

# Effecten van vlieg oefeningen op de Vliehors: Kansen voor een planningsinstrument om de verstoring van vogels te minimaliseren

Willem Bouten  
Bruno Ens



FACULTY OF SCIENCE  
INSTITUTE FOR BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM DYNAMICS



Foto omslag: Harvey van Dieck: <http://www.harveyvandiek.nl/>

# Effecten van vlieg oefeningen op de Vliehors: Kansen voor een planningsinstrument om de verstoring van vogels te minimaliseren

Willem Bouten  
Bruno Ens

IBED-rapport in opdracht van Defensie (Henkens, 2004)

SOVON-onderzoeksrapport 2006/08

Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica  
Universiteit van Amsterdam  
Kruislaan 318  
1098 SM Amsterdam



# Inhoudsopgave

	Blz
1. Voorwoord	3
2. Samenvatting	5
3. Aanleiding	7
4. Het waddensysteem	9
4.1 Het getijdensysteem	9
4.2 Vogels in de Waddenzee	11
4.3 Energiebudgetten	12
4.4 Effecten van verstoring	14
5. Karakterisering van het model	17
6. Beschikbare kennis in Nederland	19
6.1 Meten en modelleren van getijdenwerking	19
6.2 Aan- en afwezigheid van soorten	21
6.3 Verspreiding in ruimte en tijd	21
6.4 Energiebudgetten	22
6.5 Effecten van verstoring	22
7. Ontbrekende kennisaspecten	23
8. Gebruiksmogelijkheden van het planningsinstrument	25
9. Geraadpleegde literatuur	26
Appendix: Karakterisering onderzoeksgroepen	31



# 1. Voorwoord

In opdracht van defensie heeft Alterra een onderzoek uitgevoerd naar de te verwachten ecologische effecten van militaire oefeningen op de natuurwaarden op en rond de Vliehors. In aanvulling hierop heeft het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica van de Universiteit van Amsterdam geïnventariseerd wat de mogelijkheden zijn om een planningsinstrument te ontwikkelen dat gebruikt zou kunnen worden om militaire oefeningen te plannen op een manier dat eventuele schade aan natuurwaarden zoveel mogelijk beperkt wordt. Het ging hierbij om het in kaart brengen van de in Nederland beschikbare kennis en het inschatten of deze voldoende is om een dergelijk instrument te ontwikkelen.

In dit rapport zijn doublures met het Alterra rapport vermeden tenzij dit ten koste van de leesbaarheid van dit rapport zou gaan. In dit rapport wordt daarom geen aandacht besteed aan de effecten van de militaire oefeningen op de aanwezigheid van broedvogels maar gaat het met name om de invloed van oefeningen op het gedrag van vogels, de invloed daarvan op hun energiebudgetten en uiteindelijk op de fitness.

Ten behoeve van deze inventarisatie zijn er veel gesprekken gevoerd met deskundigen die hun kennis met mij gedeeld hebben en mij van informatie hebben voorzien in de vorm van anekdotes, ongepubliceerde gegevens, rapporten, artikelen en proefschriften. Uit al deze indrukken samen heb ik dit rapport geschreven. Bij alles wat ik nu opschrijf kan ik onmogelijk meer achterhalen wie wat precies op welke manier heeft gezegd of wat ik waar heb gelezen om een totaal beeld te kunnen vormen. Ik wil daarom iedereen bedanken die op welke manier dan ook hieraan heeft bijgedragen. In alfabetische volgorde waren dit:

Silke Bauer (NIOO), Arnoud Belsma (WLDelft), Luit Buurma (Koninklijke Luchtmacht), Bruno Ens (Alterra), Ruud Foppen (SOVON), Marcel Kersten, Herman Mulder (RIKZ), Albert Oost (RIKZ), Theunis Piersma (NIOZ, RUG), Cees Rappoldt (Alterra), Henk Sierdsema (SOVON), Cor Smit (Alterra), Martin Verlaan (RIKZ) en Erik van Winden (SOVON).

Studente Anja Bos heeft ondersteunend werk verricht.

Bij de rapportage heb ik samengewerkt met Bruno Ens van SOVON, Vogelonderzoek Nederland

Willem Bouten



*Vlieland met op de voorgrond nog net een stuk van de zandplaat de Vliehors zichtbaar en op de achtergrond de Richel en Terschelling*





## 2. Samenvatting

De Waddenzee is een van de belangrijkste getijdengebieden ter wereld. Het is een uniek natuurgebied dat een zeer belangrijke functie vervult als broedgebied en foerageergebied. Hoewel getracht wordt om de antropogene beïnvloeding zo veel mogelijk vermijden, staan de vogels in de Waddenzee bloot aan menselijke activiteiten zoals recreatie, visserij en schietoefeningen van de Koninklijke Luchtmacht bij de Vliehors. De Vliehors is een zeer grote kale zandvlakte met aansluitend een buitendijkse hoge vluchtplaats (HVP), de Kroon's Polder. Veel vogels trekken zich daar terug tijdens hoog tij en met name tijdens springtij.

In dit rapport wordt beschreven wat er globaal moet gebeuren om een Planningsinstrument voor Militaire Oefeningen (PMO) te ontwikkelen. Dit zou dan door defensie gebruikt kunnen worden ter ondersteuning van de planning van oefeningen om zo rekening te kunnen houden met de verwachte mate van verstoring van vogels. Voor het ontwerp van het PMO is geïnventariseerd welke kennis in Nederland aanwezig is omtrent de getijdenwerking in de Waddenzee, de temporele en ruimtelijke verspreiding van vogels in de Waddenzee, de energiebudgetten van deze vogels, en de effecten van verstoring.

Het voorgestelde PMO is een computermodel waarin de beschikbare kennis wordt samengevoegd. Het beschrijft de lichaamsreserves en de stress index van verschillende vogelsoorten als functie van tijd en ruimte. De lichaamsreserves veranderen in de tijd doordat een vogel eet en energie verbruikt voor het metabolisme en om op temperatuur te blijven, voor het foerageren zelf en voor het vliegen bij eventuele verstoring. Er zijn veel gegevens beschikbaar om dit model te kunnen ontwikkelen, met name van de getijden, van het gedrag van de Scholekster en de Kanoet en van de voedselbeschikbaarheid. Er bestaan reeds goede modellen van getijdenwerking, van de verspreiding van vogels op Vlieland en van vogeltrek. De belangrijkste uitdaging van het modelleren in dit geval is om de beschikbare kennis samen te voegen tot één geheel waarbij een balans gevonden moet worden tussen de mate van detail enerzijds en de doelstellingen anderzijds. Het gaat hierbij om het uitbreiden van bestaande concepten en modellen en het integreren van de aangepaste modellen. Daarnaast dienen er aanvullende gegevens verzameld te worden om de modelparameters van specifieke vogelsoorten in het model te kunnen invoeren en dienen er gegevens verzameld te worden omtrent de voedselbeschikbaarheid voor vogels die geen schelpdieren eten. Na realisatie van het model dient er een uitvoerige toetsing en betrouwbaarheidsanalyse uitgevoerd te worden.

Naar verwachting is het voorgestelde PMO geschikt om de algehele conditie en stress index van een aantal vogelsoorten te voorspellen op lange termijn (maanden) waarbij géén rekening wordt gehouden met de specifieke weersomstandigheden. Het is tevens mogelijk om te voorspellen op de korte termijn (dagen) waarbij wél rekening gehouden kan worden met de (door KNMI voorspelde) weersomstandigheden.

Met het voorgestelde PMO kunnen scenario analyses uitgevoerd worden. Dit wil zeggen dat het mogelijk is om verschillende oefenschema's naast elkaar door te rekenen zodat de effecten van de te maken keuzes onderling vergeleken kunnen worden.



### 3. De aanleiding

De Waddenzee strekt zich uit van zuidwest Denemarken tot Den Helder. Het is een van de belangrijkste getijdengebieden ter wereld. Het is een uniek natuurgebied en vervult een zeer belangrijke functie als broedgebied maar ook als foerageergebied voor doortrekkende watervogels (van de Kam *et al.* 1999).

Het belang van de Waddenzee voor vogels wordt onderkend in diverse internationale verdragen en de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn. In principe wil men de Waddenzee behouden als een zo natuurlijk mogelijk ecosysteem waar natuurlijke processen zich kunnen voltrekken zonder menselijke interventie. Om die reden wordt de antropogene beïnvloeding zo veel mogelijk vermeden. Ondanks deze maatregelen staan vogels in de gehele Waddenzee bloot aan de druk van menselijke activiteiten (Essink *et al.* 2005). Door het gehele Waddengebied heen gaat het hierbij voornamelijk om recreatieve activiteiten, schelpdiervisserij en garnalenvisserij. Bij Denemarken wordt er echter ook gejaagd, op de Duitse waddeneilanden is er civiele luchtvaart en op Vlieland spelen de oefenactiviteiten van de Koninklijke Luchtmacht bij de Vliehors ook een rol. Ook is er lokaal bodemdaling door winning van gas en zout en zijn er baggerwerkzaamheden. Naar verwachting zal de antropogene invloed van recreatie en mogelijk ook windmolenparken in de toekomst steeds verder toenemen.

De Vliehors is een haast onafzienbare kale zandvlakte. De zandplaat ligt te laag voor permanente begroeiing en jonge duinen kunnen bij hoog water wegspoelen. Aan de westkant van de zandplaat broeden hier en daar strandplevieren of een enkele dwergster. De Vliehors loopt bij hoog water vrijwel helemaal onder. Aan de Zuidoostkant van de Vliehors en vlak ten oosten van de schietrange liggen de Kroon's polders en ten zuiden daarvan een hoogwatervluchtplaats (Figuur 1). Bij laagwater foerageren de meeste vogels op het wad. Bij hoog water trekken ze zich terug op de hoger gelegen delen. Veel vogels, zoals bijvoorbeeld de scholekster, geven de voorkeur aan de buitendijkse HVP, waar wordt overtijd op kwelders en kale zandplaten (Koffijberg *et al.* 2003). Bij extreem hoog water wijken ook deze vogels uit naar de binnendijkse polders.

De Vliehors wordt in toenemende mate gebruikt door de mens. Behalve dat het dient als oefenterrein van Defensie worden er excursies georganiseerd met de Vliehors-express en zijn activiteiten zoals het maken van kampvuren en crossen met motoren toegenomen.



Figuur 1. Vlieland met aan de westkant (boven) de zandplaat van de Vliehors en aan de zuidkant (links) de wadplaten en het geulensysteem.

De luchtmacht oefent op werkdagen op een groot gedeelte van de Vliehors (Figuur 2). De KLu-schietrange wordt gebruikt voor het schieten met boordwapens en raketten en het afwerpen van bommen (uitsluitend tussen 15 september en 1 maart).

