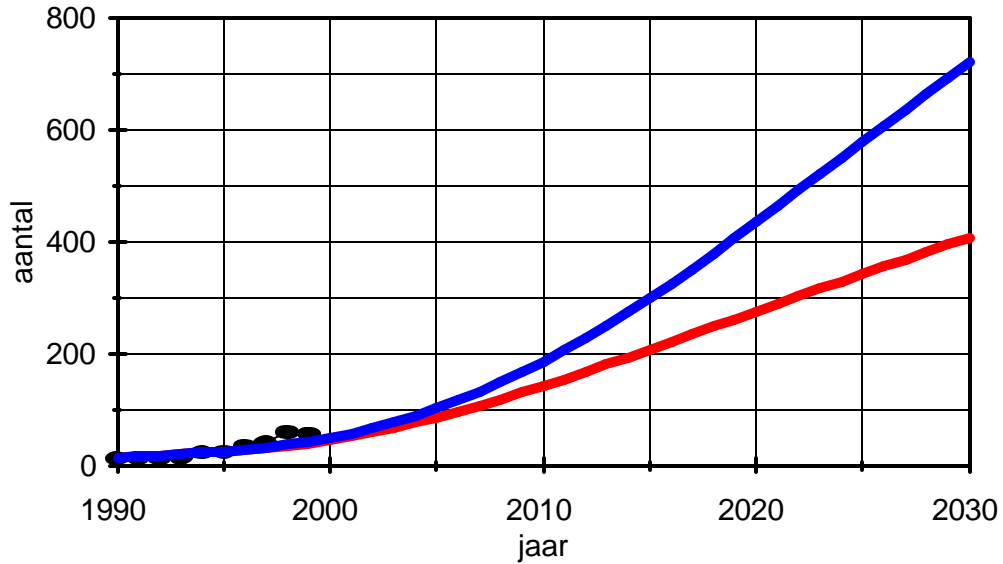
Deze simulatieberekeningen zijn gebaseerd op parameters die afgeleid zijn van de populatie in de Waddenzee, beperkte gegevens over emigratie en immigratie, algemene regels voor risico's voor inteelt en verwachte groei van de populaties in de Waddenzee en de Wash. Wij gaan er vanuit dat een verbetering in bepaalde parameters onmiddellijk op het aangegeven niveau komt. De onzekerheden in die diverse aannames zijn niet nauwkeurig aan te geven. Er wordt daarom nadrukkelijk gesteld dat de weergegeven tijdpaden als een orde van grootte dienen te worden gezien. Met een bijstelling aan de hand van actuele ontwikkelingen zal derhalve rekening moeten worden gehouden. Desondanks geven de verschillende scenario's wel aan wat het gewicht van een bepaalde beleidskeuze is.



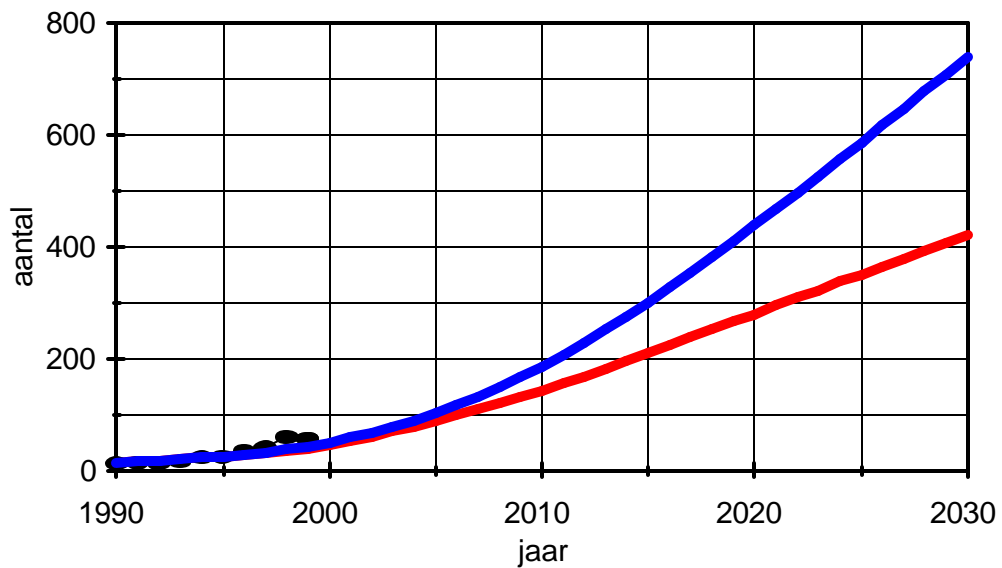
Figuur 17. Populatietrajecten voor drie populaties die naar een maximum toegroeien. (rood): populatie in de Wash; (blauw): populatie in de oostelijke Waddenzee; (groen): populatie in de westelijke Waddenzee.



