WALTER
wadden sea
LONG-TERM ECOSYSTEM RESEARCH

Gedegen, innovatieve en verbindende monitoring van het waddengebied

# VOORSTEL BASISMONITORING

## FOERAGEERVERSPREIDING VAN WADVOGELS

Marc van Roomen
Loes van den Bremer
Bruno J. Ens

Sovon Vogelonderzoek Nederland

FOERAGEERVERSPREIDING

VERSIE 20150320

MAART15

# INHOUDSOPGAVE


**1 INLEIDING ..... 4**

1.1 Probleemstelling ..... 4
1.2 Aanpak ..... 4

**2 FOERAGEERVERSPREIDING VASTLEGGEN ..... 6**

2.1 Laagwaterverspreiding ..... 6

2.1.1 Vliegtuig ..... 6
2.1.2 Vanaf wal ..... 6
2.1.3 Op het wad ..... 7

2.2 Tellingen gedurende gehele cyclus op- en afgaand water ..... 10

2.2.1 Observatiepost ..... 10
2.2.2 Camera's ..... 11

**3 KOPPELING HVP'S EN LAAGWATERFOERAGEERGEBIEDEN ..... 12**

3.1 Bestaande kennis ..... 12
3.2 Verplaatsingen meten ..... 13

3.2.1 Waarnemers ..... 13
3.2.2 Radar ..... 14
3.2.3 Kleurringen ..... 15
3.2.4 Radiozenders ..... 16
3.2.5 GPS ..... 16

**4 VOORSPELLENDE MODELLEN ..... 20**

4.1 WEBTICS ..... 20
4.2 MORPH ..... 21
4.3 Habitatmodellen ..... 22
4.4 WADISTID ..... 22
4.5 Benuttingsanalyse ..... 22

**5 VOORSTEL BASISMONITORING LAAGWATERVERSPREIDING ..... 23**

**6 REFERENTIES ..... 25**

# 1 INLEIDING

## 1.1 Probleemstelling

De Waddenzee is als één van de grootste intergetijdengebieden ter wereld van uitzonderlijke waarde voor vogels. In het gebied vinden ook vele menselijke activiteiten plaats, zoals visserij, recreatie en gaswinning. Om de mogelijke effecten hiervan op het leefgebied van vogels in kaart te brengen, is kennis over verspreiding en aantallen cruciaal. In het dynamische milieu van de Waddenzee wordt de beschikbaarheid van foerageer- en rustgebieden voor vogels gedicteerd door de getijdenbewegingen. De aanwezigheid van veel soorten is sterk seizoensgebonden. We hebben dan ook te maken met sterk wisselende aantallen en verspreiding, zowel binnen één dag als in de loop van het seizoen.

Hoogwater verdringt de op wadplaten foeragerende vogels naar zogenaamde hoogwatervluchtplaatsen (HVP's). Ze liggen langs de randen van de Waddenzee en de zich hier concentrerende vogels zijn relatief goed te tellen. Watervogeltellingen in de Waddenzee, zoals uitgevoerd vanaf de jaren zeventig van de vorige eeuw, vinden daarom plaats tijdens hoogwater. Door simultaan de verschillende locaties te tellen (wat alleen mogelijk is dankzij de inzet van vele vrijwilligers), krijgen we een goede indicatie van aantallen, seizoenspatroon, jaartrends en verspreiding (op HVP's).

Wat ontbreekt is een gedetailleerd beeld van de ruimtelijke verspreiding van de vogels tijdens laagwater, wanneer ze in hun foerageergebieden verblijven. Dit is om twee redenen bezwaarlijk. Ten eerste worden de aantallen vogels in intergetijdengebieden beïnvloed door de beschikbare voedselbestanden. Oorzaken van aantalsveranderingen bij vogels zijn alleen te achterhalen als er robuuste relaties worden gelegd met het voedsel en de factoren die de beschikbaarheid daarvan bepalen. Ten tweede heeft veel menselijk medegebruik juist invloed op het (in vergelijking met HVP's) veel grotere oppervlak van de droogvallende wadplaten (wadlopen, aanleg van pijpleidingen, gaswinning, handkokkelvisserij etc.). Een goede inschatting van het effect van die activiteiten is, evenals advisering over inpasbaarheid van dit menselijk medegebruik, alleen mogelijk als we weten welke soorten en aantallen vogels worden beïnvloed.

De laagwaterverspreiding van wadvogels is tot nu toe met behulp van verschillende methoden in beeld gebracht. Tot op heden ontbreekt een Waddenzee breed monitoring programma. In deze studie doen we, op basis van een review van bestaande methoden, een voorstel voor basismonitoring.

## 1.2 Aanpak

We beschrijven methoden die de laagwaterverspreiding als momentopname meten naast methoden die ook inzicht geven in de veranderende verspreiding gedurende de gehele cyclus van een laagwaterperiode (hoofdstuk 2). Vervolgens brengen we mogelijkheden in beeld om relaties te leggen tussen de hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) en de foerageerverspreiding tijdens laagwater (hoofdstuk 3). Als deze relatie helder is, kunnen aantalsveranderingen in de foerageergebieden ook gevolgd worden via HVP-tellingen. Dat geeft de mogelijkheid om het bestaande

monitoringmeetnet in de Waddenzee ook te gebruiken voor de monitoring van de laagwaterverspreiding.

We komen tot een voorstel voor basismonitoring door de verschillende methoden af te zetten tegen de doelstellingen en factoren als betrouwbaarheid van resultaten, tijdsinvestering en overige kosten mee te wegen.

# 2 FOERAGEERVERSPREIDING VASTLEGGEN

## 2.1 Laagwaterverspreiding

Tellingen tijdens laagwater leveren een momentopname op. Al het foerageergebied is dan beschikbaar voor de wadvogels en er wordt verondersteld dat de verspreiding gedurende een relatief korte periode min of meer stabiel is (1,5 uur voor tot 1,5 uur na LW).

### 2.1.1 Vliegtuig

Vanuit een vliegtuig kunnen grote oppervlaktes in relatief korte tijd onderzocht worden, inclusief moeilijk toegankelijke gebieden.

Ervaringen

- Vliegtuigtellingen worden in de Nederlandse Waddenzee toegepast om zeehonden en zee-eenden te tellen (de Jong *et al.* 2005, Arts & Berrevoets 2007). Vooral grote soorten zijn goed te tellen vanuit een vliegtuig.
- In de Deense Waddenzee worden ook wadvogels geteld vanuit een vliegtuig. Onderzoek naar de betrouwbaarheid ervan is verricht door de resultaten van vliegtuigtellingen te vergelijken met simultane tellingen vanaf de grond. De tellingen vonden plaats tijdens hoogwater, wanneer de vogels in grote groepen op de HVP zitten. Vooral kleinere, in lage aantallen en in gemengde groepen optredende vogelsoorten werden gemist vanuit het vliegtuig. Hoe lager de aantallen, des te groter de kans vogels te missen (Laursen *et al.* 2008). Tijdens laagwater komen vogels veel verspreider voor dan tijdens hoogwater. Bij laagwater zijn de telproblemen vanuit een vliegtuig dan ook aanzienlijk groter dan tijdens hoogwater. Grote en opvallende soorten (meeuwen, bergeend, mogelijk scholekster) zijn vanuit een vliegtuig misschien wel te tellen. Kleine soorten met een grijsbruin verenkleed (o.a. bonte strandloper) steken amper af tegen de achtergrond van de donkere wadplaten, en bij deze soorten lijken vliegtuigtellingen onmogelijk.
- Een alternatief is mogelijk het maken van *high definition* foto's vanaf grotere hoogte en deze later uittellen (Boyd 2000, Descamps *et al*. 2011). Mogelijk bieden ook Drones een alternatief voor vliegtuigen. Het is nog niet mogelijk om een advies te geven over de inzetbaarheid van beide methoden. Eerst zal meer ervaring moeten worden opgedaan via pilotstudies.