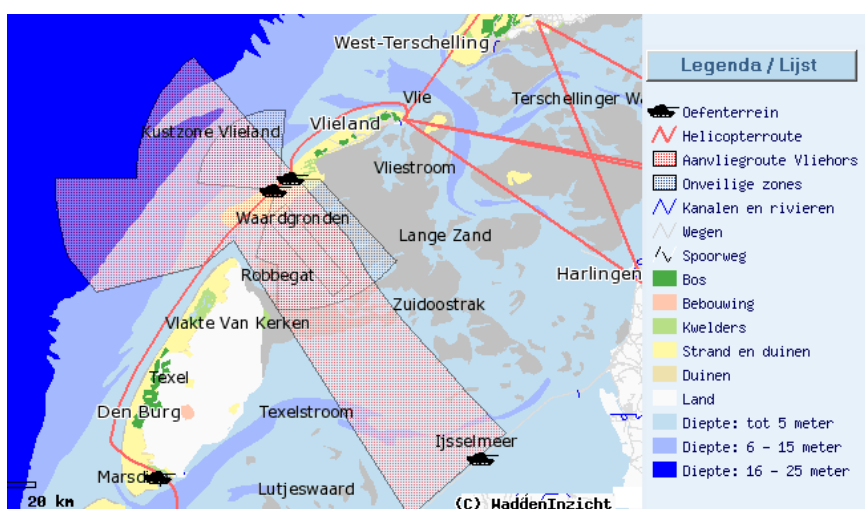
Twee à drie keer per jaar is er een oefening in NAVO-verband. Dagen met 40 tot 45 vliegtuigen per dag zijn drukke dagen. De oefeningen spelen zich meestal af bij daglicht.

In het weekend wordt er niet geoefend en is de Vliehors open voor recreatie.

Het Ministerie van Defensie wil in het kader van een actualisatie van de milieuvergunning meer inzicht krijgen in de aantoonbare effecten van de schietoefeningen op de natuurwaarden van Vlieland en de Waddenzee. In een project, dat door Alterra wordt uitgevoerd, worden de effecten op natuurwaarden en juridische implicaties bekeken. Hierbij gaat het met name om effecten in relatie tot de Vogel- en habitatrichtlijn, de Flora- en faunawet, de Natuurbeschermingswet en de ruimtelijke ordening.

Defensie wil tegelijkertijd ook meer inzicht krijgen in de aanwezigheid en de ruimtelijke verspreiding van vogels rond de Vliehors, het gedrag en reactie op de militaire activiteiten en de mogelijkheden om bij het plannen van schietoefeningen rekening te kunnen houden met de verwachte mate van verstoring van vogels. Daarom heeft zij IBED van de Universiteit van Amsterdam gevraagd om te inventariseren of het mogelijk is om op basis van bestaande kennis een computermodel te ontwikkelen dat als planningsinstrument ingezet kan worden bij militaire oefeningen. Hierbij zou ook zo nauwkeurig mogelijk moeten worden aangegeven welke de ontbrekende kennis is om een dergelijk instrument te kunnen ontwikkelen en op betrouwbare wijze in te kunnen zetten.

Het doel van deze inventarisatie is om in kaart te brengen wat de mogelijkheden en beperkingen zijn met betrekking tot de ontwikkeling van een dynamisch ruimtelijk expliciet computer simulatie model dat de aan het getij gerelateerde vogelbewegingen rond de Vliehors beschrijft en de effecten van de verstoring daarvan door oefeningen van de KLu. Dit model zou gebruikt kunnen worden als Planningsinstrument voor Militaire Oefeningen (PMO) voor het selecteren van oefenperioden die zo min mogelijk verstoring teweeg brengen.



Figuur 2. Het westelijk waddengebied met de aanvliegeroute naar de Vliehors.

## 4. het Waddensysteem

De Waddenzee betreft het gebied van bijna 10.000 km<sup>2</sup> dat zich uitstrekt van Esbjerg in zuid-west Denemarken tot Den Helder en van de strook waddeneilanden tot het vaste land. Tussen de eilanden en de kust liggen de wadplaten, zand en slikplaten die bij laagwater droogvallen en met hoogwater onderlopen. De Waddenzee grenst aan veel ingepolderde zeekleigebieden op het vasteland. Het waddensysteem zelf is een zeer dynamisch systeem waarin water en slib door getijdenwerking twee maal per dag door geulen wordt aangevoerd of weer wordt afgevoerd. Zand en slib sedimenteren wanneer de stroomsnelheid van het water afneemt. Aangezien de hoogste stroomsnelheden voorkomen bij diep water, zijn er zandiger bodems bij de laagwaterlijn en slikkiger bodems bij de hoogwaterlijn, vooral in beschutte delen van het waddengebied. Slikkige bodem vallen dus vaker droog en bevatten meer voedsel voor bodemdieren. Bodems met fijne slibdeeltjes hebben echter ook kleine poriën die het water bij eb vasthouden. Daardoor kan de zuurstof niet of nauwelijks in de deze bodems doordringen. Deze gradiënten veroorzaken een differentiatie in de samenstelling van het bodemleven en daarmee in de voedselsamenstelling voor de diverse vogelsoorten (van de Kam, Ens, et al. 1999). Het wad is zeer rijk aan voedsel. Op wadplaten komen vlak onder het gemiddeld zeeniveau hoeveelheden voor tot bijna 100 gr droog vlees per m<sup>2</sup> bodemoppervlak.

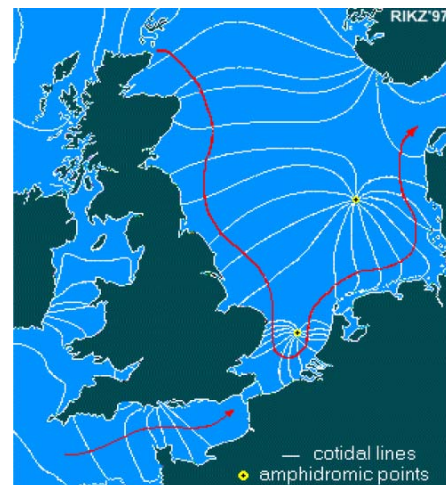


### 4.1 Het getijdensysteem

De aantrekkingskracht tussen hemellichamen is er verantwoordelijk voor dat de maan en de aarde (en de aarde en de zon) in een ellipsvormige baan om elkaar bewegen. Als gevolg van deze beweging is er sprake van een centrifugale kracht die naar buiten is gericht, gerekend vanuit het zwaartepunt van het systeem aarde-maan. Deze kracht is gedeeltelijk in balans met de aantrekkingskracht van de maan die het sterkst is aan de kant van de aarde die naar de maan gekeerd is. De aantrekkingskracht van de aarde op het water zorgt ervoor dat het water niet wegvloeit naar de maan. Als de aarde één keer

rondraait rond zijn eigen as ten opzichte van de maan, komt er twee maal daags hoog water voor. Vanaf de aarde gezien ontstaat het ene hoogwater als het punt het dichtst bij de maan staat en dus de aantrekking het grootst is. Het andere ontstaat als het punt het verst van de maan verwijderd is en de centrifugale kracht de overhand heeft. Op dezelfde manier speelt ook de aantrekking door de zon een rol. Als zon, maan en aarde in elkaars verlengde staan, bundelen ze hun krachten en hebben ze meer invloed op het water op aarde. Dit heeft tot gevolg dat de hoogwaters hoger zijn en de laagwaters lager. We spreken dan van springtij bij nieuwe maan en volle maan. Omgekeerd werken de krachten elkaar tegen als de lijn tussen de maan en de aarde en die van de zon en de aarde loodrecht op elkaar staan. De hoogwaters en laagwaters zijn dan minder extreem en we spreken dan van doottij. Het getij dat berekend kan worden uit de massa van de aarde, de maan en de zon en de draaiende bewegingen noemen we het *evenwichtstij*. Maar om hoog- en laagwater tot stand te laten komen, moet er wel water verplaatst worden. De bovenstaande beschrijving gaat niet helemaal op doordat het water zich niet vrij over het oppervlak van de aarde kan bewegen. Continenten hinderen de stroming en de getijgolf wordt afgeremd, vooral waar de zeebodem minder diep is. Alleen in de buurt van de Zuidelijke IJsee, tussen 55 en 65 graden zuiderbreedte bestaat er een strook waar water niet gehinderd wordt door continenten en waar de getijgolf zich ongehinderd kan ontwikkelen en daar ligt de oorsprong van de getijbeweging. Deze getijgolf beweegt zich door de oceanen naar het noorden en wordt daarbij vervormd door de ligging van continenten, de diepte van de zeebodem en de draaiing van de aarde. Pas na twee etmalen komt de getijgolf aan in de Noordelijke IJsee. Het getij waarbij rekening gehouden wordt met deze vertragingen noemen we het *astronomisch getij*.

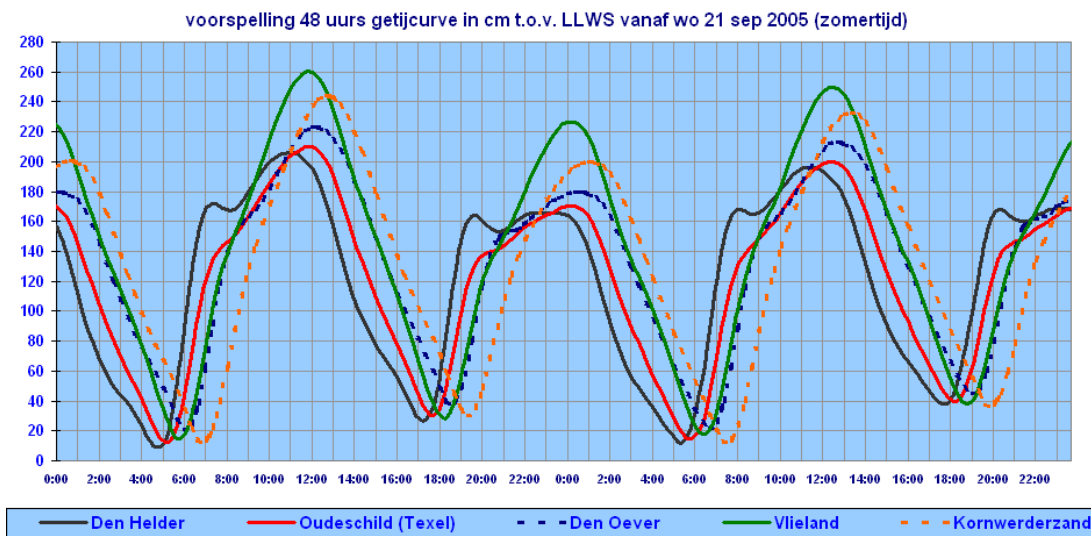
Op de lokale schaal is het nog ingewikkelder. De getijgolf vanuit de Atlantische Oceaan komt vanuit twee kanten bij de Noordzee aan. Enerzijds de getijgolf die om Schotland heen stroomt. Anderzijds een golf vanuit het zuiden die sterk gedenkt is door het Kanaal. Doordat golven die uit fase lopen met elkaar botsen, ontstaan er punten waar het getij als het ware omheen draait (Figuur 3). Op deze punten, de amfidromieën, is de getijdenbeweging sterk gedempt. Dicht bij amfidrome punten heeft de getijdencurve geen mooie sinusoidale vorm maar heeft duidelijk meer harmonische componenten. Zo vertoont het verloop bij Den Helder bij vloed een dubbel maximum. Hetzelfde verschijnsel doet zich voor in de Nederlandse Waddenzee. De golf beweegt zich buiten de Waddeneilanden van west naar oost voort met een snelheid van ongeveer 15 meter per seconde. Binnen het waddengebied wordt de snelheid door het ondiepe water afgeremd en bereikt een snelheid van gemiddeld  $5 \text{ ms}^{-1}$ . Hierdoor buigt de golf als het ware om het eiland heen en botst vervolgens tegen de golf die via de eerdere inlaat binnendoor gekomen is. Dit zijn de punten waar de stroomsnelheid laag is en waar door de sedimentatie van zand en slib de wadplaten gevormd worden en waar zich een soort waterscheiding vormt. De getijdenwerking en de aan- en afvoer van zand en slib heeft tot gevolg dat het waddengebied een zeer dynamisch systeem is met sterk vertakte kreken en veranderende wadplaten. De getijdengolf die binnenkomt via de zeegaten zet