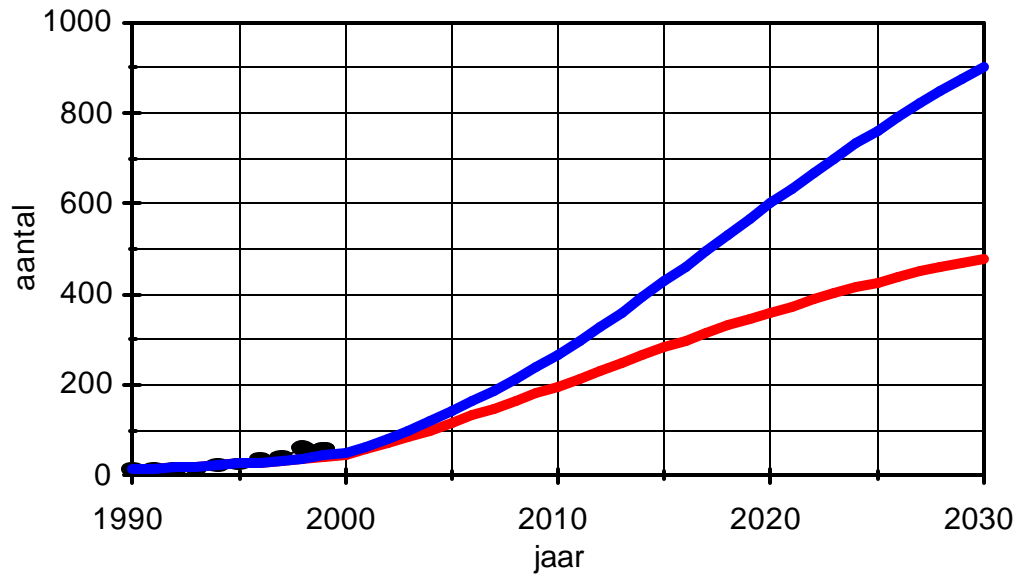
Figuur 18. Populatieontwikkelingen in het Deltagebied bij een lage reproductie in het gebied, en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en in de Wash. ●●●● : getelde aantallen van 1990-1999.



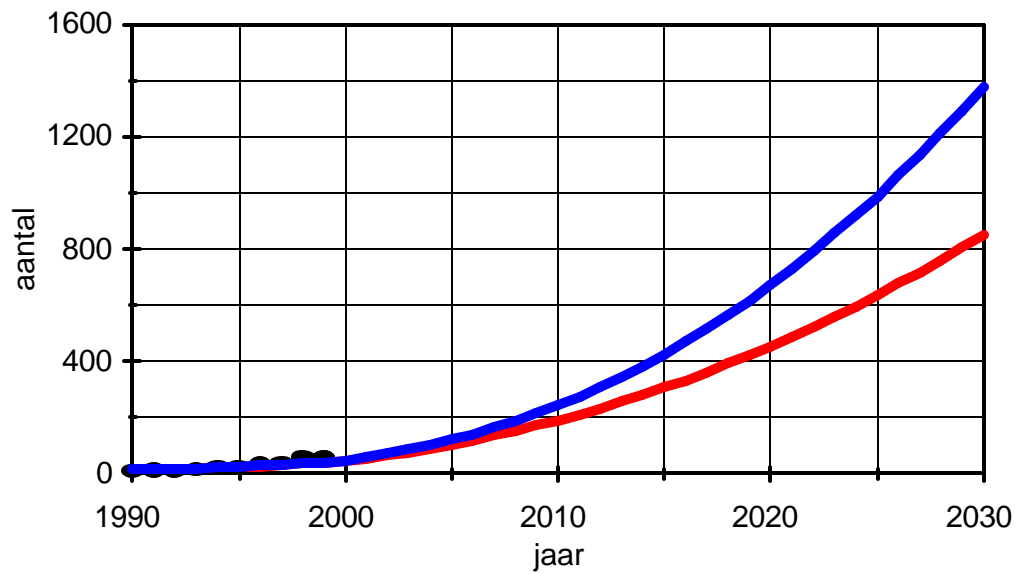
Figuur 19. Populatieontwikkeling in het Deltagebied bij een lage reproductie, aanvankelijk een zekere emigratie en na tien jaar geen emigratie, en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en de Wash. ●●●● : getelde aantallen van 1990-1999.



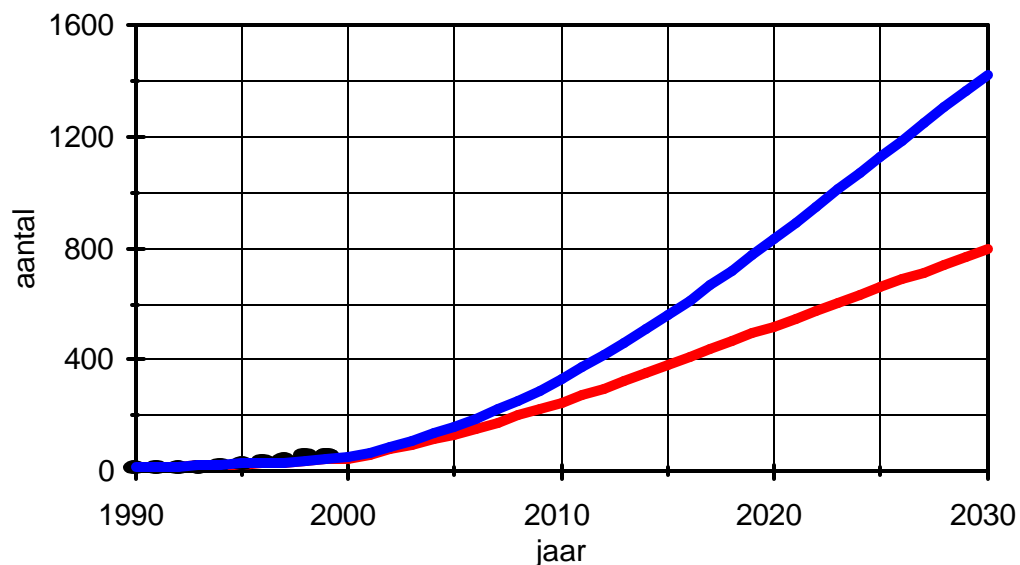
Figuur 20. Populatieontwikkeling in het Deltagebied bij aanvankelijk een lage reproductie, na tien jaar een hoge reproductie, en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en de Wash. ●●●● : getelde aantallen van 1990-1999.