### 2.1.2 Vanaf de wal

Ervaringen

- In de periode 6 juli 1977 tot 25 oktober 1985 voerde Leo Zwarts laagwatertellingen uit aan de Friese Kust. De tellingen beslaan de verwaarloosde landaanwinningsvakken langs de dijk tussen Paesens-Moddergat en Wierum. De restanten van de rijshouten dammen van de voormalige landaanwinning vormen goed afgebakende vakken. Vanuit een auto op de dijk werd vak voor vak geteld. De op het wad foeragerende vogels werden aldus niet verstoord. De tellingen vonden jaarrond plaats rond het tijdstip van laagwater. Een statistische analyse van deze tellingen staat in Ens *et al*. (2008). Er bestonden grote verschillen tussen soorten en grote heterogeniteit wat betreft

aantallen (in ruimte en tijd), maar er werden geen duidelijke relaties gevonden met de slikkigheid en de hoogteligging van de vakken.
- In Engeland loopt bij de British Trust for Ornithology (BTO) een programma voor laagwaterstellingen door vrijwilligers. Ze tellen een paar keer per jaar in herkenbare geografische eenheden binnen een estuarium (Musgrove *et al.* 2003). Dat dit kan, is omdat er in Engeland veel kleine, door wegen omgeven estuaria zijn, die vanaf de weg kunnen worden geteld. De grote wadgebieden, waar geulen overgestoken moeten worden om bij de centrale wadplaten te komen, vallen buiten dit programma. Het is te gevaarlijk om vrijwilligers te vragen op zulke plekken te tellen (Musgrove pers. med.). Door Sovon is onderzocht of een vergelijkbaar programma bij ons mogelijk is. Er is besloten om dat niet te doen. De Nederlandse Waddenzee is immers merendeels slecht toegankelijk. Alleen een klein deel kan zonder gevaar vanaf de kant worden geteld (Ens *et al*. 2008).
- Cor Smit telt sinds 1983 met variërende frequentie (eens in de 1-4 weken) de Mokbaai op Texel tijdens laagwater. Daarbij wordt een vijftal deelgebieden onderscheiden. De ervaringen zijn goed, wat te maken heeft met het besloten karakter van de baai: vanaf vijf locaties kunnen vanaf de kant alle goed herkenbare deelgebieden worden geteld.

### 2.1.3 Op het wad

Om niet gebonden te zijn aan een beperkt aantal vaste locaties op de wal, kunnen waarnemers ook het wad op gaan. Dat leidt altijd tot verstoring van wadvogels (Zegers 1973, Smit & Visser 1993, Spaans *et al.* 1996, Stillman & Goss-Custard 2002). Een oplossing is om zodanig grote gebieden te tellen dat de verstoorde vogels zich na verplaatsing nog binnen hetzelfde gebied bevinden. Omdat de verstoringsafstand van de schuwere wadvogelsoorten een paar honderd meter is (Smit & Visser 1993, Spaans *et al.* 1996), lijken enkele vierkante kilometers het minimum. Wanneer gebruik wordt gemaakt van natuurlijke grenzen, zoals slenken, zijn de telvakken vaak automatisch groot (Zwarts 1988, van Kleunen 1999, de Boer *et al.* 2002, Musgrove *et al.* 2003) Het gevolg van een groot telgebied is echter dat de telgebieden erg heterogeen zijn wat betreft abiotische en biotische variabelen (zoals dichtheid bodemdieren). Dat heeft weer tot gevolg dat het moeilijk is om een relatie te leggen tussen de abiotische en biotische variabelen enerzijds en de vogeldichtheid anderzijds.

Ervaringen
- Folmer *et al*. (2010) ontwikkelde een techniek waarbij een waarnemer op het wad zijn eigen positie vastlegt met GPS en die van in de nabijheid foeragerende wadvogels met telescoop, op basis van projectieve geometrie. De directe omgeving van de waarnemer wordt verstoord, net als bij waarnemers die zich lopend over het wad bewegen. Echter, doordat de waarnemer langdurig stilstaat is dit verstoringsgebied kleiner dan bij een bewegende waarnemer. Voor een goede locatiebepaling van de vogels is een afstandmeter nodig (in dit geval werd daarvoor het vizier van een geweer gebruikt) en een kompas. De methode is erg arbeidsintensief: afhankelijk van de aantallen wadvogels kunnen er slechts 1-3 plekken per tij worden geteld. De methode werkt alleen rond laagwater en overdag. Tijdens opkomend en afgaand water verandert de verspreiding te snel. Soorten kunnen alleen op korte afstand

herkend worden en het lijkt onhaalbaar om in het donker tot een goede afstands- en richtingbepaling te komen.

- Om zicht te krijgen op de Waddenzee brede verspreiding van wadvogels, is binnen project Metawad aandacht besteed aan het met laagwater in kaart brengen van deze soorten (van den Hout & Piersma 2013). Deze tellingen fungeren als achtergrondschets voor de meer gedetailleerde waarnemingen (onder andere met behulp van telemetrie) aan primaire onderzoeksoorten. Van 16 augustus tot 29 september 2011 is bij laagwater de verspreiding van wadvogelsoorten (wulp, scholekster, rosse grutto, zilverplevier, kanoet, tureluur, drieteenstrandloper en bonte strandloper) in kaart gebracht. Dit gebeurde tijdens 23 sessies, elk binnen twee uren voor en na laag water. In deze tijd worden steltlopers het minst in hun bewegingsvrijheid belemmerd door het getij. De te karteren gebieden werden op de vooravond van de telling gekozen, zonder voorkennis over vogelaantallen en soorten. De gebieden lagen op wisselende afstanden van HVP's, eilanden en vasteland. Rekening houdend met verschillende omstandigheden (oppervlakte wadplaat, weer, zicht, ingeschatte verstoringskans bij betreding), werden 13 gebieden te voet gekarteerd en 10 vanaf een onderzoeksschip. De 23 telgebieden (totaal 8674 ha, 7,2% van oppervlak droogvallende wadplaten in Nederlandse Waddenzee), liepen in oppervlak uiteen van 24-1077 ha. Omdat de vogeldichtheid meestal sterk varieert van plek tot plek (van de Kam *et al*. 1999) is ernaar gestreefd om zoveel mogelijk de gehele wadplaat in de kartering te betrekken. Alle wadvogels, al dan niet actief foeragerend, werden gekarteerd. De posities van de individuen en groepen werden bepaald op basis van richting en afstand ten opzichte van de waarnemer. De positie van de waarnemer werd bepaald met behulp van GPS en de richting waarin de vogel(s) zaten met een kompas. De afstand tot de vogel(s) werd geschat met een telescoopvizier. Met behulp van de daarin aangebrachte schaalverdeling werd op de plaats waar de vogel werd aangetroffen de afstand tot de horizon afgelezen. Deze kon op basis van een eerder uitgevoerde kalibratie worden herleid naar de afstand tot de vogel (Folmer *et al*. 2010). De op deze manier onder Metawad gehanteerde methode werkt goed. Ze is wel arbeidsintensief, kan alleen overdag gebruikt worden en geeft een momentopname gedurende laagwater.
- In juli-november 2002 onderzocht Sovon in opdracht van Delft Hydraulics de vogelwaarden van wadplaten de Hond en Paap (de Boer *et al*. 2002), vanwege voorgenomen werkzaamheden aan de (ingegraven) gasleiding. Zo mogelijk werd wekelijks geteld met vaste tussenpozen; enkele tellingen vielen uit (mist, regen). De tellers werden met zeewaardige schepen en rubberboten naar de platen gebracht, voorzien van reddingsvesten, GPS, portofoons en mobiele telefoons. Tussen schip en tellers bestond een geregeld contact, waarbij het inkomende tij nauwlettend door de schipper werd gevolgd. Voor een telling werd met drie tellers gewerkt; twee op Hond en Paap en één aan de vaste wal. Soms leidden hoge aantallen op de platen tot tijdnood bij de plaattellers, in dat geval sprong de derde man bij door een stuk vanaf de wal te tellen. Dubbeltellingen werden op de platen zoveel mogelijk uitgesloten doordat beide tellers zich naar elkaar toe begaven en zo nodig de portofoon gebruikten. De wadvogels werden met telescoop geteld en in vaste telgebiedjes ingetekend op een topografische kaart. In totaal waren 33 telgebiedjes afgebakend met goed herkenbare grenzen in het veld zoals slenken, mosselbankjes of boomstammen op de platen en basaltdammen langs de kust. De methode geeft goede resultaten over de aantallen in het hele laagwatergebied. De precieze

verspreiding wordt minder gedetailleerd vastgelegd dan met de methode van Folmer *et al*. (2010) of gehanteerd onder Metawad. Werken met vaste telgebiedjes heeft wel als voordeel dat de resultaten makkelijker tussen verschillende tellingen vergeleken kunnen worden. Ook voor deze methode geldt dat deze alleen overdag plaatsvindt en een momentopname gedurende laagwater beschrijft.