Figuur 3. *Amfidromieën op de Noordzee*

zich in het waddengebied voort via het krekensel en even later ook de ondergelopen platen. Doordat de platen altijd naijlen is de getijdengolf in de waddenzee asymmetrisch (Figuur 4)

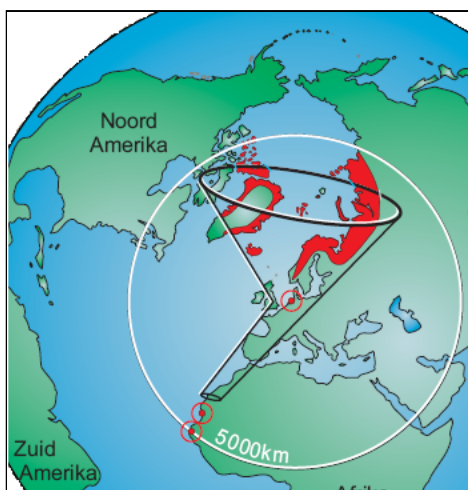
De tijd dat de wadplaten droog liggen bepaalt hoe lang de vogels naar voedsel kunnen zoeken. Deze tijdsduur wordt bepaald door de hoogteligging van de wadplaat t.o.v NAP en de eerder beschreven getijdenbeweging en door de wind. In de Waddenzee zorgt harde wind uit het noordwesten voor verhoging van het waterniveau zodat zelfs bij laagwater het wad niet droogvalt. Omgekeerd zorgt harde oostenwind juist voor verlaging.



Figuur 4. De getijden voorspelling zoals berekend op basis van het astronomisch getij bij gemiddelde weersomstandigheden en waterstromingen ([www.getij.nl](http://www.getij.nl))

## 4.2 Vogels in de Waddenzee

De Waddenzee is een van de belangrijkste “wetlands” in de wereld (van de Kam *et al.* 1999). Watervogels die in de uitgestrekte arctische gebieden broeden in Eurazië en ook in Canada en Groenland trekken via Noord-West Europa langs de zogenaamde “East Atlantic Flyway” naar Afrika om daar te overwinteren. De Waddenzee is als het ware de flessenhals waar al deze vogels doorheen vliegen (zie Figuur 5).



Figuur 5. De Waddenzee als onvervangbare schakel tussen de broedgebieden van arctische steltlopers en hun overwinteringgebieden in Afrika. Overgenomen uit (van de Kam *et al.* 1999)

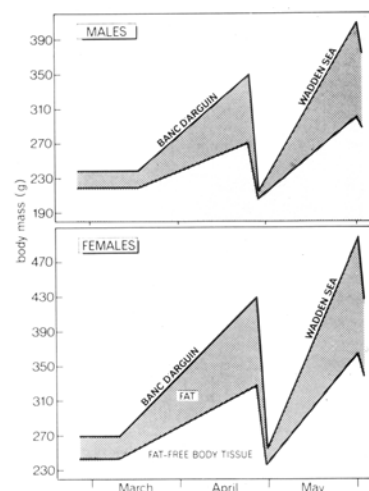
Onderweg gebruiken de meeste van hen het Waddengebied om opnieuw op krachten te komen en soms ook te ruïen voordat ze verder vliegen. Twee keer per jaar trekken er zo'n 7 miljoen steltlopers voorbij zoals scholeksters, bonte strandloper, kanoetstrandloper, krombekstrandloper, rosse grutto, tureluur, wulpen en twee miljoen eenden en ganzen. Sommige vogels trekken niet helemaal naar het zuiden en kunnen in het Waddengebied overwinteren zoals bijvoorbeeld de scholekster en de wulp. Er zijn ook vogelsoorten die juist in het Waddengebied broeden zoals kluut, lepelaar en verschillende soorten meeuwen. De soorten kunnen goed naast elkaar leven omdat ze veelal verschillende voedselbronnen gebruiken of in verschillende tijden van het jaar van het Waddengebied gebruik maken. De verschillende soorten hebben heel verschillende ritmes, zowel door het jaar heen als gedurende de dag. Steltlopers zoeken tijdens laagwater op de wadplaten naar voedsel en komen tijdens hoogwater bijeen op gemeenschappelijke hoogwaterluchtplaatsen (HVP's). Dit zijn in het algemeen buitendijkse gronden zoals randen van kwelders, hooggelegen zandplaten en stranden die bij normaal hoogtij niet worden overspoeld. Op de Vliehors is er een buitendijkse HVP vlak ten zuiden van de Kroon's Polders. De aantallen op de HVP's kunnen sterk variëren, afhankelijk van verstoring en de vloedhoogte. Vooral bij Springtij of bij wind die het tij opstuwt worden de vogels teruggedrongen op de hoogste delen of moeten ze zelfs hun heil zoeken in de Kroon's Polders waar dan de dichtheden gemakkelijk kunnen oplopen tot meer dan 300 vogels per ha. (evt FOTO)

### 4.3 Energiebudgetten

Voor een aantal vogelsoorten, waaronder scholekster en wulp, is de Waddenzee vooral belangrijk als overwinteringsgebied. Deze soorten arriveren in de nazomer en ruïen dan eerst hun verenkleed. Dit ruïen kost extra energie en tijdens de vleugelruï kunnen de vogels ook minder goed vliegen. Na de ruï nemen ze sterk toe in gewicht als gevolg van de aanleg van vetvoorraden. Die voorraden stellen de vogels in staat om moeilijke perioden in de winter te overleven als door storm of ijs het wad soms langdurig niet beschikbaar is als voedselgebied. Juist in de winter zijn de kosten om op temperatuur te blijven extra hoog. Ondanks de vetvoorraden kan er massale sterfte onder de vogels optreden bij langdurige vorstperioden (Goss-Custard *et al.* 1996; Camphuysen *et al.* 1996; Meininger *et al.* 1991) wat laat zien hoe moeilijk de vogels het in de wintermaanden kunnen hebben.

Voor de in de arctis broedende steltlopers, zoals rosse grutto en zilverplevier, is "opvetten" het belangrijkste doel van het verblijf in de Waddenzee. Al etend, proberen ze op gewicht te komen en vetweefsel op te bouwen voordat ze weer doorvliegen op hun trekroute (Figuur 6). Zo verdubbelt het lichaamsgewicht van een rosse grutto tussen aankomst vanuit Afrika en vertrek voor de volgende treketappe van 4000 km naar de Siberische broedgebieden in één maand "bij-eten" in het Waddengebied (Piersma & Jukema 1990)

Figuur 6. Gewichtsverandering van de grutto tijdens de voorjaarstrek (uit Piersma en Jukema, 1990).





De voedselbehoefte enerzijds en het energieverbruik van een vogel anderzijds neemt sterk toe met het lichaamsgewicht en wordt uitgedrukt als de “Basal Metabolic Rate” (MBR), het energieverbruik als een vogel in rust is. Voor steltlopers is het dagelijks energieverbruik ongeveer twee tot drie keer zo hoog (Kersten & Piersma 1987). Steltlopers staan de helft van de dag te slapen, vliegen maar heel weinig, en verzamelen voedsel door rond te lopen en te pikken. Hier bovenop komen dan nog de kosten die gemaakt moeten worden om op temperatuur te blijven als het koud is. Vooral voor kleine vogels kan dit behoorlijk oplopen tot twee tot drie keer de BMR als het rond het vriespunt is. En verder kost vliegen vooral erg veel energie. Tussen de soorten verschillen de vlieggkosten van ongeveer 10 tot maximaal 25 keer de BMR.

De snelheid waarmee vogels kunnen opvetten is uiteraard afhankelijk van de voedselhoeveelheid en het aantal vogels dat van deze voedselbron gebruik maakt, maar ook van de efficiency waarmee ze het voedsel kunnen vinden, opnemen en verteren. De voedselbeschikbaarheid varieert sterk door het jaar (Beukema 1974; Zwarts & Wanink 1993). Algen vormen de bron van de voedselketen en zijn afhankelijk van zonlicht en stikstof en fosfaten die ze uit het water opnemen. Bij hoge temperaturen groeien ze het best. Daardoor komen de hoogste algenconcentraties in de zomer voor. Deze algen worden vervolgens gegeten voor kreeftjes, bodemslakken en wormen. In de Waddenzee komen ook veel schelpdieren zoals kokkels, mosselen en nonnetjes voor. Deze nemen voedsel op door algen en dood organisch materiaal uit het water te filteren. Omdat de Waddenzee een getijdengebied is water steeds ‘ververst’ wordt, groeien deze schelpdieren goed en is de Waddenzee dus een voedselrijk gebied voor vogels die schelpdieren eten. De soms lange periode tussen de algengroei en het moment dat vogels vissen of schelpdieren eten, maakt dat dynamiek van voedsel sterk varieert. Door het jaar heen, verschilt de totale voedselhoeveelheid ruwweg van ruim 100 gr droog vlees per m<sup>2</sup> wadplaat in de vroege zomer tot ongeveer de helft in de late winter. Kokkels kunnen wel 6 jaar oud worden maar na een strenge winter kan het voorkomen dat de populatie met 90% is gereduceerd. Mosselen zijn minder gevoelig voor koude en zijn dus een betrouwbaarder voedselbron. De samenstelling van het voedsel verschilt dus ook van jaar tot jaar (Zwarts & Wanink 1984; Zwarts *et al.* 1992; Zwarts & Wanink 1993).