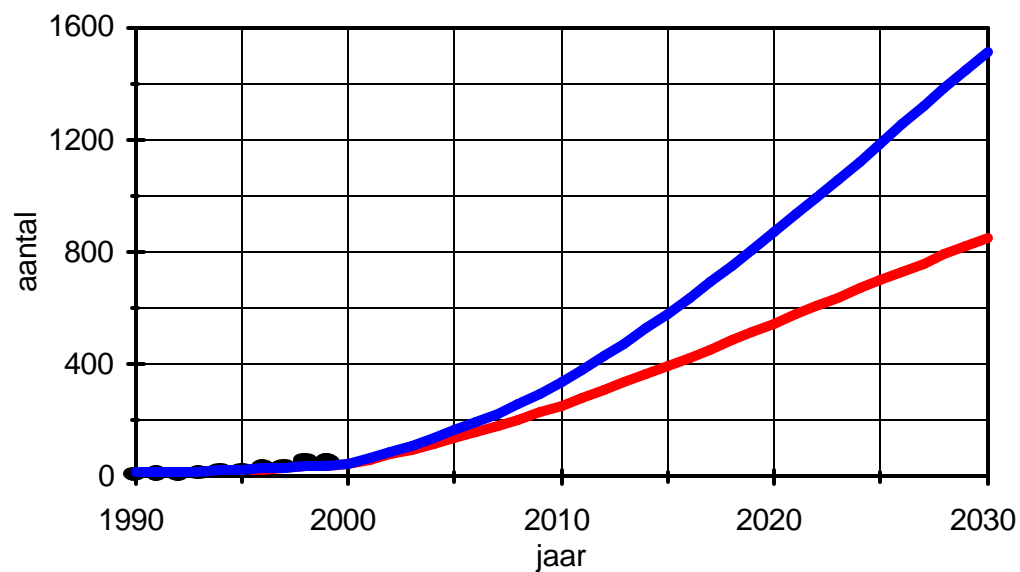
Figuur 21. Populatieontwikkeling in het Deltagebied bij een lage reproductie, aanvankelijk lage zomeraantallen op de Voordelta, na tien jaar hoge zomeraantallen op de Voordelta en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en de Wash. ●●●● : getelde aantallen van 1990-1999.



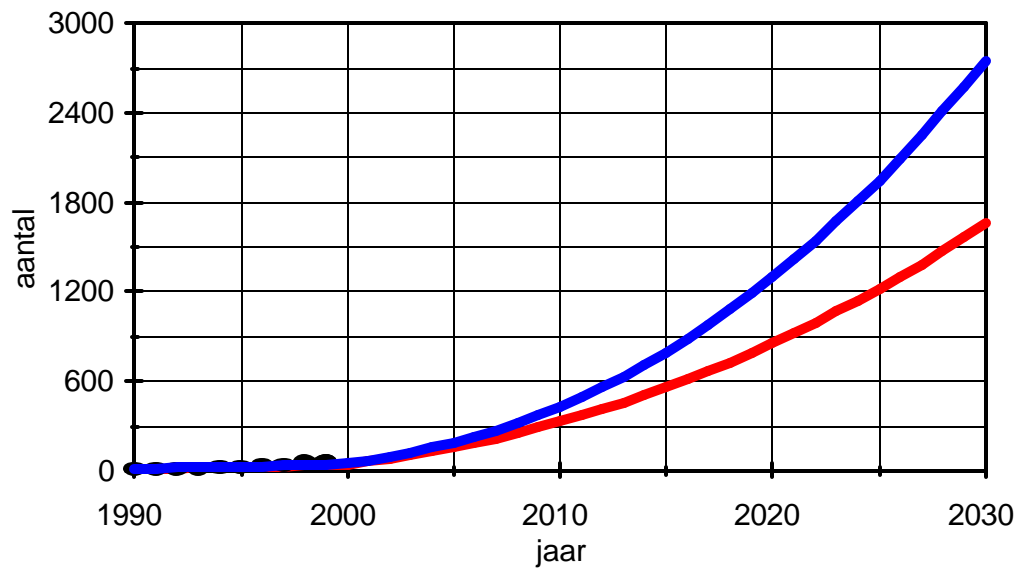
Figuur 22. Populatieontwikkeling in het Deltagebied met een aanvankelijk een zekere emigratie en een lage reproductie, na tien jaar geen emigratie en een hoge reproductie, en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en de Wash. ●●●● : getelde aantallen van 1990-1999.