- Om een beeld te krijgen van de aantallen en verspreiding van bij laagwater op de Ballastplaat foeragerende wadvogels zijn in de periode oktober-november 2008 vier laagwatertellingen uitgevoerd door Wageningen IMARES en Sovon (Postma *et al.* 2009). Deze gegevens waren nodig om de eventuele gevolgen van bodemdaling door zoutwinning te kunnen bepalen. Per telling werd ca. 18 $km^2$ aan droogvallende platen onderzocht. De hoekpunten van de kilometervakken waren van tevoren met palen gemarkeerd. De procedure van afzetten en ophalen van tellers was gelijk aan die bij Hond en Paap, met dien verstande dat twee tellers voldoende waren. Er werd geprobeerd om de resultaten van de laagwatertellingen te relateren aan tellingen op de HVP's nabij de Ballastplaat in dezelfde periode. De conclusie was echter dat een directe link zonder verder onderzoek niet te leggen was. De voor- en nadelen van deze methode zijn hetzelfde als bij Hond en Paap.
- In januari en februari 1990 zijn de intergetijdengebieden van de Ooster- en Westerschelde integraal geteld op watervogels tijdens laagwater (van Kleunen 1999). Tijdens een telling werd een gebied opgedeeld in visueel herkenbare delen en ingetekend op kaart. Voor zover mogelijk werd vanaf de dijk geteld, maar de platen werden vanaf boten geteld. De methode bleek geschikt om de aantallen en dichtheden van vogels tussen bekkens en sectoren te vergelijken, maar minder geschikt om de gebiedskeuze te verklaren. Daarvoor waren de onderscheiden vakken te heterogeen.
- De Waddenunit van EZ voert sinds 2013/14 tellingen uit van een aantal wadplaten tijdens laagwater, met wisselende frequentie (één maal per maand of per twee maanden) . Vaste gebiedseenheden worden bij laagwater vanaf de boot met telescoop geteld. Dit leidt tot minder verstoring dan bij een teller op het wad en de hoge positie geeft een beter overzicht dan een teller op het wad heeft. Wel zijn de telgebieden behoorlijk groot en is het de vraag of alle soorten even goed geteld kunnen worden. Met name kleinere wadvogels zijn op grotere afstanden lastig telbaar. Figuur 2.1 geeft een voorbeeld van gebieden die op deze manier geteld worden tussen de oostpunt van Terschelling en Engelsmanplaat.

**Figuur 2.1.** Voorbeeld van een aantal plots onder Ameland die door de Waddenunit van EZ tijdens laagwater (en ook tijdens hoogwater) worden geteld.

## 2.2 Tellingen gedurende gehele cyclus op- en afgaand water

### 2.2.1 Observatiepost

Tellen vanuit een observatiepost, die betrokken wordt voordat het wad droogvalt en die verlaten wordt nadat het is ondergelopen, levert nauwkeurige tellingen op van foerageerdichtheden en doorgebrachte tijd, indien er op het wad onderzoekvakken zijn uitgezet. De observatiepost kan een auto zijn, maar dan is slechts een zeer klein deel van het wad te tellen. De observatiepost kan ook een boot zijn. Als de boot niet mag droogvallen, is alleen het wad langs geulranden telbaar. Als de boot wel mag droogvallen, kan in principe overal geteld worden, zoals in de Westerschelde en Oosterschelde gebeurde (Ens *et al.* 2005). Bij veel onderzoek wordt gebruik gemaakt van op het wad geplaatste hutten (Ens & Zwarts 1980a, b, Ens & Goss-Custard 1984, Zwarts *et al.* 1990, Ens *et al.* 1990, Zwarts *et al.* 1996). Het gebied dat daarbij kan worden overzien, is echter erg beperkt. Om een groot gebied te tellen, zouden er veel wadhutten moeten staan (en veel waarnemers nodig zijn).

Ervaringen

- In de Westerschelde werd met een bootje, met daarop een schuilhut, naar met stokken gemarkeerde vakken gevaren, waarna de boot droogviel (Ens *et al*. 2005). Op basis van tellingen van 63 (later 71) plots van 50 x 50 m, gedurende een volledige laagwaterperiode op zeven verschillende teldagen, werden voor negen soorten steltlopers statistische verbanden gelegd tussen dichtheid en abiotische condities. De GLM modellen (die vaak wel een goede fit hadden) bleken niet in staat om de hoogwateraantallen ook maar bij benadering te schatten. Bij nadere analyse bleek dit ook te gelden als modellen werden gefit met GAM. Met BRT (*boosted regression trees*) modellen bleek het wel mogelijk om tot een redelijke schatting van de met hoogwater getelde aantallen te komen (Hallmann & Ens in prep).
- In de Oosterschelde werd eveneens met een bootje (met schuilhut), of vanaf de wal vanuit een auto, naar met stokken gemarkeerde vakken gegaan. Tellingen vonden plaats gedurende de hele laagwaterperiode in een nazomer, winter en voorjaarsperiode (Zwarts *et al*. 2011). Tien locaties hadden in totaal 278 plots, de meeste 0,5 – 1,1 ha groot. In tegenstelling tot de meeste studies werden geen rechthoekige vakken gebruikt maar trapezevormige, om perspectivische vertekening vanuit de wadhut te voorkomen. In totaal werden 28.029 tellingen van dichtheden van foeragerende vogels uitgevoerd gedurende 46 laagwaterperiodes. Afhankelijk van de locaties duurde zo'n laagwaterperiode 5-9 uur. Naast foerageerdichtheden werd ook prooiselectie geregistreerd en substraat samenstelling en macrobenthos gemeten. De gegevens werden succesvol gebruikt om op soortniveau de gevolgen te beschrijven van voortgaande erosie van de platen als gevolg van zandhonger (Zwarts *et al*. 2011).
- Bij veel, vaak al wat oudere studies, zijn wadhutten gebruikt om foerageerdichtheden te bepalen binnen vooraf uitgezette vakken. Methode en uitkomsten zijn in principe vergelijkbaar met die hierboven beschreven (Ens & Zwarts 1980, Ens & Goss-Custard 1984, Ens *et al.* 1990, Zwarts *et al.* 1990, Zwarts *et al.* 1996).

### 2.2.2 Camera's

Met inzet van camera's kunnen gegevens 'onbemand', continu, dag en nacht, zelfs onder slechte weersomstandigheden zonder gevaar worden verzameld. Voor zover ons bekend bestaat er nog geen software voor beeldherkenning van op het wad foeragerende wadvogels. Dat betekent dat foto's of videobeelden door menselijke waarnemers beoordeeld en gescoord moeten worden, wat arbeidsintensief is. Wel zijn goede ervaringen opgedaan met uitlezen door vrijwilligers (*Citizen Science*) binnen het project Mosselwad.

Een ander probleem is dat een tot enkele camera's op een vaste opstelling maar een beperkt deel van het wad bestrijken. Grootschalige inzet van vaste camera's is om meerdere redenen niet haalbaar en wenselijk.

Ervaringen

- In 2010 zijn steltloperbewegingen op Balgzand onderzocht met veldwaarnemingen, radar (Dokter *et al.* 2013) en een vaste cameraopstelling (Dokter *et al*. ongepubl.). Aanvankelijk leverde het verkrijgen van goede camerabeelden problemen op. Uiteindelijk waren er enkele maanden met continue opnames beschikbaar. Hiermee was het mogelijk om gedetailleerde patronen in foerageerdichtheden van scholeksters te beschrijven in relatie tot dag en nacht, getij, seizoen en dichtheden van mossels en kokkels (Dokter *et al*. ongepubl.).
- In 2011-2014 was voor project Mosselwad een drietal camera's in werking op de mosselbanken nabij De Cocksdorp (Texel), Brakzand (Schiermonnikoog) en Balgzand (Noord-Holland), (Ens *et al*. ongepubl.). Rond iedere camera werden 60-90 vakken uitgezet op en rondom de mosselbank. Per vak werden filmpjes van 10 seconden gemaakt, 24 uur per dag en zeven dagen in de week. Er zijn zo'n 2 miljoen filmpjes beschikbaar. Hiervan zijn er inmiddels, mede met behulp van een op internet beschikbare tool, 150.000 uitgelezen. De gegevens worden geanalyseerd in relatie tot mosseldichtheid en om predatiedruk te meten (Ens *et al*. ongepubl.).