Ook gedurende de dag zijn er grote verschillen in de voedselbeschikbaarheid (van de Kam *et al.* 1999). In de Waddenzee komen kokkels bijvoorbeeld voornamelijk voor op droogvallende platen. Bij laagwater eten scholekster, kanoetstrandloper en zilvermeeuw ze graag. Bij hoogwater duiken eidereenden en andere zee-eenden ze op. Kanoetstrandlopers eten vooral kleine exemplaren, scholeksters en eidereenden eten ook de grotere kokkels. Maar wadplaten zijn niet de gehele dag bereikbaar. Bij hoogwater hebben alle steltlopers zich verzameld op de hoogwatervluchtplaatsen (HPV's). Bij afgaand tij volgen zij de waterlijn op zoek naar voedsel. In het algemeen blijven de kleinere soorten dicht bij de HPV's maar nemen de grotere soorten ook de moeite om stroomgeulen over te steken om verderop gelegen platen te benutten. In het algemeen volgen de vogels dezelfde route bij het opkomende water die ze ook bij het afgaande water hebben gevolgd, maar dan in omgekeerde richting. De kanoetstrandloper is hierop een uitzondering. De kanoet maakt gebruik van de getijgolf die zich van west naar oost verplaatst. Door met het getij mee te vliegen verlengt de kanoet als het ware de laagwater periode en kan daardoor langer foerageren (van Gils *et al.* 2000).

Bodemdieren hebben allerlei manieren om aan vogels te ontkomen (van de Kam *et al.* 1999). Ze zijn veilig als ze zich diep ingraven omdat de snavel van de vogel dan te kort is om ze te pakken te krijgen. Maar bodemdieren zoals bijvoorbeeld het nonnetje gebruiken buisjes (sifonen) die ze naar boven uitsteken om water van boven het bodemoppervlak op te kunnen zuigen om te voorzien in hun voedsel en zuurstof. Maar zelfs de sifon wordt gegeten door platvissen, krabbetjes of vogels. Een mossel heeft een hele korte sifon en kan zich dus niet ingraven maar beschermt zichzelf door de kleppen gesloten te houden tijdens laagwater en alleen bij hoger water als er geen scholeksters zijn de kleppen te openen om voedsel op te kunnen nemen. Of neem een wadpier die zich 30 cm ingraaft en dus volledig veilig is. Maar het leven hangt letterlijk af van gemaakte keuzes. Een wadpier moet elke één à twee uur een paar seconden naar het oppervlak om onverteerd substraat uit te scheiden. Als een wulp toevallig vlakbij is, overleeft de pier het niet. Als de wulp 3 meter verderop staat, dan heeft de pier net genoeg tijd om weer te verdwijnen. De kans van overleven voor de pier is dus afhankelijk van de dichtheid van vogels die op zoek zijn naar voedsel.

Omgekeerd is de kans voor een vogel om een prooi te vinden en te pakken te krijgen afhankelijk van de dichtheid van prooidieren en de dichtheid van concurrenten (van de Kam *et al.* 1999; van der Meer & Ens 1997). De efficiency waarmee een vogel voedsel opneemt, is afhankelijk van de kosten en de baten. De kosten worden bepaald door de inspanning die een vogel moet leveren om de prooidier te vinden, te pakken, en te verorberen, inclusief doden, openbreken, schoonmaken en het naar binnen werken. De baten worden bepaald door de grootte van het prooidier en de voedingswaarde. Een scholekster zou daarom de voorkeur kunnen geven aan een grote mossel in plaats van een kleine. Maar hoe groter de mossel des te dikker de schelp en des te langer is de tijd die hij nodig heeft om hem open te maken. Niet alleen kost dit veel tijd en energie maar bovendien trekt dit de aandacht van meeuwen die de mossel stelen tegen de tijd dat de scholekster hem open heeft. Het profijt van een grote mossel neemt dus af als er veel meeuwen in de buurt zijn. Zo doet een wulp er ook verstandig aan om een kleine wadkrab gewoon te laten lopen. Een kleine krab levert weinig op en het kost de wulp toch een paar seconden om hem naar binnen te werken. Die tijd kan hij beter besteden aan het zoeken van een grotere krab. Een wulp kiest er dus voor om alleen krabben van meer dan 0.5 cm te eten. Op deze manier probeert hij de baten en kosten te optimaliseren. Maar of die grote krabben er zijn, is ook weer afhankelijk van het aantal wulpen op de wadplaat, en of er net een andere wulp de grotere krabben al heeft opgegeten. Het heeft dus voordeel om de eerste te zijn. Dat is één van de redenen dat veel vogels achter de waterlijn aan lopen wanneer het wad bij eb droogvalt. Een andere reden is dat de beste voedselgronden zich vaak laag in de getijzone bevinden (Ens *et al.* 1996).

#### **4.4 Effecten van verstoring**

In hun dagelijkse leven dat ze proberen te optimaliseren, kunnen vogels gestoord worden. Dit kan gebeuren door natuurlijke vijanden zijn, zoals vossen of roofvogels, of door mensen die gewoon langslopen of zelfs jagen, of menselijke activiteiten die de aandacht trekken zoals de Vlieland Express of lawaai maken, zoals het motorcrossen en de oefeningen door de Koninklijke Luchtmacht (Zegers 1973; Smit & Visser 1993; Spaans *et al.* 1996). Een vogel of meestal een grote groep vogels kan op drie

verschillende manieren zichtbaar reageren op een verstoring: a) blijft gewoon zitten, b) vliegt op en komt even later weer terug naar dezelfde plek, en c) vliegt weg naar een andere locatie. Zelfs als de vogels blijven zitten kan er sprake zijn van een reactie. Bij rustende of broedende vogels kan de hartslag omhoog gaan als voorbereiding op een snelle vlucht. Bij vogels die naar voedsel zoeken kan het foerageersucces dalen (Spaans *et al.* 1996), naar alle waarschijnlijkheid omdat het in de gaten houden van de verstoringbron ten koste gaat van het efficiënt naar voedsel zoeken. Al foeragerend blijken de vogels zich toch langzaam van de verstoringbron te verwijderen, zodat na enige tijd een leeg gebied ontstaat rond de verstoringbron. Bij een verstoring door een roofvogel blijven kleine vogels, die een groter risico lopen dan de grote vogels om gepakt te worden, vaak langer in de lucht dan grote vogels (Spaans *et al.* 1996). Ook zijn er grote verschillen tussen soorten in de opvliegafstand. Grote vogels vliegen op grotere afstand op voor naderende mensen dan kleine vogels (Spaans *et al.* 1996). De reactie op verstoring (en daarmee ook de verschillen in reactie tussen soorten en situaties) kan begrepen worden uit de “inschatting” van de individuele vogels over het risico dat ze lopen in een bepaalde situatie. In feite is er sprake van anti-predator gedrag en het vertonen van dat gedrag brengt kosten met zich mee (Frid & Dill 2002). Een vogel die alleen maar bezig is niet ten prooi te vallen aan een roofvogel zal als gevolg daarvan zelf ook weinig of niets kunnen eten. De risico's van weinig eten zullen dus moeten worden afgewogen tegen de risico's van zelf gegeten worden. Het lijkt erop dat vogels in het geval van niet natuurlijke verstoringbronnen het predatierisico vaak overschatten (van de Kam *et al.* 1999). Recreanten zijn niet gevaarlijk, maar toch vliegen de vogels op. Om de kosten van verstoring voor de vogels te schatten kunnen we dus niet afgaan op het daadwerkelijke risico dat de vogels lopen, maar moeten we ons baseren op het gedrag dat de vogels vertonen.

Bij een overstroming van een hvp gaat het om de frequentie en de opvliegduur die samen bepalen hoeveel energie er verloren gaat. Bij het wegvliegen gaat het ook om de vliegtijd, en dus de kosten, om naar een andere wadplaat of vluchtplaats te vliegen. Als de vogel tijdens laagwater is verstoord komt daar nog bij de tijd die niet aan voedsel zoeken kon worden besteed. Het lijkt erop dat vogels niet sneller kunnen eten om die verloren tijd in te halen (Meire 1996; Urfi *et al.* 1996) en dit kan de vogels in de problemen brengen als er geen mogelijkheden zijn om langer door te gaan met foerageren (Kersten & Visser 1996; Zwarts *et al.* 1996). Maar bovendien leidt dit tot een minder optimale ruimtelijke verdeling van vogels over het wad. Met andere woorden, op sommige plaatsen wordt het voedsel niet benut, op andere plaatsen raakt het wad “overbevolkt”. Bij veel vogelsoorten leidt een verhoging van de dichtheid soortgenoten tijdens het voedsel zoeken tot een verlaging van de opnamesnelheid van voedsel (Goss-Custard 1980).

Uiteindelijk kunnen alle effecten uitgedrukt worden in een negatieve bijdrage aan het proces van vetopbouw van een vogel of van de populatie. In een extreem geval kan het zelfs zo zijn dat de kosten van sterke verstoring zo hoog zijn ten opzichte van de baten van het foerageren, dat de balans negatief uitvalt en het de vogel dus niet of nauwelijks lukt om op te vetten. De ernst van een reductie van de snelheid van vetopbouw is sterk afhankelijk van de tijdsperiode die een vogel heeft om zich voor te bereiden voor de volgende treketappe. Als er weinig voedsel is, en een vogel te laat dreigt te komen, kunnen verstoringen net de druppel vormen die de emmer doet overlopen. In het geval van de voorjaarstrek kan dit betekenen dat de vogel niet in staat is om nog met succes jongen voort te brengen (Weber *et al.* 1999; Klaassen *et al.* 2006).

Het bovenstaande is volledig gericht op de trek en de timing ervan. Maar vergelijkbare betogen kunnen ook opgezet worden voor andere kwetsbare perioden, bijvoorbeeld als het koud is (Goss-Custard *et al.* 1996), als er weinig voedsel is (Atkinson *et al.* 2003), als er langdurig hoog water is tijdens westerstorm, als ouders broeden en hun jongen groot brengen (Verhulst *et al.* 2001) of als ze in de rui zijn.

## 5. Karakterisering van het model

De belangrijkste uitdaging van het modelleren in dit geval is om de kennis samen te voegen tot een geheel waarbij een balans gevonden moet worden tussen de mate van detail enerzijds en de doelstellingen anderzijds. Hieronder wordt het model geschetst dat ontwikkeld zou kunnen worden om als Planningsinstrument voor Militaire Oefeningen (PMO) te dienen. Het gaat hierbij om een ruimtelijk expliciet, dynamisch computer simulatie model dat de aan het getij gerelateerde vogelbewegingen rond de Vliehors beschrijft en de verstoring daarvan door oefeningen van de KLu.