Figuur 23. Populatieontwikkeling in het Deltagebied met een lage reproductie, aanvankelijk een zekere emigratie en lage zomeraantallen op de Voordelta, na tien jaar geen emigratie en hoge zomeraantallen op de Voordelta, en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en de Wash. ●●●● : getelde aantallen van 1990-1999.



Figuur 24. Populatieontwikkeling in het Deltagebied met een aanvankelijk lage reproductie en lage zomeraantallen op de Voordelta, na tien jaar een hoge reproductie en hoge zomeraantallen op de Voordelta, en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en de Wash. ●●●● : getelde aantallen van 1990-1999.



Figuur 25. Populatieontwikkeling in het Deltagebied met aanvankelijk een zekere emigratie, lage reproductie en lage zomeraantallen op de Voordelta, na tien jaar geen emigratie, een hoge reproductie en hoge zomeraantallen op de Voordelta, en een laag (rood) respectievelijk hoog (blauw) eindtotaal in de Waddenzee en de Wash. ●●●●: getelde aantallen van 1990-1999.

4 Conclusies

4.1 Gedrag en habitatgebruik van de gewone zeehonden in de Oosterschelde

De eerste vraagstelling van dit onderzoek heeft betrekking op het al dan niet bestaan van een tijdvenster in een bepaald getijde waarbinnen men door de Oliegeulgebied zou kunnen varen zonder dat hierbij de zeehonden beïnvloed worden. Dit onderzoek toont aan dat 20% van de waarnemingen van de gezenderde zeehonden binnen een straal van 1,26-1,91 km van de Oliegeul vallen, en dat 50% van de data binnen een straal van 3,25-3,43 km wordt gelocaliseerd. Dat geldt vrijwel gelijk voor laagwater en hoogwater. Hieruit moet worden geconcludeerd dat het Oliegeulgebied van vitaal belang is voor de dieren en dat er niet zonder meer een tijdvenster voor doorvaart zonder risico's voor effecten op de zeehonden kan worden aangewezen.

Daarnaast is uit de gepresenteerde data gebleken dat de belangrijkste ligplaatsen voor de dieren in de Oosterschelde zich in dit Oliegeulgebied bevinden. De gedragswaarnemingen suggereren dat het huidige niveau van verstoring (nu per vergunning geregeld) al een effect heeft op de dieren wanneer zij gebruikmaken van de ligplaats op de Roggenplaat-werkhaven.

Het duikgedrag van de zeehonden in de Oosterschelde lijkt niet fundamenteel verschillend van die in de Waddenzee hoewel een relatief groter deel van de tijd ondiep (<10 m) gedoken wordt. Dit ondanks het feit dat de Oosterschelde gemiddeld dieper is dan het gebied waar in de Waddenzee en de aangrenzende Noordzee gemeten is.

Als laatste valt op dat ondanks de mogelijkheid om door de kering te zwemmen de dieren niet vaak de Noordzee opgaan. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de Oosterschelde voldoende mogelijkheden biedt voor de dieren om te foerageren.

4.2 Evalueerbare doelen inzake populatieontwikkelingen

Door sturing kan het beleid ertoe bijdragen dat de geformuleerde doelstelling eerder kan worden bereikt. Het tijdspectrum tussen voortzetting van het huidige beleid en promotie van populatieontwikkelingen, loopt van 30 tot 8 jaar. Dit kan gerealiseerd worden door het terugdringen van emigratie, het bevorderen van reproductie en het bevorderen dat niet alle dieren die in de winterperiode op de Voordelta verblijven, wegtrekken in de loop van het seizoen. Daartussen zit een scala van tijdpaden, afhankelijk van het gekozen beleidsscenario.

De aan een beleidsscenario gekoppelde termijn dient als een orde van grootte te worden beschouwd gezien de aannames over o.a. de populatieontwikkelingen in de Waddenzee en de Wash, die door veranderende omgevingsfactoren anders kunnen verlopen. Ondanks die onzekerheid, is het beleid nu toch in staat om aan de hand van deze serie van scenario's beheerskeuzes te maken, evalueerbare doelen te stellen en daarin prioriteiten aan te brengen.

Literatuur

Allen, S.G., D.G. Ainley, G.W. Page & C.A. Ribic 1984. The effect of disturbance on harbor seal haul out patterns at Bolinas Lagoon, California. *Fish. Bull.* 82: 493-500.

Arts, B. & J. Rijniens 1986. De invloeden van verstoringen op de zeehondenpopulatie in de Nederlandse Waddenzee. De broedbiologie van de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) in gevangenschap. RIN intern rapport.

Brasseur, S.M.J.M. & P.J.H. Reijnders 1994. Invloeden van diverse verstoringsbronnen op het gedrag en habitatgebruik van gewone zeehonden: consequenties voor de inrichting van het gebied. IBN-rapport 113. 62 p.

Brasseur, S.M.J.M. 1995. Disturbance: Tolerance of harbour seals to human related disturbance sources (English Abstract IBN-rapport 113).

Brasseur, S.M.J.M. & P.J.H. Reijnders 1996. De zeehond terug op z'n bank; een haalbaarheidsstudie voor het Brielse Gat. IBN-rapport 208. 31 p.

Brasseur, S., J. Creuwels, B. van der Werf & P.J.H. Reijnders 1996. Deprivation indicates necessity for haul-out in harbour seals. *Mar. Mamm. Sci.* 12: 619-624.