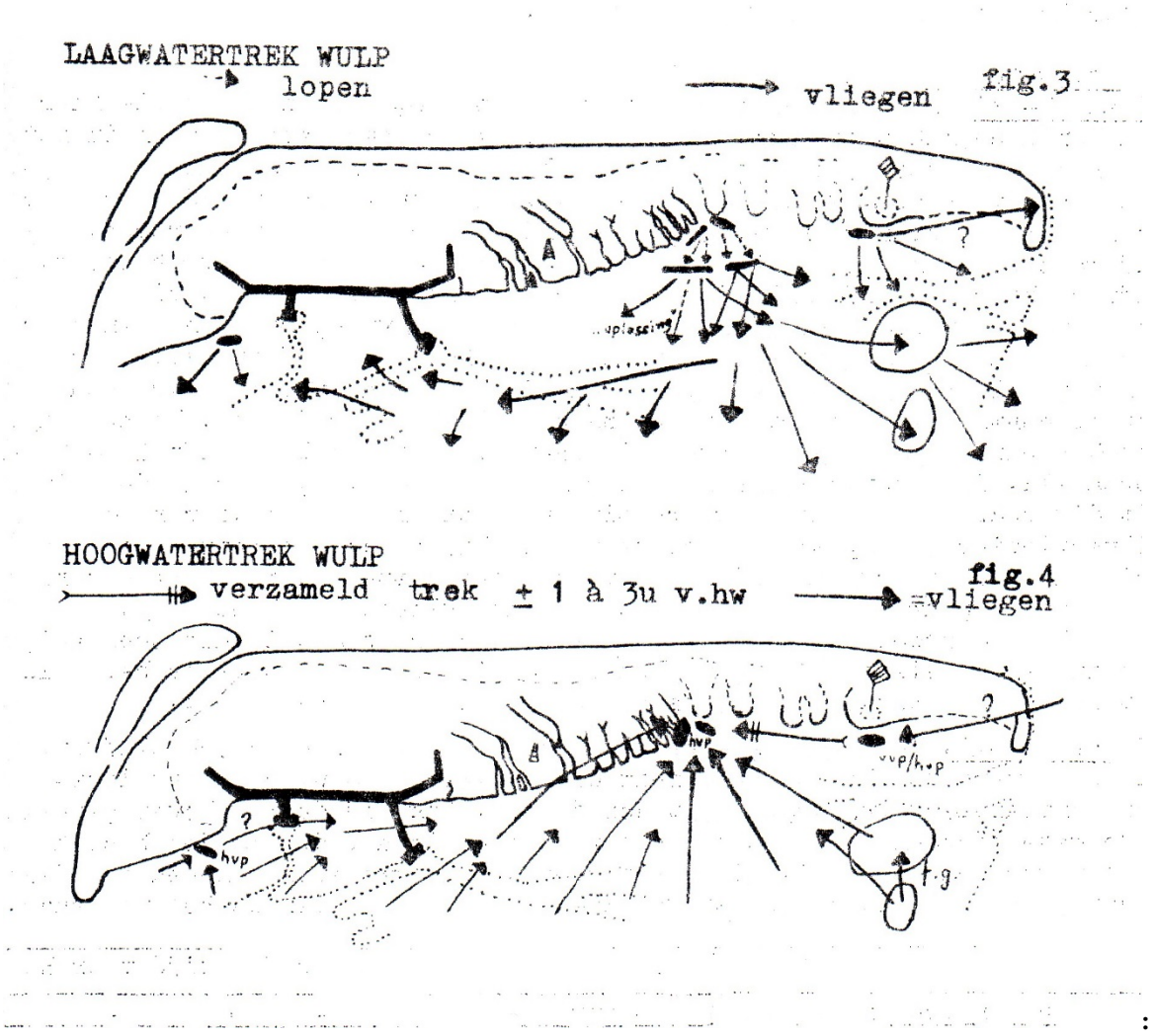
# 3 KOPPELING HVP'S EN LAAGWATER FOERAGEERGEBIEDEN

Er zijn bepaalde wetmatigheden in de relatie tussen hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) en laagwaterfoerageergebieden. De mate waarin gebruik wordt gemaakt van een HVP varieert per soort en hangt sterk af van de afstand tot de dichtstbijzijnde met laagwater droogvallende wadplaten die geschikt zijn als foerageergebied (van de Kam *et al.* 1999, Reneerkens *et al.* 2005). Als er te grote afstanden tussen foerageergebied en HVP overbrugd moeten worden, kost dit teveel energie vanwege kortere foerageertijd en extra vliegkosten (Rogers 2003).

## 3.1 Bestaande kennis

In de jaren zestig en zeventig is tijdens zomerkampen intensief onderzoek gedaan op Schiermonnikoog door leden van de vogelwerkgroep van de NJN. Daarbij werden vaak grote tochten over het wad gemaakt om de laagwaterfoerageergebieden in te tekenen en werden schetsen gemaakt van de vliegbewegingen naar de HVP's (Kuyken *et al*. 1965, Zwarts *et al*. 1966, Pauw *et al*. 1970, Ebbinge *et al*. 1974). Door de vogelwerkgroep van de KJN is vergelijkbaar onderzoek gedaan op Ameland (Rappoldt *et al*. 1973). Figuur 3.1 geeft een voorbeeld van de resultaten, hier de laagwatertrek (vanaf de HVP) en de hoogwatertrek (naar de HVP) van wulpen op Schiermonnikoog. Een grote HVP precies op het wantij werd zowel door wulpen vanuit het oosten als vanuit het westen gebruikt. De betreffende HVP kon niet eenduidig worden toegekend aan de Zoutkamperlaag (de westelijke komberging) of de Eilanderbalg. Dit is een situatie die vaker voorkomt, soms bestaat er echter een duidelijke scheiding. Men kan zich afvragen of de situatie van enkele decennia geleden nog steeds van toepassing is op de tellingen na 1990. Bovendien heeft de informatie vrijwel uitsluitend betrekking op de zomermaanden. In herfst en winter, als er minder menselijke verstoring is, overtijen de vogels misschien anders (zie ook Ens & Zwarts 1980).

Om na te gaan of er ook meer recente kennis was, over ook andere delen van het jaar, zijn door Ens *et al*. (2008) lokale telgroepen geïnterviewd. De beschikbare kennis blijkt zeer beperkt, omdat alle energie wordt gestoken in het tellen van de vogels met hoogwater en het moeilijk te zien is waar de vogels precies vandaan komen.




**Figuur 3.1.** Laagwatertrek en hoogwatertrek van wulpen bezuiden Schiermonnikoog in augustus 1965, zoals beschreven door Fokko Winterwerp in Schierboek 2 van de NJN-VWG (Kuyken *et al.* 1965).

## 3.2 Verplaatsingen meten

### 3.2.1 Waarnemers

Een goede manier om de relatie tussen HVP's en laagwaterfoerageergebieden vast te stellen, is om op strategische plaatsen waarnemers neer te zetten die alle vogels registreren die vanuit een bepaalde richting aanvliegen. De eerder beschreven studies van jeugdbonders op Schiermonnikoog en Ameland bewijzen dat dit systeem werkt (zie ook Kersten *et al*. 1997, Kersten & Rappoldt 2011). Het is echter een systeem dat veel mankracht vereist om Waddenzee breed op te zetten. Veel wadplaten bevinden zich verder van de kust, zodat bepaling van de relatie met HVP's lastiger zal zijn. Bovendien zullen algemene patronen en toevalsbewegingen, pas na veelvuldige observaties duidelijk worden. Er bestaat veel variatie als gevolg van soort, dag-nacht ritme, getijdenritme en seizoenspatroon.

### 3.2.2 Radar

Radar wordt al vele jaren ingezet om vliegbewegingen van vogels te meten (Bruderer 1997a, b). Verschillende recente studies beschrijven de *state of the art* (van Gasteren *et al.* 2008, Schmaljohann *et al.* 2008, Zaugg *et al.* 2008).

Radar heeft een aantal grote voordelen:

- Ook bij nacht en tijdens mist inzetbaar, wanneer visueel waarnemen niet mogelijk is
- Continu inzetbaar
- Minder verschillen tussen waarnemers en waarneemcondities in vergelijking met visuele observaties.