Een belangrijke keuze bij de formulering van het model is de variabele die gebruikt kan worden om het effect van militaire oefeningen in te schatten. Het PMO moet ons in staat stellen na te gaan of planning X beter of slechter is voor de vogels dan planning Y. (Stillman *et al.* 2000) berekenen de kans dat de vogels de winter niet overleven en de lichaamsconditie die ze aan het einde van de winter hebben. (Rappoldt *et al.* 2004) berekenen een stress index, die aangeeft hoe moeilijk de vogels het in de loop van een winterperiode hebben gehad om in hun voedselbehoefte te voorzien. (Weber *et al.* 1998) berekenen het aankomsttijdstip en het aankomstgewicht in het broedgebied en kennen aan elke combinatie een succeswaarde toe (Ens *et al.* 2006).

Het voorgestelde model gaat uit van een aantal karakteristieke soorten en per soort van een groot aantal individuele vogels die samen de gehele populatie karakteriseren. In het model zijn de belangrijkste (toestands-)variabelen de lichaamsreserves van een vogel en de stress index, een maat voor de moeite die een vogel moet doen om aan voedsel te komen. De lichaamsreserves veranderen in de tijd doordat een vogel eet en energie verbruikt voor het metabolisme en om op temperatuur te blijven, voor het foerageren zelf en voor het vliegen bij eventuele verstoring zoals beschreven in hoofdstuk 4. De energiebalans van een vogel wordt berekend in tijdstappen van een uur. Elk uur wordt berekend welk percentage van de tijd aan welke activiteit wordt besteed. Het model beschrijft niet één vogel maar een ruimtelijke verdeling van vogels in gridcellen van 0.25 km<sup>2</sup>. Van elke gridcel wordt in de tijd bijgehouden wat de waterstand is en hoe de waterdiepteverdeling is, hoeveel vogels er van de verschillende soorten zijn en welke de verplaatsingen zijn. Het gaat hierbij om het westelijk Waddengebied. Maar omdat vogels eventueel uitwijken naar het overige deel van het Waddengebied wordt dit in geringer detail als een “overloopgebied” meegenomen. Het model kan een geheel jaar doorrekenen. Het model moet in staat zijn om zowel de algemene trends te beschrijven alsook de specifieke situatie wanneer de voedselbeschikbaarheid in een jaar sterk afwijkt. Het houdt rekening met de getijdenwerking en vooral ook de situaties met extreem hoog tij. Het model leent zich ervoor om verstoringen te definiëren en de effecten ervan te visualiseren.

De belangrijkste dynamische invoergegevens voor het PMO zijn:

1. De aantallen vogels die van buiten het gebied aanvliegen en vertrekken en het moment waarop dit gebeurt.
2. De voedselbeschikbaarheid, gespecificeerd in ruimte en tijd
3. Kaarten van de waterhoogten in afhankelijkheid van het tij en de heersende weersomstandigheden.
4. De daggemiddelde lucht- en watertemperatuur
5. Verstoringbronnen (roofvogels, recreanten, vliegtuigen etc.)

De belangrijkste statische invoergegevens voor het model zijn:

- a. De hoogteligging van de ondergrond (DEM).
- b. De karakteristieken van de meest voorkomende vogelsoorten (m.n. energiehuishouding, foerageergedrag, efficiency). Waar mogelijk wordt voor elke prooi-predator combinatie de “*generalized functional response*” geschat, d.w.z. de opnamesnelheid als functie van dichtheid prooien en dichtheid soortgenoten (van der Meer & Ens 1997)
- c. Het karakteristieke gedrag van soorten bij verstoringen

In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op de beschikbaarheid van deze gegevens. Er wordt dan terugverwezen naar databehoeftes 1-5 en a-c (bijvoorbeeld DB2 of DBa).

## 6. Beschikbare kennis in Nederland

Het planningsinstrument, zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk, bestaat niet. Ik dit hoofdstuk wordt samengevat welke onderdelen bij welke onderzoeksgroepen (latent) aanwezig zijn en waar dus gebruik gemaakt van zou kunnen worden.

### 6.1. Meten en modelleren van getijdenbewegingen

Aangezien het gedrag van vogels in de Waddenzee, met name dat van de wadvogels die op de droogvallende platen naar voedsel zoeken (een groot aantal soorten steltlopers en verschillende soorten meeuwen en eenden), sterk afhankelijk is van de precieze waterstand, zou er een model moeten zijn dat in staat is om de waterhoogten op wadplaten met enige nauwkeurigheid te beschrijven (DB3).

In Nederland worden door Rijkswaterstaat al heel lang waterhoogten gemeten op een groot aantal plaatsen langs de kust en in de Waddenzee. Er zijn echter veel te weinig meetpunten, en de lokale verschillen zijn te groot, om met alleen metingen het droogvallen van wadplaten te kunnen beschrijven. Maar de gegevens van waterstanden zijn zorgvuldig opgeslagen en zijn gebruikt voor de ontwikkeling van modellen die de waterbeweging en waterhoogten berekenen, vaak in combinatie met sedimenttransport, erosie en sedimentatie of in combinatie met modules die het transport van verontreinigingen bepalen.

Er bestaan twee modellen die in Nederland zijn ontwikkeld en regelmatig voor berekeningen aan de Nederlandse kustwateren maar ook daarbuiten worden gebruikt. Deze modellen, *WAQUA* en *DELTA3D*, worden hier beiden beschreven.

#### WAQUA

*WAQUA* is een fysisch gebaseerd computer model van Rijkswaterstaat (RIKZ) dat de waterbeweging in 2 dimensies simuleert in een geografisch omlijnd gebied (<http://www.svasek.nl/modelling/waqua.htm>). Het model is geschikt voor het simuleren van waterloopkundige processen in meren, rivieren, zeeën en estuaria en dus ook in de Waddenzee. Met *WAQUA* worden waterstanden, waterstromingen en concentraties van opgeloste stoffen of sediment berekend in open wateren (zie bijv. Figuur 7). In feite gaat het om het numeriek oplossen van differentiaalvergelijkingen die waterstroming weergeven onder behoud van massa en momentum. Het gebied kan begrensd worden door gesloten randen (dijken of land) of open randen. Op de open randen worden tijdreeksen van waterstanden of debieten opgegeven. Dit kunnen gemeten waarden zijn of resultaten van grootschalige modellen. Deze waarden, tezamen met windgegevens vormen de externe kracht die het model aansturen. Verder gebruikt het model een gedetailleerde hoogtekarta van de zeebodem, met een zekere ruwheid, en een initiële waterhoogteverdeling over het gebied aan het begin van de simulatie. Het model werkt met waterstromingen die niet variëren met de diepte (z-as) van de gesimuleerde rivier of zee. Dit is een 2D (tweedimensionale horizontale) benadering. Het model werkt met roosterafstanden van 20 meter tot enkele honderden meters en tijdstappen van bijvoorbeeld één minuut. De gemiddelde fout van de gemodelleerde waterhoogte op zee bedraagt ongeveer 10-15 cm maar in het waddengebied kan de afwijking veel hoger zijn. *TRIWAQ* is de 3D versie van *WAQUA* en zal in het algemeen het fysisch gedrag van een watersysteem nauwkeuriger benaderen dan *WAQUA* doet. Dit gaat echter ten koste van een langere rekentijd en groter geheugengebruik van de computer. Voor veel, maar niet voor alle toepassingen, blijkt dat de 2D benadering die in *WAQUA* wordt gehanteerd voldoende nauwkeurige resultaten oplevert.

*WAQUA* is gebruikt om stroming in rivieren te berekenen, het effect van een eiland of vlieghaven op de stroming voor de Nederlandse kust, het effect van waterstroming en golfslag op en belasting van de Nederlandse kustverdedigingswerken of het stromingsgedrag in de Waddenzee.

#### DELFT3D

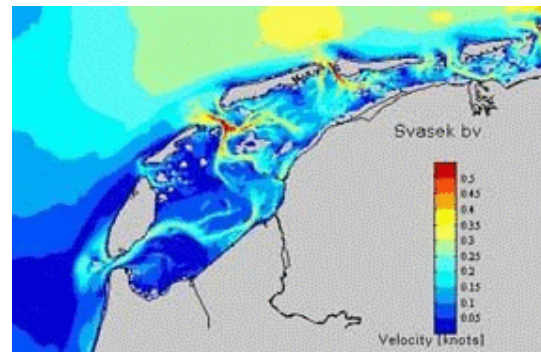
*DELFT3D* is een modellenpakket dat ontwikkeld is door WLDelft en dat erg lijkt op *WAQUA*. *DELFT3D* bestaat uit onderling gekoppelde modules voor de hydrodynamica [*Delft3D-FLOW*], golfbewegingen [*Delft3D-WAVE*], de waterkwaliteit [*Delft3D-WAQ*], de morfologie van het gebied [*Delft3D-MOR*], het sedimenttransport [*Delft3D-SED*], en de ecologische aspecten [*Delft3D-ECO*] (Lesser *et al.* 2004).

Evenals *WAQUA* berekent *DELFT3D-FLOW* niet-stationaire stroming en transport als een resultante van getijdenwerking en de meteorologische omstandigheden, vooral wind. *DELFT3D* bevat nog iets meer fysische processen, zoals bijvoorbeeld thermische uitwisseling, maar deze zaken zijn voor het simuleren van waterstanden in de Waddenzee niet van belang.

Beide modellen zijn in de Waddenzee (of vergelijkbare gebieden) voornamelijk gebruikt om de dynamiek van de morfologie te beschrijven. In dat geval is het van iets minder belang dat de waterhoogten precies kloppen en gaat het vooral om het simuleren van de juiste stroomsnelheden, die dan ook uitvoerig met metingen vergeleken zijn. Maar beide modellen zijn ook in staat om de fasevertraging van de getijdengolf te beschrijven en de amplitudo correct te berekenen. De absolute waterhoogte wijkt meer af. Het droogvallen van de wadplaten geeft nogal wat rekenkundige problemen en ook daarbij kunnen flinke onnauwkeurigheden optreden. Vooral bij sterke wind kunnen de modellen grote afwijkingen vertonen. Dat is vervelend omdat juist in extreme situaties belangrijk is te weten hoeveel korter de foerageertijd precies is en ook zullen de vogels bij hoog water over een geringer areaal als vluchtplaats kunnen beschikken en dus gevoeliger zullen zijn voor verstoring.

Onlangs hebben de directies van Rijkswaterstaat en WLDelft een samenwerkingsovereenkomst gesloten waarin is vastgelegd dat ze samen de verouderde modellen *DELFT3D* en *WAQUA* zullen migreren naar een gemeenschappelijk operationeel basissysteem *OMS* (Open Modellen Systeem).