Da Silva, J. & J.M. Terhune 1988. Harbour seal grouping as an anti-predator strategy. *Anim. Behav.* 36: 1309-1316.

Dietrich, K. & C. Koepff 1986. Erholungsnutzung des Wattenmeeres als Störfactor für Seehunde. *Natur und Landschaft* 61: 290-292.

Engelhard, G. 1996. Impact of disturbance on breeding behaviour and physiology of southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Circumpolar Journal* 1-2 (1996): 65-68.

Frankel, O.H. & M.E. Soulé 1981. *Conservation and Evolution*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

Franklin, I.R. 1980. Evolutionary change in small populations. In: M.E. Soulé (ed.), *Conservation Biology: An evolutionary-ecological perspective*. Sinauer Associates Inc. Sunderland, USA; 135-149.

Kelly, B.P., J.J. Burns & L.T. Quakenbush 1988. Responses of ringed seals (*Phoca hispida*) to noise disturbance. *Fairbanks* 87: 27-38.

Kovacs, K.M. & S. Innes 1990. The impact of tourism on harp seal in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26: 15-26.

- Lawson, J.W. & D. Renouf 1985. Parturition in the atlantic harbor seal, *Phoca vitulina concolor*. *J. Mamm.* 66: 395-398.
- Lidgard, D.C. 1995. The effects of human disturbance on maternal behaviour of grey seals (*Halichoerus grypus*) at Donna Nook, Lincolnshire, UK. *Mar. Mamm. Soc. Conf. Orlando 1995*, p.68 [abstract].
- Mees, J. & P.J.H. Reijnders 1994. The harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Oosterschelde: decline and possibilities for recovery. *Hydrobiologia* 282/283: 547-555.
- Murphy, E.C. & A.A. Hoover 1981. Research study of the reactions of wildlife to boating activity along Kenai Fjords coastline. Report to the National Park Service No. CX-9000-8-0151.
- Reijnders, P.J.H. 1978. Recruitment in the harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 12: 164-179.
- Reijnders, P.J.H. 1982. Threats to the harbour seal population in the Wadden Sea. In: P.J.H. Reijnders & W.J. Wolff (eds), *Marine Mammals of the Wadden Sea*, Balkema, Rotterdam, Netherlands; 38-47.
- Reijnders, P.J.H. 1985. On the extinction of the southern Dutch harbour seal population. *Biol. Conserv.* 31: 75-84.
- Reijnders, P.J.H. 1994. Historical population size of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Delta area, SW Netherlands. *Hydrobiologia* 282/283: 557-560.
- Reijnders, P.J.H., I.M. Traut & E.H. Ries 1990. Verkennend onderzoek naar de mogelijkheden voor het terugzetten van gerevalideerde zeehonden, *Phoca vitulina*, in de Oosterschelde. RIN-rapport 90/10. 36 p.
- Renouf, D., L. Garborko, G. Galway & R. Finlayson 1981. The effect of disturbance on the daily movements of harbour seals and grey seals between the sea and their hauling grounds at Miquelon. *Appl. Anim. Ethology* 7: 373-379.
- Renouf, D. & J.W. Lawson 1986. Harbour seal vigilance: watching for predators or mates? *Biol. Behav.* 11: 44-49.
- Ries, E.H., A.R. Hiby & P.J.H. Reijnders 1998. Maximum likelihood population size estimation of harbour seals in the Dutch Wadden Sea, based on a mark-recapture experiment. *J. Appl. Ecol.* 35: 332-339.
- Ries, E.H. 1999. Population biology and activity patterns of harbour seals (*Phoca vitulina*) in the Wadden Sea. Thesis University of Groningen. 144 p.

- Schneider, D.C. & P.M. Payne 1983. Factors affecting haul-out of harbor seals at a site in southeastern Massachusetts. *J. Mamm.* 64: 518-520.
- Soulé, M.E. 1980. Thresholds for survival: maintaining fitness and evolutionary potential. In: M.E. Soulé & B.A. Wilcox (eds), *Conservation Biology: An evolutionary-ecological perspective*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, USA; 151-169.
- Soulé, M.E. 1986. *Conservation Biology: Science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, USA.
- Soulé, M.E. 1993. *Viable populations for conservation*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Soulé, M.E. & B.A. Wilcox 1980. *Conservation Biology: An evolutionary-ecological perspective*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, USA.
- Suryan, R.M. 1995. The effect of disturbance on recovery, vigilance, and distance of harassment to harbor seals off the northern San Juan Islands, Washington. *Mar. Mamm. Soc. Conference Orlando 1995*; p. 112 (abstract).
- Suryan, R.M. & J.T. Harvey 1999. Variability in reactions of Pacific harbor seals, *Phoca vitulina richardsi*, to disturbance. *Fish. Bull.* 97: 332-339.
- Terhune, J.M. 1985. Scanning behaviour of harbour seals on haulout sites. *J. Mammal.* 66: 392-395.
- Terhune, J.M. & S.W. Brillant 1996. Harbour seal vigilance decreases over time since haul out. *Anim. Behav.* 51: 757-763.
- Thiel, M., G. Nehls, S. Brager & J. Meissner 1992. The impact of boating on the distribution of seals and moulting ducks in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein. *Neth. Inst. Sea Res. Public. Ser. No. 20*: 221-233.
- Thompson, D.M., Sjøberg, E.B. Bryant, P. Lovell & A. Bjørge 1998. Behavioural and physiological responses of Harbour and Grey seals to seismic surveys. *The World Marine Mammal Science Conference, Monaco, 20-24 Jan. 1998* (abstract).
- Thompson, P.M. 1989. Seasonal changes in the distribution and composition of common seal (*Phoca vitulina*) haul-out groups. *J. Zool. (Lond.)* 217: 281-294.
- Thompson, P.M., G.J. Pierce, J.R.G. Hislop, D. Miller & J.S.W. Diack 1991. Winter foraging by Common Seals (*Phoca vitulina*) in relation to food availability in the inner Moray Firth, N.E. Scotland. *J. Anim. Ecol.* 60: 283-294.
- Thompson, P.M. 1993. Harbour seal movement patterns. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 66: 225-239.