Radar heeft ook belangrijke nadelen:

- Determinatie niet op soort, maar soms wel op vogelgroep,
- Geen onderscheid tussen individuen wanneer de dieren dicht bij elkaar vliegen
- Schaduw effect. De zichtbaarheid van een vogel op de radar wordt bepaald door de RCS (*Radar Cross-Section*) (Bruderer 1997a, b). Die RCS hangt o.a. af van de gebruikte golflengte. Hoe kleiner de golflengte, hoe beter kleinere vogels gedetecteerd worden, maar ook hoe kleiner het bereik. Verder worden naast vogels ook insecten gedetecteerd; een ongewenste foutenbron. Een grotere golflengte is minder gevoelig voor grondreflectie, kan ook bij lichte regen worden gebruikt (Courtens & Stienen 2004), heeft een groter bereik en geen last van insecten. Misschien worden solitaire kleine vogels gemist, zoals bijvoorbeeld alleen vliegende bonte strandlopers. Sommige vogels worden beter opgemerkt met L-band radar en andere beter met S-band radar (Eastwood 1967).

Het kwantificeren van vogelbewegingen met radar is geen sinecure. Er zijn tal van methodologische problemen (Schmaljohann *et al.* 2008). Door TNO is het ROBIN (*Radar Observation of Bird INtensity*) systeem ontwikkeld, dat in staat is uit de radarbeelden de bewegingen van vogels en vogelgroepen te extraheren. Dit systeem werkt nu op de radar van de verkeersleiding van de luchtmacht, die een groot deel van Nederland bestrijkt. Laagvliegende vogels op enige afstand van de radar worden gemist als gevolg van de bolling van de aarde.

De vliegbewegingen tussen HVP en laagwaterfoerageergebied geschieden meestal op geringe hoogte. TNO heeft het ROBIN-Lite systeem ontwikkeld om hiermee on te gaan. Het systeem is gevalideerd in het Nationaal Programma Zee- en Kustonderzoek van NWO naar de continu veranderende verspreiding van wadvogels over het foerageergebied (Dokter *et al*. 2013). De effectieve afstand tot waar vogels konden worden gedetecteerd, bedroeg ongeveer 1,5 km. Binnen deze range werd ongeveer 50% van de langsvliegende vogels gedetecteerd, waarbij de detectiekans sterk toenam met de vlieghoogte, de grootte van de vogel en aanwezigheid van hoogwater. Ondanks de duidelijke verbeteringen ten opzichte van ROBIN geven deze resultaten aan dat radar voor onze doelen op dit moment nog niet geschikt is.

### 3.2.3 Kleurringen

Het aanbrengen van kleurringen maakt vogels individueel herkenbaar ( Figuur **3.2**). Het vangen en merken is arbeidsintensief, maar daarna kunnen de vogels vele jaren achtereen worden afgelezen. In het veld kan door waarnemers overdag worden vastgesteld waar de vogels overtijen en waar ze voedsel zoeken. Wadvogels zijn ook ’s nachts actief en als ze zich dan totaal anders gedragen (waar verschillende aanwijzingen voor zijn) dan levert deze methode dus een selectief beeld van de relatie tussen HVP en foerageergebied.

**Figuur 3.2.** Een met kleurringen individueel gemerkte scholekster op Schiermonnikoog. De vogel draagt rechtsboven een stalen ring met een uniek nummer van het Vogeltrekstation om te zorgen dat vangst of doodvondst van deze vogel tot een terugmelding leidt. De vogel draagt linksboven een witte kleurring en linksonder een grote groene ring met een dikke witte band bovenaan en een dikke witte band halverwege de ring. (Foto: Koos Dansen).

In de Nederlandse Waddenzee worden op dit moment de volgende vogelsoorten van wadplaten met behulp van kleurringen bestudeerd: zilvermeeuw, kanoet, rosse grutto, scholekster, lepelaar, steenloper, kluut en drieteenstrandloper (zie factsheets in de EVA tool: V17a, V17b, V18, V37, V39, V41, V42).

Leveren deze kleurringprogramma’s ons een goed inzicht in het verband tussen HVP en laagwaterfoerageergebieden? Kees Camphuysen vergeleek zichtwaarnemingen van gekleurmerkte zilvermeeuwen met GPS-posities van met een satellietzender uitgeruste exemplaren (Ens *et al.* 2008a). De GPS-posities gaven aan dat de droogvallende wadplaten een zeer belangrijk foerageergebied vormen, waar echter zo goed als geen aflezingen gedaan werden. Zilvermeeuwen worden afgelezen in steden, op vuilnisbelten, het strand en in graslanden. Waarnemers die zilvermeeuwen aflezen, bezoeken nauwelijks de droogvallende wadplaten. Ook scholekster en rosse grutto worden vooral afgelezen op het land of in de buurt van HVP’s. Vogels op de wadplaten komen erg verspreid voor, zodat

grote gebieden afgezocht moeten worden om een paar gemerkte vogels te vinden. Wanneer het doel is om zoveel mogelijk gemerkte dieren af te lezen, is het veel efficiënter om locaties te bezoeken waar grote aantallen in korte tijd kunnen worden afgelezen.

Dit waarneemprobleem wordt niet opgelost door vrijwilligers te vragen tijdens laagwater over de wadplaten te gaan lopen, op zoek naar individueel gemerkte wadvogels. Dat brengt te veel gevaar voor de vrijwilligers met zich mee, terwijl een dergelijk programma vanwege het lage rendement niet erg interessant voor ze is. Het alternatief, massale inzet van professionals, is een kostbare optie.

### 3.2.4 Radiozenders

Radiozenders zijn tegenwoordig zo licht van gewicht (0,2 g) dat ze zelfs op insecten toepasbaar zijn (Naef-Daenzer *et al.* 2005). Ze zijn dus bruikbaar bij alle in de Waddenzee voorkomende soorten. De zender kan op een 'harnas' worden bevestigd (Exo *et al.* 1996) of op het dier (bijv. een staartveer) worden geplakt. Omdat de zenders hun energievoorziening uit een batterij krijgen, zijn zij op een gegeven moment leeg. Om die reden heeft een niet-permanente bevestiging van de zender de voorkeur. De zenders zijn relatief goedkoop, zodat grote aantallen vogels ermee kunnen worden uitgerust. Ze moeten natuurlijk wel eerst gevangen worden (arbeidsintensief), maar het grootste probleem zit in het opsporen van de gezenderde dieren.

De meest toegepaste methode is dat waarnemers met een ontvanger en antenne door het veld lopen. In een gebied als de Waddenzee is dit zeer arbeidsintensief, terwijl moeilijk toegankelijke gebieden niet bezocht kunnen worden; het lijkt dan alsof de vogels daar nooit komen. Een oplossing, door gezenderde vogels op te sporen vanuit een vliegtuig met ontvanger (Bishop *et al.* 2004), is zeer kostbaar. De meest effectieve methode is om op een groot aantal plaatsen automatische ontvangststations te zetten die continu de aan- of afwezigheid van gezenderde individuen registreren. Deze techniek is met succes toegepast op kanoeten in de westelijke Waddenzee (van Gils *et al*. 2000). Een nieuwe ontwikkeling is het *time of arrival systeem* (TOA; Piersma *et al.* 2014), dat veel zeer gedetailleerde plaatsbepalingen kan doorgeven en met een gewicht van 4-6 gram geschikt is voor verschillende steltlopersoorten.