Momenteel wordt er bij het RIKZ ook gewerkt aan het gebruik van data-assimilatietechnieken om de nauwkeurigheid van voorspellingen van waterhoogten te vergroten. Data-assimilatie is een statistische techniek waarbij voorspellingen gebaseerd worden op de gecombineerde ruimte-tijd informatie van metingen en van modelresultaten.



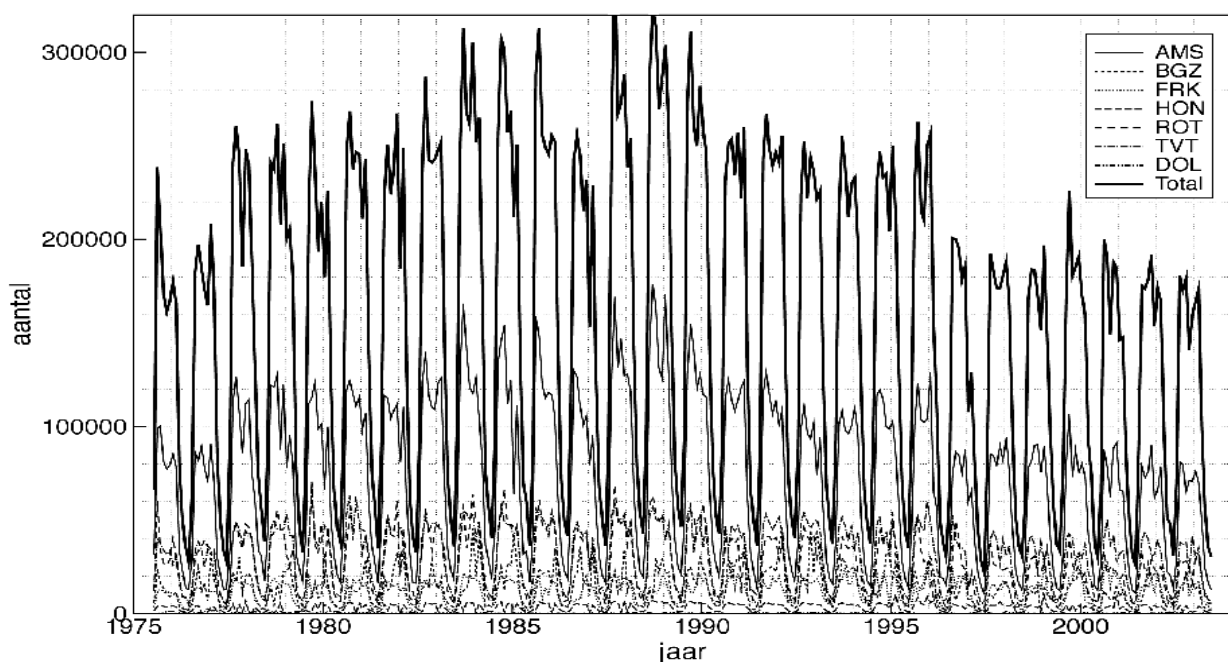
Figuur 7. Met *WAQUA* berekende stroomsnelheden



## 6.2 Aan- en afwezigheid van soorten

SOVON Vogelonderzoek Nederland coördineert systematische tellingen van watervogels in de Waddenzee. Vijf keer per jaar worden alle vogels geteld en daarnaast wordt een aantal steekproefgebieden maandelijks en soms zelfs nog frequenter geteld. Op Vlieland zijn er bij een telling ongeveer 15 tellers betrokken. De tellingen worden uitgevoerd bij hoogwater op de hoogwatervluchtplaatsen omdat alle wadvogels zich daar dan hebben teruggetrokken. Omdat eenden op die manier gemist worden, tellen RIKZ (Arts & Berrevoets 2005) en Alterra (de Jong *et al.* 2005) in de winter vanuit een vliegtuig. Vanaf 150m hoogte worden eenden geteld in raaien van ongeveer 1500 m breed.

Op basis van dergelijke tellingen zijn goede overzichten verkregen van de temporele variaties van aantallen van de verschillende soorten in de Waddenzee (van Roomen *et al.* 2005b; van Roomen *et al.* 2005a)(Figuur 8). De eerste betrouwbare tellingen dateren



Figuur 8. Aantallen van scholeksters in zeven verschillende deelgebieden en het totaal in de Nederlandse Waddenzee (afgeleid uit veldobservaties; SOVON Vogelonderzoek Nederland)

van halverwege de jaren zeventig in de vorige eeuw. Voor specifieke locaties zijn de temporele fluctuaties wat minder betrouwbaar te kwantificeren (DB1)

## 6.3 Verspreiding in ruimte en tijd

Ten behoeve van het inschatten van effecten van de kokkelvisserij op de voedselbeschikbaarheid voor scholeksters, is er door Alterra in samenwerking met RIVO-CSO en RIKZ het model *WEBTICS* ontwikkeld (Rappoldt *et al.* 2004). Het model is met succes toegepast op Waddenzee (Rappoldt *et al.* 2003a), Oosterschelde (Rappoldt *et al.* 2003b) en Westerschelde (Rappoldt & Ens 2005). Het beheer van het model is ondergebracht bij het bedrijf EcoCurves. Het model is gediscrètiseerd in ruimte en tijd, d.w.z. behandelt het studiegebied als gridcellen en rekent met tijdstappen. *WEBTICS* berekent de van uit het oogpunt van de individuele vogel optimale ruimtelijke verdeling van scholeksters op grond van in tijd en ruimte gespecificeerde waterniveaus, het voedselaanbod en het aantal vogels. Het model is gebaseerd op

respons functies die de voedselopname van de scholekster weergeven als functie van de energiebehoefte en de toestand van de vogel zelf en de condities in de directe omgeving. *WEBTICS* is het model dat verreweg het dichtst komt bij het model dat beschreven is in hoofdstuk 5. Voor de ontwikkeling en toepassing van het model zijn alle benodigde gegevens verzameld die in hoofdstuk 5 genoemd zijn met uitzondering van het gedrag bij verstoring (DBc). Om te kunnen worden ingezet voor het modelleren van verstoringen schiet het model echter ook op een aantal andere punten tekort. Deze punten zullen in hoofdstuk 7 verder besproken worden.

## 6.4 Energiebudgetten

Het onderzoek naar energiebudgetten is van fundamentele aard en is weinig specifiek voor de Waddenzee. Resultaten zijn soortspecifiek, met eventueel kleine verschillen tussen populaties. Dat betekent dat gepubliceerde resultaten, ook uit andere gebieden, goed gebruikt kunnen worden in het model. In Nederland wordt er door de onderzoeksgroep van NIOZ/RUG het intensiefst aan dit onderwerp gewerkt. De kanoetstrandloper (Piersma 1994; van Gils 2004) en de scholekster (Kersten 1997; Blomert *et al.* 1996) spelen een belangrijke rol in dit onderzoek. Er wordt experimenteel onderzoek gedaan in het laboratorium en daarnaast worden veel veldmetingen verricht. Op deze manier worden relaties onderzocht tussen opname van voedsel, energieverbruik en de ontwikkeling van vetreserves en veranderingen in omvang van organen. Deze relaties zijn zorgvuldig in de vorm van deelmodellen gedocumenteerd. Deze modellen zijn in het algemeen gedrags- of beslissingsmodellen waarbij het uitgangspunt is dat dieren keuzes maken die uiteindelijk leiden tot een zo groot mogelijk aantal nakomelingen, de zogenaamde “fitness” (Houston & McNamara 1999). Het gaat dan bijvoorbeeld om keuzes die ook in het hoofdstuk 4 beschreven zijn, zoals de keuze wat een dier waar en wanneer eet of de keuze of een prooi vlucht voor een roofdier.

## 6.5 Effecten van verstoring

Er is betrekkelijk weinig bekend van de effecten van verstoring door militaire activiteiten. Er bestaan veel gerapporteerde anecdotes (Koolhaas *et al.* 1993; Smit *et al.* 2003), maar doordat dit geen kwantitatieve en systematische gegevens zijn, kunnen ze nauwelijks gebruikt worden. Er zijn een beperkt aantal studies uitgevoerd naar het opvlieggedrag van vogels bij verstoring door roofdieren en door menselijke activiteiten (zie bijv. (Smit & Visser 1993; Spaans *et al.* 1996; Smit 2004)). Op een enkele uitzondering na (Wintermans 1991; Teunissen 1991) ontbreekt systematisch onderzoek naar de effecten van militaire oefeningen. Deze onderzoeken lijken aan te geven dat het kwantificeren van verstoringsgedrag tamelijk moeilijk is; zie ook het overzicht in (Krijgsveld *et al.* 2004). Dit komt o.a. doordat gewenning een rol speelt. In het Waddenzeegebied is het een komen en gaan van trekvogels. Het is dan onduidelijk welke vogels wel en welke niet gewend (kunnen) zijn aan de typische verstoringen ter plekke. De effecten van verstoringen lijken bovendien afhankelijk te zijn van het algemene stressniveau van vogels. Door de veelheid van factoren zijn de conclusies niet altijd eensluidend.

## 7. Ontbrekende kennisaspecten

Het model zoals geschetst in hoofdstuk 5 bestaat niet. Hieronder worden de voornaamste kennishiaten in volgorde van belang beschreven.

1. Allereerst is er te weinig bekend van de reacties van vogels op de oefeningen op de Vliehors om een goed planningsinstrument te kunnen maken. Onderzoek zou antwoord moeten geven op de vraag in welke mate en tot op welke afstand vogels opschrikken en wegvliegen bij verstoring, hoe lang ze in de lucht blijven, of ze terugkeren of naar een andere plaats gaan. Een combinatie van veldobservaties van gedrag en radarobservaties over een groter gebied zou deze vraag kunnen beantwoorden. Omdat er sprake kan zijn van gewenning en omdat verwacht mag worden dat de respons verschilt voor soorten zouden meetcampagnes een aantal keren per jaar en onder verschillende omstandigheden herhaald moeten worden. Ook moeten langdurige verstoringseffecten niet op voorhand worden uitgesloten, wat betekent dat middels kleuringen, radiozenders of GPS-loggers individueel traceerbare dieren langdurig gevolgd moeten worden.