Thompson, P.M., K.M. Kovacs & B.J. McConnell 1994a. Natal dispersal of harbour seals (*Phoca vitulina*) from breeding sites in Orkney, Scotland. *J. Zool. (Lond.)* 234: 668-673.

Thompson, P.M., D. Miller, R.D. Cooper & P.S. Hammond 1994b. Changes in the distribution and activity of female harbour seals during the breeding season: implications for their lactation strategy and mating patterns. *J. Anim. Ecol.* 63: 24-30.

Werner, M.H.J., S.M.J.M. Brasseur, E.H. Ries & P.J.H. Reijnders 1995. Habitatgebruik, activiteitspatroon en gedrag van teruggezette, gerevalideerde gewone zeehonden in de Oosterschelde: winterperiode 1993/1994. IBN-rapport 180. 70 p.

Wilson, S. 1995. The effects of human disturbance of seals in Country Down. Interim report to the DOE(NI) Environment Service Commonwealth House, 35 Castel Street, Belfast.

Witte, R.H., R.C.W. Strucker, C.M. Berrevoets & P.L. Meininger 1998a. Watervogels en zeezoogdieren in de Voordelta 1997/1998. Rapport RIKZ-98.033.

Witte, R.H., P.A. Wolf, H. Zandstra & H.J.M. Baptist 1998b. Zeehonden in de Delta. Rapport RIKZ-98.010.

Aanhangsel 1 Listing van het model

(* Model for the development of a seals population *)

Environment

EndValue = 50 (* YEARS *)

Declaration

Measurements

(* m[Temp] = ReadData('Seal_temp.geg','Time','Temp',0,365)
m[Seal_Wad] = ReadData('Seal_Wad.geg','Time','Seal_Wad',0,365)
m[Seal_Wash] = ReadData('Seal_Wash.geg','Time','Seal_Wash',0,365)*)

Constants

c[mAM] = 0.10 ! mortality of male adults
c[mAF] = 0.07 ! mortality of female adults
c[mJM] = 0.10 ! mortality of male juveniles
c[mJF] = 0.07 ! mortality of female juveniles
c[mPM] = 0.30 ! mortality of male pups
c[mPF] = 0.30 ! mortality of female pups
c[mPMafter] = 0.10 ! mortality of male pups after first months
c[mPFafter] = 0.10 ! mortality of female pups after first months
c[YearAd] = 4.0 ! first year a seal can reproduce

c[FrPupSeen] = 0.72 ! fraction of pups seen during countings
c[FrPopSeen] = 0.68 ! fraction of pop seen during countings

(*****)

(* Note that pop == adults + juveniles*)

(* plus pups after 2 months *)

(*****)

c[repr] = 0.4 ! yearly breeding fraction of adult
females

c[Activ] = 0.64 ! fraction of population not in Voordelta

c[pPupM] = 0.5 ! fraction of pups that is male

(* later on, more classes are to be distinguished. And, the *)

(* animals that are counted as adults, can differ from the *)

(* breeding ones *)

| | | |
|--------------|-----------|---|
| c[nAMO] | = 5 | ! start value male adults |
| c[nAFO] | = 5 | ! start value female adults |
| c[nJMO] | = 5 | ! start value male juveniles |
| c[nJFO] | = 5 | ! start value female juveniles |
| c[nPM] | = 1 | ! start value male pups |
| c[nPFO] | = 1 | ! start value female pups |
| | | |
| c[JuvToAd] | = 0.33 | ! fraction of juveniles changing to adults |
| | | |
| c[Wash0] | = 1580 | ! start value WASH |
| c[WadWes0] | = 150 | ! start value western Wadden Sea |
| c[WadEas0] | = 750 | ! start value eastern Wadden Sea |
| c[WashMax] | = 7000 | ! Maximum number for WASH |
| c[WWSMax] | = 1400 | ! Maximum number for western Wadden Sea |
| c[EWSMax] | = 5600 | ! Maximum number for eastern Wadden Sea |
| | | |
| c[WashRep] | = 0.07 | ! Yearly Wash population increase |
| c[WadWesRep] | = 0.15 | ! Yearly western WadSea population increase |
| c[WadEasRep] | = 0.15 | ! yearly eastern WadSea population increase |
| | | |
| c[WashImm] | = 0.002 | ! fract immigration WASH pups into the Delta Area |
| c[WadWImm] | = 0.130 | ! fract immigration WesWad pups into the Delta Area |
| c[WadEImm] | = 0.003 | ! fract immigration EasWad pups into the Delta Area |
| | | |
| c[OutFlux] | = 0.050 | ! fract outflux of 1+ seals |
| c[OutFlP] | = 0.140 | ! fract of pups extra leaving the area |
| | | |
| c[FrPupWWS] | = 0.2 | ! fraction of WWS popul that's pup |
| c[FrPupEWS] | = 0.2 | ! fraction of EWS popul that's pup |
| c[FrPupWash] | = 0.2 | ! fraction of Wash popul that's pup |
| | | |
| Zero state | | |
| s[Time] | = 0 | (* start time *) |
| s[nAM] | = c[nAMO] | (* start value male adults *) |
| s[nAF] | = c[nAFO] | (* start value female adults *) |
| s[nJM] | = c[nJMO] | (* start value male juveniles *) |
| s[nJF] | = c[nJFO] | (* start value female juveniles *) |
| s[nPM] | = c[nPMO] | (* start value male pups *) |