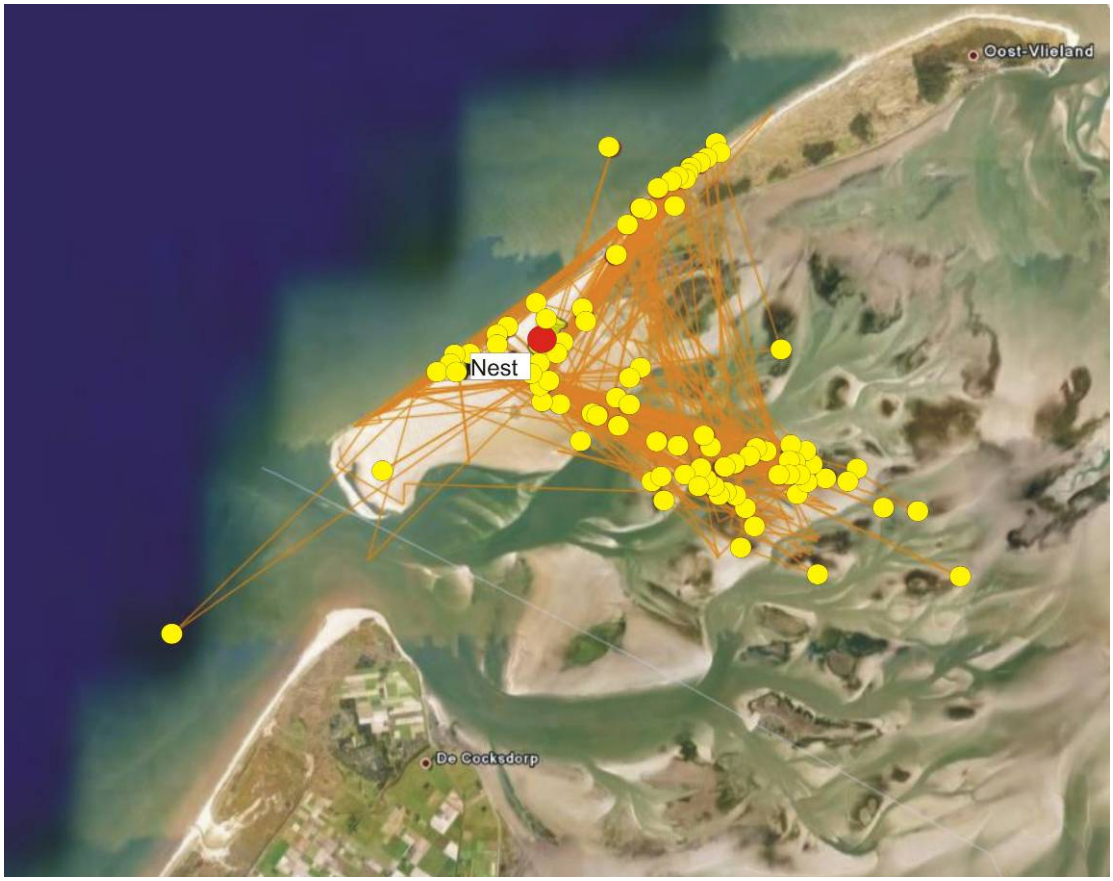
### 3.2.5 GPS

Een elegante oplossing voor problemen met aardse ontvangststations is het gebruik van zenders die hun signaal naar een satelliet sturen. Dankzij het Doppler effect kunnen die satellieten de zenderlocatie berekenen (CLS 2008). De nauwkeurigheid daarvan is grof, vaak in de orde van grootte van tientallen kilometers (Britten *et al.* 1999). Dat is voldoende om migratiepatronen te onderzoeken voor soorten die duizenden kilometers overbruggen, maar onvoldoende om een idee te krijgen over vluchten tussen HVP en laagwaterfoerageergebied.

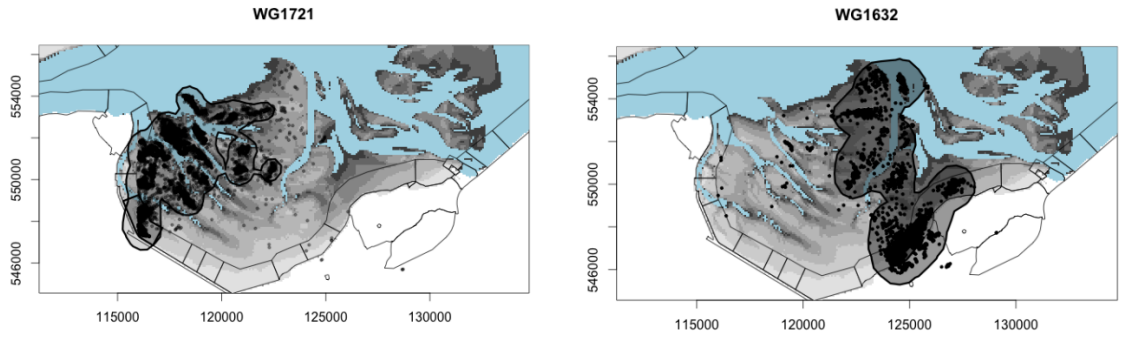
Sinds kort zijn er ook zenders met een ingebouwde GPS waardoor een zeer nauwkeurige plaatsbepaling mogelijk is; de fout is vaak minder dan 10 m. De GPS-posities worden opgeslagen en eens in de zoveel tijd naar de satelliet gestuurd. Als

extra voordeel halen ze hun energie uit een zonnepaneeltje en hebben ze een levensduur van enkele jaren (volgens de fabrikant Microwave drie jaar). De zender kan met een tuigje worden aangebracht dat onder de veren verdwijnt ( **Figuur 3.4**). De vogels lijken hiervan geen grote hinder te ondervinden. In de zomer is het mogelijk om 10 posities per dag te krijgen, meer dan genoeg om een goed beeld te krijgen van relaties tussen foerageergebied en rustplaats. In Figuur **3.5** is die rustplaats geen HVP maar het nest; dat is in dit verband geen essentieel verschil.

**Figuur 3.4.** Zilvermeeuw MAFH met GPS-PTT zittend gefotografeerd door Pieter van Veelen (links) en vliegend door Peter Tibax (rechts).




**Figuur 3.5.** Locaties van een op de Vliehors broedende zilvermeeuw uitgerust met een GPS-PTT in de periode 1 juni 2007 t/m 15 juli 2007. Data ESA FlySafe project.




**Figuur 3.6.** Relatie tussen laagwaterfoerageergebieden en hoogwatervluchtplaatsen op het Balgzand. De punten geven de individuele GPS-fixes weer. De contour omvat 95% van de punten. Links de vogels die overtijen in Sovon telgebied WG1721 en rechts de vogels die overtijen in Sovon telgebied WG1632. Bron: Ens *et al*. (2015).

Ondanks alle voordelen zijn aan grootschalige inzet van GPS-PTT's ook nadelen verbonden:

- De kleinste zenders die op dit moment commercieel verkrijgbaar zijn, wegen 17 g (http://www.microwavetelemetry.com) en daarbij komt dan nog het gewicht van het tuigje. Dat betekent dat de zenders alleen geschikt zijn voor de grote meeuwen en ganzen, maar niet voor steltlopers.
- In de wintermaanden is er in Nederland te weinig zonlicht om de batterijen voldoende op te laden met de zonnepanelen (Ens *et al.* 2008a).
- Het is niet mogelijk om het schema waarmee de zender gegevens verzamelt en verstuurt aan te passen, wanneer de zender eenmaal is ingeschakeld en op de vogel is bevestigd.
- De zenders zijn kostbaar (4000 euro per stuk). Daarnaast moeten aanzienlijke bedragen worden neergeteld voor de service van de Argos satellieten, die het signaal van de zenders opvangen en weer doorsturen naar een vast station op aarde.

Een deel van deze problemen is opgelost met de ontwikkeling, door de Universiteit van Amsterdam (UvA), van een nieuw type zender (Bouten *et al*. 2013). Deze zenders zijn met succes ingezet bij het bepalen van relaties tussen HVP en laagwaterfoerageergebied van scholeksters (
Figuur **3.6**). Belangrijke kenmerken van deze zenders zijn:

- Met 12 g zijn ze beduidend lichter dan de commercieel beschikbare GPS-PTT's. Ze zijn daardoor inzetbaar voor onderzoek aan de grotere steltlopers, zoals scholeksters en wulpen (Ens *et al*. 2014). Recent is ook een mini-*tracker* ontwikkeld die slechts 5,8 gram weegt (http://www.uva-bits.nl/news/new-gps-mini-tracker-facilitates-investigation-into-movement-of-smaller-animals). Deze is ook geschikt voor middelgrote steltlopers.
- De zenders sturen hun informatie niet naar de satelliet, maar communiceren via draadloos internet met een ontvangststation. Daarvoor is minder energie nodig, zodat ('s zomers) grote aantallen posities bepaald kunnen worden (tot 1000 per dag). Het foerageergebied wordt daarmee heel nauwkeurig in kaart gebracht. 's Winters is dit aantal veel lager, maar meestal is een positie per uur wel mogelijk.

- Draadloos internet wordt niet alleen gebruikt om de gegevens uit te lezen, maar ook om de zenderinstellingen te veranderen. Als er een periode met weinig licht aankomt, kan de zender worden ingesteld op minder registraties per dag om de batterij te sparen.
- De *trackers* zijn voorzien van een accelerometer. Deze maakt het mogelijk om niet alleen de positie, maar ook de activiteit van het dier te bepalen (Shamoun-Baranes *et al*. 2012).
- De zenders kosten ongeveer 1200 euro per stuk, aanzienlijk minder dan de commercieel beschikbare GPS-PTT's. Daarnaast zijn er eenmalige kosten voor een ontvangststation, maar niet voor het doorsturen van de gegevens, zoals bij de Argos satellieten.