Het model *WEBTICS* zou het best als uitgangspunt gebruikt kunnen worden omdat dit al de meeste elementen bevat die nodig zijn. Er zijn echter drie belangrijke fundamentele beperkingen van *WEBTICS*:

2. Het model beschrijft niet het vlieggedrag van vogels en het energiegebruik wanneer vogels van de ene naar de andere plaats vliegen of lopen. Op dit moment beschrijft het model de verdeling van vogels geoptimaliseerd over de ruimte zonder daarbij het traject dat ze moeten afleggen in ogenschouw te nemen. Vooral voor soorten die bij eb achter de waterlijn aanlopen en niet grote stukken water overvliegen geeft dit een verkeerd beeld. Bovendien kan het vliegen een belangrijke energiepost vertegenwoordigen die meegenomen dient te worden, zeker in het geval dat verstoringen een rol spelen. Het model is wel goed in staat om de negatieve effecten op de opnamesnelheid van voedsel te schatten van een (tijdelijke) verhoging van de vogeldichtheid als vogels van een verstoord naar een ongestoord voedselgebied uitwijken.

3. Het model is in zijn huidige vorm alleen toegesneden op scholeksters en bevat geen andere vogelsoorten. Veel van de principes die bij de modellering van scholeksters gebruikt zijn, kunnen ook gebruikt worden voor andere soorten, echter vaak wel met andere soortspecifieke modelparameters die deels nog onbekend zijn. Op dit moment wordt in opdracht van RIKZ door SOVON onderzocht welke onderzoekinspanning nodig is om het model ook toe te passen op de wulp.

4. *WEBTICS* is ontwikkeld voor overwinterende wadvogels. Voor doortrekkers moet de periode in de Waddenzee gezien worden in de bredere context van de trek. Daarvoor zouden de gevolgen van verstoring, zoals berekend met *WEBTICS* verder doorgerekend moeten worden met een vogeltrekmodel zoals *DYNAMIG* (Weber *et al.* 1998; Weber *et al.* 1999; Klaassen *et al.* 2006).

5. Alleen voor schelpdiereters bestaat er voldoende inzicht in de voedselbeschikbaarheid, gespecificeerd in ruimte en tijd. Voor andere soorten dient hiervoor nog specifiek onderzoek te worden uitgevoerd.

6. Met het model zouden gevoeligheidsanalyses uitgevoerd moeten worden om te beoordelen hoe de effecten van verstoring door militaire oefeningen zich verhouden tot effecten van andere verstoringen.

7. Met het model zouden betrouwbaarheidsanalyses uitgevoerd moeten worden om te beoordelen welke de zwakke onderdelen in het model zijn, die met meer precisie ingevuld zouden moeten worden.

8. De waterhoogten die de getijdenmodellen voorspellen kunnen in specifieke situaties behoorlijk afwijken. Er zou gekeken moeten worden wat de kwaliteit is van de modelresultaten van droogvallende wadplaten in het westelijk gebied van de Waddenzee. Indien de afwijkingen te groot zijn, zouden er pragmatische oplossingen gevonden moeten worden om de voorspellingen te verbeteren.

## 8. Gebruiksmogelijkheden van het PMO

Als we ervan uitgaan dat de afweging van belangen ertoe leidt dat de Koninklijke Luchtmacht de militaire oefeningen op de Vliehors voortzet, dan kan een planningsinstrument voor militaire oefeningen gebruikt worden om de schade aan de natuur zo veel mogelijk te beperken.

Als we ervan uitgaan dat er een model ontwikkeld wordt dat in staat is om de algehele conditie van de vogelstand te beschrijven in afhankelijkheid van de getijdenwerking, de voedselbeschikbaarheid, en het weer dan kan dit model gebruikt worden om de verwachte toestand ook vooruit te voorspellen.

Het is dan mogelijk om te voorspellen op lange termijn (maanden) waarbij géén rekening wordt gehouden met de specifieke weersomstandigheden en waarbij algemene trends als uitgangspunt dienen. Het is tevens mogelijk om te voorspellen op de korte termijn (dagen) waarbij wél rekening gehouden kan worden met de (door KNMI voorspelde) weersomstandigheden. In beide gevallen zouden zogenaamde “ensemble forecasts” gehanteerd worden. Dit wil zeggen dat er veel verschillende modelresultaten gecombineerd worden om zo de betrouwbaarheidsgrenzen te kunnen aangeven.

Het PMO zou moeten worden toegesneden op het uitvoeren van scenario analyses, d.w.z. dat verschillende oefenschema's naast elkaar doorgerekend kunnen worden zodat de effecten van de te maken keuzes onderling vergeleken kunnen worden.

## 9. Geraadpleegde literatuur

- Arts, F. A. & Berrevoets, C. M. (2005) Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2005. *Rapport RIKZ/2005.023*. RIKZ, Middelburg.
- Atkinson, P. W., Clark, N. A., Bell, M. C., Dare, P. J., Clark, J. A. & Ireland, P. L. (2003) Changes in commercially fished shellfish stocks and shorebird populations in the Wash, England. *Biological Conservation*, **114**, 127-141.
- Beukema, J. J. (1974) Seasonal changes in the biomass of the macro-benthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, **8**, 94-107.
- Blomert, A.-M., Ens, B. J., Goss-Custard, J. D., Hulscher, J. B. & Zwarts, L. (1996) Oystercatchers and their estuarine food supplies. *Ardea*, **84A**, 1-538.
- Camphuysen, C. J., Ens, B. J., Heg, D., Hulscher, J. B., van der Meer, J. & Smit, C. J. (1996) Oystercatcher *Haematopus ostralegus* winter mortality in The Netherlands: the effect of severe weather and food supply. *Ardea*, **84A**, 469-492.
- de Jong, M. L., Ens, B. J., & Leopold, M. F. (2005) Het voorkomen van Zee- en Eidereenden in de winter van 2004-2005 in de Waddenzee en de Noordzeekustzone. *Alterra rapport 1208*. Alterra, Wageningen.
- Ens, B. J., Merck, T., Smit, C. J. & Bunscoeke, E. J. (1996) Functional and numerical response of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* on shellfish populations. *Ardea*, **84A**, 441-452.
- Ens, B. J., Schekkerman, H., Tulp, I., Bauer, S., & Klaassen, M. (2006) Modelling the flyway of Arctic shorebirds - parameter estimation and sensitivity analysis. *Alterra report*. Alterra, Wageningen.
- Essink, K., Dettmann, C., Farke, H., Laursen, K., Luerßen, G., Marencic, H., & Wiersinga, W. (2005) Wadden Sea Quality Status Report 2004. *Wadden Sea Ecosystem No. 19*. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- Frid, A. & Dill, L. (2002) Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Ecology*, **6**.
- Goss-Custard, J. D. (1980) Competition for food and interference among waders. *Ardea*, **68**, 31-52.
- Goss-Custard, J. D., dit Durell, S. E. A. I. V., Goater, C. P., Hulscher, J. B., Lambeck, R. H. D., Meininger, P. L. & Urfi, J. (1996) How Oystercatchers survive the winter. In: *The Oystercatcher: From Individuals to Populations* (ed J. D. Goss-Custard), pp. 155-185. Oxford University Press, Oxford.
- Henkens, R.J.H.G., 2004, Effecten op natuurwaarden en juridische implicaties van de oefeningen door de Koninklijke Luchtmacht op de Vliehors, Alterra offerte F04537.
- Houston, A. I. & McNamara, J. M. (1999) Models of adaptive behaviour. An approach based on state. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kersten, M. & Piersma, T. (1987) High levels of energy expenditure in shorebirds: metabolic adaptations to an energetically expensive way of life. *Ardea*, **75**, 175-187.
- Kersten, M. & Visser, W. (1996) The rate of food processing in the Oystercatcher: food intake and energy expenditure constrained by a digestive bottleneck. *Functional Ecology*, **10**, 440-448.

- Kersten, M. A. J. M. (1997) *Living leisurely lasts longer. Energetic aspects of reproduction in the Oystercatcher (Haematopus ostralegus)*. Rijksuniversiteit Groningen.
- Klaassen, M., Bauer, S., Madsen, J. & Tombre, J. M. (2006) Modelling behavioural and fitness consequences of disturbance for geese along their spring flyway. *Journal of Applied Ecology*, **43**, 92-100.
- Koffijberg, K., Blew, J., Eskildsen, K., Günther, C., Koks, B., Laursen, K., Rasmussen, L. M., Potel, P., & Sudbeck, P. (2003) High tide roosts in the Wadden Sea: A review of bird distribution, protection regimes and potential sources of anthropogenic disturbance. A Report of the Wadden Sea Plan Project 34. *Wadden Sea Ecosystem No. 16*. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Joint Monitoring Group of Migratory Birds in the Wadden Sea, Wilhelmshaven.
- Koolhaas, A., Dekinga, A. & Piersma, T. (1993) Disturbance of foraging Knots by aircraft in the Dutch Wadden Sea in August-October 1992. *Wader Study Group Bulletin*, **68**, 20-22.
- Krijgsveld, K. L., van Lieshout, S. M. J., van der Winden, J., & Dirksen, S. (2004) Verstoringgevoeligheid van vogels. Literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. *Rapport 03-187*. Bureau Waardenburg bv, Nijkerk.
- Lesser, G. R., Roelvink, J. A., van Kester, M. A. J. M. & Stelling, G. S. (2004) Development and validation of a 3-D morphological model. *Coastal Engineering*, **51**, 883-915.
- Meininger, P. L., Blomert, A.-M. & Marteiijn, E. C. L. (1991) Watervogelsterfte in het Deltagebied, ZW-Nederland, gedurende de drie koude winters van 1985, 1986 en 1987. *Limosa*, **64**, 89-102.
- Meire, P. M. (1996) Feeding behaviour of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* during a period of tidal manipulations. *Ardea*, **84A**, 509-524.
- Piersma, T. (1994) *Close to the edge: energetic bottlenecks and the evolution of migratory pathways in Knots*. Rijksuniversiteit Groningen.
- Piersma, T. & Jukema, J. (1990) Budgeting the flight of a long-distance migrant: changes in nutrient reserve levels of Bar-tailed Godwits at successive spring staging sites. *Ardea*, **78**, 315-337.
- Rappoldt, C. & Ens, B. J. (2005) Scholeksters en hun voedsel in de Westerschelde. Een verkenning van de voedselsituatie voor de scholeksters in de Westerschelde over de periode 1992-2003 met het simulatiemodel WEBTICS. *Alterra rapport 1209*. Alterra, Wageningen.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Dijkman, E., & Bult, T. (2003a) Scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee. Rapport voor deelproject B1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. *Alterra rapport 882*. Alterra, Wageningen.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Dijkman, E., Bult, T., Berrevoets, C. M., & Geurts van Kessel, J. (2003b) Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde. Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. *Alterra rapport 883*. Alterra, Wageningen.
- Rappoldt, C., Ens, B. J., Kersten, M., & Dijkman, E. (2004) Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator WEBTICS. Technical Documentation version 1.1. *Alterra rapport 869*. Alterra, Wageningen.