$s[nPF] = c[nPFO]$ (* start value female pups *)
 $s[Wash] = c[Wash0]$ (* start value WASH *)
 $s[WadWes] = c[WadWes0]$ (* start value western Wadden Sea*)
 $s[WadEas] = c[WadEas0]$ (* start value eastern Wadden Sea*)

Model

(*****)

(* Note. For simplicity it is assumed that the fraction males:females *)

(* is the same for all the three populations (Wash, *)

(* Wadden Sea (east, west) *)

(*****)

$a[pups] = s[nPM] + s[nPF]$ (* sum of pups *)

$a[juven] = s[nJM] + s[nJF]$ (* sum of juveniles *)

$a[adult] = s[nAM] + s[nAF]$ (* sum of adults *)

$a[popul] = a[pups] + a[juven] + a[adult]$ (* total population *)

$a[rep_Act] = c[repr] * c[Activ]$ (* active breeding females*)

$a[PMborn] = a[rep_Act] * c[pPupM] * s[NAF]$ (* male pups born *)

$a[PFborn] = a[rep_Act] * (1 - c[pPupM]) * s[NAF]$ (* female pups born *)

$a[PMmort] = a[PMborn] * c[mPM]$ (* male pups died *)

$a[PFmort] = a[PFborn] * c[mPF]$ (* female pups died *)

$a[PupsCount] = +(a[PMborn] - a[PMmort] + a[PFborn] - a[PFmort]) * c[FrPupSeen]$

$a[PopCount] = (s[nJM] + s[nJF] + a[PFborn] - a[PFmort] +$
 $+ a[PMborn] - a[PMmort] + s[nAM] + s[nAF]) * c[FrPopSeen]$

(*****)

(* since pups stay only one year, their disappearance rate *)

(* constant is one per year -note that the integration step is 1 year-*)

(*****)

(* Note also that pup mortality is not a fraction per year, but the *)

(* fraction of pups that dies soon after birth. From that time till the *)

(* next year, juvenile mortality is relevant. *)

(*****)

$d[nPM] = -s[nPM] + a[PMborn] - a[PMmort]$ (* change nr male pups *)

$d[nPF] = -s[nPF] + a[PFborn] - a[PFmort]$ (* change nr female pups *)

$$a[\text{pupsY}] = a[\text{PMborn}] - a[\text{PMmort}] + a[\text{PFborn}] - a[\text{PFmort}]$$

(* nr of pups in a year*)

$$a[\text{pupsWWS}] = c[\text{FrPupWWS}] * s[\text{WadWes}] \quad (* \text{ pups in WWS}*)$$

$$a[\text{pupsEWS}] = c[\text{FrPupEWS}] * s[\text{WadEas}] \quad (* \text{ pups in EWS}*)$$

$$a[\text{pupsWash}] = c[\text{FrPupWash}] * s[\text{Wash}] \quad (* \text{ pups in Wash}*)$$

(*****
 (* From the assumed number of pups (computed as a fraction of the *)
 (* total population in Wash and WadSea -east, WadSea-west) a part immigrates *)
 (* into the Delta population. These animals leave as pups, but arrive *)
 (* in the Delta as juveniles (in the model) *)
 (*****)

$$a[\text{pWWSimm}] = c[\text{WadWImm}] * a[\text{pupsWWS}] \quad (* \text{ WWS pups to Delta Area} *)$$

$$a[\text{pEWSimm}] = c[\text{WadEImm}] * a[\text{pupsEWS}] \quad (* \text{ EWS pups to Delta Area} *)$$

$$a[\text{pWashimm}] = c[\text{WashImm}] * a[\text{pupsWash}] \quad (* \text{ Wash pups to Delta Area} *)$$

$$a[\text{outMalP}] = c[\text{OutfIP}] * s[\text{nPM}] \quad (* \text{ outflux of male pups}*)$$

$$a[\text{outFemP}] = c[\text{OutfIP}] * s[\text{nPF}] \quad (* \text{ outflux of female pups}*)$$

$$a[\text{import}] = a[\text{pWWSimm}] + a[\text{pEWSimm}] + a[\text{pWashimm}] \quad (* \text{ total import} *)$$

$$a[\text{export}] = a[\text{outMalP}] + a[\text{outFemP}] \quad (* \text{ total export} *)$$

$$a[\text{FractMale}] = s[\text{nPM}] / (s[\text{nPM}] + s[\text{nPF}]) \quad (* \text{ fraction that's male}*)$$