Een potentieel nadeel van de UvA zenders is dat de vogels dicht genoeg bij het ontvangststation moeten komen om de zenders te kunnen uitlezen. Echter, de zenders kunnen een enorme hoeveelheid data voor onbeperkte tijd opslaan. Er bestaan ook andere versies GPS loggers, die hun gegevens via het GSM netwerk doorgeven. De ontwikkeling van zenders is nog volop in ontwikkeling en naar verwachting zullen formaat en kosten in de toekomst verder afnemen (Klaassen & Reneerkens 2014).

# 4 VOORSPELLENDE MODELLEN

Er bestaan vele modellen die de verspreiding van vogels over het voedselgebied beschrijven als functie van het voedselaanbod en de aanwezigheid van soortgenoten. Ze richten zich op een bepaald moment en nemen meestal aan dat er tussen soortgenoten interferentie optreedt, waarbij vogels tijdens voedsel zoeken in toenemende mate hinder van elkaar ondervinden als de dichtheid aan soortgenoten stijgt (Goss-Custard 1980). Hierbij worden enkele aannames gehanteerd. Deze gaan uit van een ideaal vrije verdeling (individuen hebben perfecte kennis van het voedselgebied, er zijn geen kosten verbonden aan verplaatsing, elk individu streeft naar een maximale opnamesnelheid van voedsel (Sutherland 1983). De voorspelde verspreiding hangt sterk af van de vorm van de interferentie (van der Meer & Ens 1997) en de modellen werken niet indien vogels als groep naar voedsel zoeken (Folmer *et al*. 2012).

Verspreidingsmodellen die zich beperken tot een bepaald voldoen niet wanneer we veranderende verspreiding (onder invloed van getij) willen voorspellen, evenals de draagkracht en de benutting van het voedselaanbod over een langere periode. Om die reden zijn de (mechanistische) simulatiemodellen WEBTICS en MORPH ontwikkeld. Beide modellen voorspellen draagkracht, en effecten van menselijke ingrepen hierop, maar kennen een verschillende detaillering. Daarnaast bestaan er allerlei (statistische) habitatmodellen, die de laagwaterverspreiding voorspellen op grond van habitatkenmerken. Er zijn ook andere modellen (in ontwikkeling) om hoogwater- en laagwateraantallen met elkaar in verband te brengen in afhankelijkheid van voedsel, substraat en droogvalduur.

## 4.1 WEBTICS

WEBTICS (*Wader Energy Balance and Tidal Cycle Simulator*) maakt het mogelijk om het effect op de draagkracht voor scholeksters in te schatten van elke menselijke invloed op de hoogteligging van de platen, het voedselaanbod of de beschikbaarheid van het voedsel. Zo zal verstoring het voedsel af en toe lokaal onbereikbaar maken. WEBTICS is ook uitermate geschikt om gecombineerde (cumulatieve) effecten door te rekenen, bijvoorbeeld het effect van handkokkelvisserij met en zonder bodemdaling.

Het model doet dit door het foerageren van steltlopers te simuleren in perioden van tien minuten, gedurende een winterseizoen en bij een gegeven voedselaanbod. Hoe de vogels zich verspreiden en hoeveel ze eten, hangt af van het op dat moment beschikbare voedselaanbod. Het wel een wee van individuele vogels wordt niet gevolgd in de simulatie. Er wordt wel bijgehouden hoe het prooibestand afneemt door predatie en er wordt rekening gehouden met een zekere achtergrondsterfte door andere factoren en vermagering van de prooien in de loop van de winter. In combinatie met de energiebehoefte (die afhangt van de omgevingstemperatuur en het gewicht van de vogel) kan een stress index worden berekend. De index is een getal tussen nul en één dat aangeeft hoe hard de vogels moeten werken om hun energiebehoefte te dekken.

De index wordt berekend voor de vogels in het model en die hebben het om verschillende redenen gemakkelijker dan vogels in het wild. Uit het aantalsverloop

van scholeksters gedurende een reeks van jaren, en uit veldgegevens over de wintersterfte, is daarom een kritisch stress niveau bepaald. Daarboven komen ‘echte’ vogels in de problemen, neemt de sterfte toe en nemen de aantallen af (Rappoldt *et al.* 2003a, b). Met behulp van dit kritisch stress niveau zijn vervolgens berekeningen mogelijk aan de draagkracht van een gebied voor scholeksters. Dit is het aantal vogels waarbij de stress index het kritische niveau bereikt.

De berekeningen worden uitgevoerd voor een bepaald gebied/regio, bijvoorbeeld het waddengebied of de Oosterschelde. Een gebied wordt verdeeld in deelgebieden waarvoor de eigenlijke simulaties worden gedaan. Bij ieder deelgebied horen vogels die zich vrij (en met verwaarloosbare kosten) kunnen verplaatsen binnen dat deelgebied. De indeling van een gebied of regio in deelgebieden dient zoveel mogelijk te gebeuren uitgaande van het getijdenritme van de vogels. Uitgangspunt is een samenhangend oppervlak aan wadplaten, bezocht door vogels die op bepaalde (en bekende) hoogwatervluchtplaatsen overtijen.

Een uitgebreide beschrijving van WEBTICS is te vinden in (Rappoldt *et al.* 2004). Recente toepassingen voor de Waddenzee zijn het schatten van de effecten van handkokkelvisserij (Rappoldt *et al*. 2008) en bodemdaling (Rappoldt & Ens 2013) op de draagkracht voor scholeksters. Het model is op dit moment alleen gekalibreerd voor scholeksters, maar toepassing op wulp (Ens *et al.* 2006) en kanoet (Ens *et al.* 2008b) lijkt mogelijk.

### 4.2 MORPH

MORPH is net als WEBTICS ontwikkeld voor scholeksters (Stillman 2008), maar ondertussen geparameteriseerd voor verschillende andere wadvogelsoorten (West *et al.* 2010). Het grootste verschil met WEBTICS is dat de lotgevallen van individuen tijdens simulaties worden gevolgd. Er moeten dus veel meer parameters geschat worden dan in WEBTICS. Zo verschillen de individuen in dominantie en foerageerefficiëntie. Niet alleen de verdeling van die eigenschappen over de populatie moet bekend zijn, maar ook de mate waarin de eigenschappen gecorreleerd zijn. Het betekent ook dat voor elk individu bepaald kan worden wanneer het dier niet meer in zijn voedselbehoefte kan voorzien. Er kan voor gekozen worden om de draagkracht te definiëren als: de populatieomvang waarbij een toenemend aantal dieren (volgens de simulaties) aan het einde van de winter niet meer in zijn voedselbehoefte kan voorzien. Zo kiezen Goss-Custard *et al.* (2004) voor een grenswaarde van 0,5%.

De verschillen tussen MORPH en WEBTICS worden uitgebreid beschreven door (Stillman & Goss-Custard 2010). Ook wordt een overzicht gegeven hoe het model gekalibreerd en gevalideerd is. MORPH is toegepast voor scenario-berekeningen over de effecten van schelpdiervisserij, inpoldering, verstoring en andere menselijke ingrepen in een groot aantal Engelse estuaria (Stillman & Goss-Custard 2010). Het zou zeer de moeite waard zijn om berekeningen met WEBTICS en MORPH uit te voeren voor dezelfde estuaria.

## 4.3 Habitatmodellen

Bij habitatmodellen worden de dichtheden statistisch gecorreleerd aan kenmerken van de wadplaten. Dit kunnen abiotische kenmerken zijn, zoals hoogteligging en slikkigheid (Brinkman & Ens 1998, Ens *et al.* 2005), maar ook biotische kenmerken, zoals de dichtheid aan geprefereerde prooidieren (Goss-Custard 1980), of een combinatie. De bruikbaarheid van habitatmodellen om de laagwaterverspreiding te voorspellen hangt af van de beschikbaarheid van (a) data van de juiste voorspellende parameter, en (b) metingen die de hele variatie beschrijven, om extrapolatie en interpolatie mogelijk te maken. De potentie van habitatmodellen voor het beschrijven van de laagwaterverspreiding is groot.

## 4.4 WADISTID

Een andere manier om het probleem te benaderen is de volgende vraag: is het mogelijk om met een beperkt aantal tellingen van laagwaterfoerageergebieden en een simpel model voor elke HVP in te schatten welk deel van de vogels naar een bepaald laagwaterfoerageergebied vertrekt? Een aanzet voor een dergelijk model is WADISTID (*WAder DIStribution under influence of TIDe*; van Loon in Ens *et al*. 2008). Het model moet gevoed worden met de volgende informatie:

- Ligging en geometrie van de hoogwater- en laagwatertelgebieden
- Beschikbare tellingen van de hoogwater- en laagwatertelgebieden
- Voedselaanbod in de verschillende laagwatertelgebieden
- Gemiddelde afstand tussen elk van de hoogwater- en laagwatertelgebieden
- Een parameter die de voedselbehoefte per vogel specificeert
- Een parameter die de *trade-off* tussen afstand en voedselaanbod specificeert.