- Smit, C. J. (2004) Vervolgonderzoek naar de gevolgen van de uitbreiding van het aantal vliegbewegingen van Den Helder Airport. *Alterra rapport 1025*. Alterra, Wageningen.
- Smit, C. J., Cappelle, H., & Kistenkas, F. H. (2003) Voortoets naar de gevolgen van de uitbreiding van het aantal vliegbewegingen van civiele helikopters boven de Waddenzee. *Alterra-rapport 721*. Alterra, Wageningen.
- Smit, C. J. & Visser, G. J. M. (1993) Effects of disturbance on shorebirds: a summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta area. *Wader Study Group Bulletin*, **68**, 6-19.
- Spaans, B., Bruinzeel, L., & Smit, C. J. (1996) Effecten van verstoring door mensen op wadvogels in de Waddenzee en de Oosterschelde. *IBN-rapport 202*. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen.
- Stillman, R. A., Goss-Custard, J. D., West, A. D., dit Durell, S. E. A. I. V., Caldow, R. W. G., McGorrtly, S. & Clarke, R. T. (2000) Predicting mortality in novel environments: tests and sensitivity of a behaviour-based model. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 564-588.
- Teunissen, W. A. (1991) De uitstralingseffecten van geluidsproductie van de militaire 25 mm schietbaan in de Marnewaard op de plaatskeuze en gedrag van watervogels in het Lauwersmeergebied binnendijks. *RIN-rapport 91/2*. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.
- Urft, A. J., Goss-Custard, J. D. & Durell, S. E. A. L. (1996) The ability of oystercatchers *Haematopus ostralegus* to compensate for lost feeding time: Field studies on individually marked birds. *Journal of Applied Ecology*, **33**, 873-883.
- van de Kam, J., Ens, B. J., Piersma, T. & Zwarts, L. (1999) Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels. Schuyt & Co, Haarlem.
- van der Meer, J. & Ens, B. J. (1997) Models of Interference and Their Consequences for the Spatial Distribution of Ideal and Free Predators. *Journal of Animal Ecology*, **66**, 846-858.
- van Gils, J. A. (2004) Foraging decisions in a digestively constrained long-distance migrant, the red knot (*Calidris canutus*). Rijksuniversiteit Groningen.
- van Gils, J. A., Piersma, T., Dekinga, A. & Spaans, B. (2000) Voortdurend in de lucht: zenderonderzoek aan Kanoeten *Canutus canutus* in de westelijke Waddenzee. *Limosa*, **73**, 29-34.
- van Roomen, M., van Turnhout, C., van Winden, E., Koks, B., Goedhart, P. W., Leopold, M. F. & Smit, C. J. (2005a) Trends van benthivore watervogels in de Nederlandse Waddenzee 1975-2002: grote verschillen tussen schelpdiereneters en wormeneters. *Limosa*, **78**, 21-38.
- van Roomen, M. W. J., van Winden, E. A. J., Hustings, F., Koffijberg, K., Kleefstra, R., SOVON Ganzen- en zwanenwerkgroep, & Soldaat, L. (2005b) Watervogels in Nederland 2003/2004. *SOVON-monitoringrapport 2005/03, RIZA-rapport BM05.15*. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Verhulst, S., Oosterbeek, K. & Ens, B. J. (2001) Experimental evidence for effects of human disturbance on foraging and parental care in Oystercatchers. *Biological Conservation*, **101**, 375-380.
- Weber, T. P., Ens, B. J. & Houston, A. I. (1998) Optimal avian migration: A dynamic model of fuel stores and site use. *Evolutionary Ecology*, **12**, 377-401.
- Weber, T. P., Houston, A. I. & Ens, B. J. (1999) Consequences of habitat loss at migratory stopover sites: a theoretical investigation. *Journal of Avian Biology*, **30**, 416-426.



- Wintermans, G. J. M. (1991) De uitstralingseffecten van militaire geluidsproductie in de Marnewaard op het gedrag en de ecologie van wadvogels. *RIN-rapport 91/3*. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.
- Zegers, P. M. (1973) Invloed van verstoring op het gedrag van wadvogels. *Waddenbulletin*, **8**, 3-7.
- Zwarts, L., Blomert, A.-M. & Wanink, J. H. (1992) Annual and seasonal variation in the food supply harvestable by knot *Calidris canutus* staging in the Wadden Sea in late summer. *Marine Ecology Progress Series*, **83**, 129-139.
- Zwarts, L., Ens, B. J., Goss-Custard, J. D., Hulscher, J. B. & Kersten, M. (1996) Why Oystercatchers *Haematopus ostralegus* cannot meet their daily energy requirements in a single low water period. *Ardea*, **84A**, 269-290.
- Zwarts, L. & Wanink, J. H. (1984) How Oystercatchers and Curlews successively deplete clams. In: *Coastal waders and wildfowl in winter* (eds P. R. Evans, J. D. Goss-Custard & W. G. Hale), pp. 69-83. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zwarts, L. & Wanink, J. H. (1993) How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behaviour of tidal-flat invertebrates. *Netherlands Journal of Sea Research*, **31**, 441-476.



## **Appendix: Karakterisering onderzoeksgroepen**

### **Alterra-Texel (IMARES)**

De doelstelling van het team Wad en Zee van Alterra-Texel (sinds 1 mei opgegaan in het onderzoeksinstituut IMARES) was als volgt: het verrichten van strategisch en toegepast onderzoek ten behoeve van het beleid, het ontwerp, de inrichting, het beheer en gebruik van de mariene leefomgeving op lokale, nationale en internationale schaal. Hierbij staat het onderzoeken, analyseren en beschrijven van de relatie tussen natuur en samenleving in mariene gebieden centraal, waarbij het enerzijds gaat om de natuur als richtinggevend principe voor het maatschappelijk handelen en anderzijds om de effecten van menselijke activiteiten op deze natuur. Het team Wad en Zee richt zich daarbij specifiek op het uitvoeren van (meestal door LNV) gefinancierde onderzoeks- of adviseringsprojecten met betrekking tot de natuurwaarden in het mariene milieu.

### **CBPG-IBED**

De onderzoeksgroep “Computational Biogeography and Physical Geography” van het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica doet onderzoek op het grensvlak van de ecologie en fysische geografie, vanuit het perspectief van modellering. De modellering van vogeltrek en het gedrag van vogels in relatie tot weersomstandigheden en landschapskarakteristieken is één van de peilers van het onderzoek.

CBPG-IBED is expert op het gebied van het ontwikkelen van beslissingsinstrumenten waarbij de informatie uit metingen en uit dynamische modellen gecombineerd wordt. CBPG-IBED heeft in samenwerking met SOVON Vogelonderzoek Nederland en Bureau Natuur van Defensie in de afgelopen drie jaar het Bird Avoidance Model voor Defensie ontwikkeld (<http://ecogrid.sara.nl/bambas/>)

### **Commerciële Onderzoeksbureaus**

Er zijn verschillende commerciële onderzoeksbureaus die in opdracht van ministeries, lagere overheden, natuurorganisaties of bedrijven onderzoek hebben uitgevoerd naar verstoring van (wad)vogels. Vaak gaat het om kortdurende bureaustudies, maar in een enkel geval is er sprake van langduriger studies en/of wordt daadwerkelijk veldwerk verricht. Commerciële onderzoeksbureaus die in dit kader over relevante expertise beschikken zijn Altenburg & Wymenga en Koeman & Bijkerk (ecologie wadvogels), Waardenburg (verstoring van vogels) en Ecocurves (modellering en het beheer van het model WEBTICS).

### **Defensie - Bureau Natuur**

Het Bureau Natuur van Defensie is een operationele sectie van de afdeling Missieondersteuning van de Koninklijke Luchtmacht. Het heeft als taak om maatregelen te nemen die de kans op ongelukken door aanvaringen tussen vliegtuigen en vogels zo veel mogelijk te beperken. Enerzijds betreft dit maatregelen bij het beheer van vliegvelden, zoals het onderhoud van de terreinen maar ook het verjagen van vogels. Anderzijds betreft dit het dagelijks analyseren van radarbeelden en resultaten van het BAM en het publiceren van waarschuwingen (BIRDTAMS), met name in het geval van actieve vogeltrek.

## **NIOZ – NIOO - RUG**

Vanuit verschillende onderzoeksinstellingen wordt fundamenteel onderzoek gedaan naar de relaties tussen vogels en hun voedselvoorraden in meer of minder mariene milieus. Het Koninklijke Nederlandse Instituut voor onderzoek der Zee (kortweg NIOZ) stelt zich ten doel multidisciplinair fundamenteel onderzoek te verrichten naar mariene systemen. Het onderzoek van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) richt zich op het begrijpen van de werking van de biosfeer, hoe dit verandert door menselijke invloed en wat de waarschijnlijke gevolgen daarvan zijn. De dierecologie groep van de Rijksuniversiteit Groningen (RuG) richt zich primair op gedragsecologisch onderzoek aan migratie, verspreiding, sex en reproductie. Bij al deze groepen leeft de verwachting dat het onderzoek ten goede kan komen aan het behoud van de natuur, maar natuurbehoud is niet de drijfveer voor het onderzoek.

## **RIKZ / WLDelft**

Het Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) richt zich op alle zoute en brakke wateren van Nederland, plus de kust. Als één van de zes specialistische diensten van Rijkswaterstaat verzamelt en levert het RIKZ kennis van al wat de zee aangaat, ter bevordering van het duurzaam gebruik van estuaria, kusten en zeeën en ter bescherming tegen overstroming. WL | Delft Hydraulics is een onafhankelijk instituut voor toegepast onderzoek en gespecialiseerd advies op het gebied van alle aan water gerelateerde vraagstukken. De afdeling marien richt zich onder andere op stromingsberekeningen en de dynamiek van de morfologie van de kuststreek en de Waddenzee.

## **SOVON**

De vereniging SOVON Vogelonderzoek Nederland (kortweg SOVON) organiseert landelijke vogeltellingen ten behoeve van beheer, beleid en wetenschap. Met deze vogeltellingen, georganiseerd in een zevental aparte projecten, brengt SOVON jaarlijks de vogelstand in Nederland in beeld. Deze tellingen worden uitgevoerd door ruim 7.000 waarnemers en gecoördineerd door een professionele staf. Naast coördinatie van dit signalerend onderzoek (monitoring van de vogelstand) voert SOVON ook in toenemende mate verklarend onderzoek uit dat de gesignaleerde ontwikkelingen in de vogelstand tracht te verklaren. In totaal werken er een 50-tal beroepskrachten bij SOVON. Deze zijn voor het grootste deel werkzaam in het kantoor van SOVON in Beek-Ubbergen (bij Nijmegen). De projecten van SOVON worden gefinancierd door ministeries, lagere overheden, natuurbeschermingsorganisaties en het bedrijfsleven. SOVON heeft geen winstoogmerk.