(*****
 (* it is assumed here that juveniles stay *)
 (* juveniles for three years. So their disappearance rate *)
 (* constant is 0.33 per year -note that the integration step is 1 year -*)
 (* Also, the outflux (emigration) is relatively equal for both sexes *)
 (* Besides the outflux of juveniles, there is also an extra outflux *)
 (* of weaned pups. Note that there already is a juvenile outflux *)
 (* during the first year (between pup- and juvenile phase). So, this *)
 (* outflux (following c[OutfIP]) simply is added to the d[nJM] *)
 (* and d[nJF] *)
 (*****)

$$a[\text{outMalJ}] = c[\text{Outflux}] * s[\text{nJM}] \quad (* \text{ outflux of male juvs}*)$$

$$a[\text{outFemJ}] = c[\text{Outflux}] * s[\text{nJF}] \quad (* \text{ outflux of female juvs}*)$$

$$\begin{aligned}
a[\text{JMplus}] &= s[\text{nPM}] * (1.0 - c[\text{mPMAfter}]) - a[\text{outMalJ}] + \\
&\quad + a[\text{import}] * (1.0 - c[\text{mPMAfter}]) * a[\text{FractMale}] + \\
&\quad - a[\text{outMalP}] \quad (* \text{ male juvenil plus } *) \\
a[\text{JFplus}] &= s[\text{nPF}] * (1.0 - c[\text{mPFAfter}]) - a[\text{outFemJ}] + \\
&\quad + a[\text{import}] * (1.0 - c[\text{mPFAfter}]) * (1.0 - a[\text{FractMale}]) + \\
&\quad - a[\text{outFemP}] \quad (* \text{ female juvenil plus } *)
\end{aligned}$$

(*****)
(* Juveniles become adults after three years. That implies that about *)
(* 1/3 of the juveniles leave the group each year. Since part of *)
(* the juveniles die between their first and third year, this part *)
(* must be slightly lower. *)

$$\begin{aligned}
a[\text{JMmin}] &= s[\text{nJM}] * c[\text{JuvToAd}] \quad (* \text{ male juvenil min } *) \\
a[\text{JFmin}] &= s[\text{nJF}] * c[\text{JuvToAd}] \quad (* \text{ female juvenil min } *) \\
a[\text{JMMort}] &= s[\text{nJM}] * c[\text{mJM}] \quad (* \text{ mortality juv male } *) \\
a[\text{JFMort}] &= s[\text{nJF}] * c[\text{mJF}] \quad (* \text{ mortality juv female } *)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d[\text{nJM}] &= a[\text{JMplus}] - a[\text{JMmin}] - a[\text{JMMort}] \quad (* \text{ male increase } *) \\
d[\text{nJF}] &= a[\text{JFplus}] - a[\text{JFmin}] - a[\text{JFMort}] \quad (* \text{ female increase } *)
\end{aligned}$$

(*****)
(* adults can live for many years. Their yearly mortality is the *)
(* only reason for their dissappearance. *)

$$\begin{aligned}
a[\text{outMalA}] &= c[\text{Outflux}] * s[\text{nAM}] \quad (* \text{ outflux of male adults } *) \\
a[\text{outFemA}] &= c[\text{Outflux}] * s[\text{nAF}] \quad (* \text{ outflux of fema adults } *)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a[\text{AMplus}] &= a[\text{JMmin}] * (1 - c[\text{mJM}]) \quad (* \text{ male adult plus } *) \\
a[\text{AFplus}] &= a[\text{JFmin}] * (1 - c[\text{mJF}]) \quad (* \text{ female adult plus } *)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a[\text{AMmin}] &= s[\text{nAM}] * c[\text{mAM}] + a[\text{outMalA}] \quad (* \text{ male mortal + exp } *) \\
a[\text{AFmin}] &= s[\text{nAF}] * c[\text{mAF}] + a[\text{outFemA}] \quad (* \text{ female adult + exp } *)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d[\text{nAM}] &= a[\text{AMplus}] - a[\text{AMmin}] \quad (* \text{ male increase } *) \\
d[\text{nAF}] &= a[\text{AFplus}] - a[\text{AFmin}] \quad (* \text{ female increase } *)
\end{aligned}$$

(*****)
(* Population calculations for Wadden Sea (east, west) and Wash. Note *)
(* that there is a maximum population size assumed through the use *)

(* of the second order term (<0) in the differential equation *)
 (*****)

$$\begin{aligned}
 a[C2WWS] &= c[WadWesRep] / c[WWSMax] \\
 a[C2EWS] &= c[WadEasRep] / c[EWSMax] \\
 a[C2Wash] &= c[WashRep] / c[WashMax] \\
 \\
 d[WadWes] &= (c[WadWesRep] - a[C2WWS] * s[WadWes]) * s[WadWes] \\
 &\quad (* \text{ increase rate WWS } *) \\
 d[WadEas] &= (c[WadEasRep] - a[C2EWS] * s[WadEas]) * s[WadEas] \\
 &\quad (* \text{ increase rate EWS } *) \\
 d[Wash] &= (c[WashRep] - a[C2Wash] * s[Wash]) * s[Wash] \\
 &\quad (* \text{ increase rate Wash } *)
 \end{aligned}$$