De eerste stap voor verdere ontwikkeling is het model te gebruiken om voor bepaalde parameter waarden datasets te genereren en vervolgens data weg te laten (met name laagwatertellingen). Dan is het mogelijk om na te gaan hoe goed de verspreiding tijdens laagwater vanuit de hoogwatertellingen geschat kan worden, afhankelijk van het aantal ontbrekende gegevens. De volgende stap is het model te voeden met daadwerkelijke gegevens (onderzoeksgebied, uitgevoerde tellingen). Deze stappen zijn nog niet gezet en de verdere ontwikkeling is ongewis. Daardoor is de bruikbaarheid van dit model voor onze doelen niet goed in te schatten.

## 4.5 Benuttingsanalyse

In het kader van het project Randen van het Wad is voor de scholekster modelmatig onderzocht hoe de aantallen op HVP's zich verhouden tot de habitatkenmerken van de foerageergebieden (droogvalduur, sedimentsamenstelling en voedselaanbod, van der Hut *et al*. 2014). De resultaten geven de mate van afwijking van HVP aantallen ten opzichte van de gemiddelde relatie met voedselbeschikbaarheid (onder- en overbenutting). Deze aanpak geeft geen rechtstreeks overzicht van laagwaterverspreiding maar kan wel helpen om de relatie tussen de hoogwatervluchtplaatsen en laagwaterfoerageergebieden beter te kwantificeren. Ook dit model is nog in ontwikkeling waarbij inschatting van de bruikbaarheid voor onze doelen nog niet goed is te maken.

# 5 VOORSTEL BASISMONITORING LAAGWATERVERSPREIDING

Een belangrijke uitbreiding van onze kennis van laagwaterfoerageergebieden van wadvogels is mogelijk wanneer we deze gebieden kunnen koppelen aan individuele HVP's (of watervogeltelgebieden). De vraag naar de laagwaterverspreiding kan dan in belangrijke mate worden beantwoord met al plaatsvindende basismonitoring. De watervogeltelgebieden worden jaarlijks, gespreid over het seizoen, vijfmaal geteld. Via de langlopende aantalsmonitoring van HVP's hebben we dan een vinger aan de pols van de veranderende dichtheden, fluctuaties en trends in afzonderlijke laagwaterfoerageergebieden. Door gebruik te maken van informatie uit andere basismonitoring van laagwatergebieden (droogligduur, sediment, voedsel), kan de precisie van de voorspelde laagwaterverspreiding toenemen.

Wel is het nodig om deze relaties goed te kwantificeren via enkele onderzoekprojecten. Tabel 5.1 geeft een inschatting van de bruikbaarheid van de verschillende telmethoden om de volgende aspecten te beschrijven:

- Pure laagwaterverspreiding
- Benutting van wadplaten gedurende de hele laagwaterperiode
- Relatie tussen HVP's en laagwaterfoerageergebieden.

**Tabel 5.1.** Inschatting van de bruikbaarheid van verschillende telmethoden en type modellering voor verschillende doelen rondom laagwatergebruik van wadplaten en de relatie met HVP's. Bij teldekking en voor- en nadelen zijn de volgende scores gebruikt: 1 = laag, 2 = gemiddeld, 3 = hoog.

| | | Doel gegevens | | | dekking | | voor- en nadelen | | | | bruikbaarheid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Methode | puur laagwater-verspreiding | gehele dynamiek gedurende cyclus | koppeling LW & HW | ruimtelijke dekking | temporele dekking | kosten | arbeidsintensiviteit | verstoring vogels | nauwkeurigheid telling | |
| 1. | Tellen vanuit vliegtuig | x | | | 3 | nvt | 3 | 1 | 3 | 1 | slecht |
| 2. | Tellen van in veld herkenbare geografische eenheden | x | | | 3 | nvt | 2 | 2 | 2 | 2 | goed |
| 3. | Intekenen foeragerende groepen met GPS & afstandsmeter | x | | | 2 | nvt | 2 | 2 | 2 | 3 | goed |
| 4. | Tellen van vakken vanuit vaste observatiepost | | x | | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | goed |
| 5. | Registratie van vakken met Inzet camera's | | x | | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | slecht |
| 6. | Koppelen laagwater gebied met HVP door observatie van trek | x | x | x | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | matig |
| 7. | Idem door middel van radar | x | x | x | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | slecht |
| 8. | idem door kleurringen | x | x | x | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | slecht |
| 9. | idem door zenders | x | x | x | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | goed |
| 10 | Mechanistische modellen | x | x | x | 3 | 3 | 2 | 3 | nvt | nvt | goed |
| 11. | Habitat modellen | x | x | x | 3 | 3 | 2 | 2 | nvt | nvt | goed |

Op basis van de scores in tabel 5.1 komen we tot het volgende voorstel voor onderzoek ter onderbouwing van de basismonitoring:

- *Beschrijving wetmatigheden in relaties tussen HVP's en laagwaterfoerageergebieden voor selectie van individueel te volgen soorten.*
  Kennis verkregen via individueel gezenderde vogels (GPS-PTT's, UvA-Bits, TOA) is het meest profijtelijk. Op dit moment is informatie beschikbaar over patronen tussen HVP's en laagwaterfoerageergebieden voor scholekster, lepelaar, zilvermeeuw en kanoet. Wetmatigheden in relatie tot data (voedsel, hoogteligging, slibgehalte, predatiedruk) en sociaal gedrag zijn te ontdekken door soorten met verschillend gedrag en habitatvoorkeur te onderzoeken. Naast bovenstaande soorten zijn ook bergeend, pijlstaart, wulp, kokmeeuw, tureluur, steenloper en bonte strandloper interessant. Om een goed Waddenzee breed overzicht te krijgen is het van belang strategisch te vangen op verschillende HVP's met een goede geografische spreiding.

- *Beschrijving wetmatigheden van foerageerdichtheden in relatie tot voedsel en habitatkenmerken.*
  Metingen van foerageerdichtheden en voedselkeuze, in relatie tot voedselbeschikbaarheid en andere habitatkenmerken, in verschillende onderzoeksgebieden binnen de Waddenzee. Vergelijkbaar met uitgevoerd onderzoek in de Oosterschelde (Zwarts *et al.* 2011). Voor soorten die meer groepsgewijs foerageren, zijn daarbij ook methoden nodig zoals omschreven door Folmer *et al.* (2012) en Van den Hout & Piersma (2013).

- *Modellering van verspreiding gedurende laagwaterperiode en van relaties met HVP's.*
  De hierboven genoemde wetmatigheden moeten verder worden getest en gebruikt om door middel van modelering voorspellingen te maken voor het hele waddengebied. Welk type model hangt af van de precieze vraagstelling en beschikbare gegevens.

- *Validatie.*
  Na onderzoek van individueel gevolgde soorten (1) en beschrijving van vogeldichtheden op het wad in relatie tot habitatkenmerken (2), waarbij de wetmatigheden worden gekwantificeerd en via een model worden gebruikt voor extrapolatie (3), is validatie cruciaal. Het is belangrijk om de geldigheid van de wetmatigheden iedere 10-15 jaar te checken door herhalingsonderzoek (zenderwerk, bepaling foerageerdichtheden).

# 6 REFERENTIES


Arts F.A. & Berrevoets C.M., 2007. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2007. Middelburg, Rapport RIKZ/2007.010.RIKZ.

De Boer P., Voslamber B., Koks B., Kleefstra R. & Oosterhuis R., 2002. Onderzoek naar vogelwaarden van Hond en Paap in juli-november 2002. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen, SOVON-onderzoeksrapport 2002/14.

Bishop M.A., Warnock N. & Takekawa J.Y., 2004. Differential spring migration by male and female Western Sandpipers at interior and coastal stopover sites. Ardea 92, 185-196.

Bouten W., Baaij E.W., Shamoun-Baranes J. & Camphuysen C.J., 2013. A flexible GPS tracking system for studying bird behaviour at multiple scales. Journal of Ornithology 154, 571-580.

Boyd W.S., 2000. A comparison of photo counts versus visual estimates for determining the size of snow goose flocks. Journal of Field Ornithology 71, 686-690.

Brinkman A.G. & Ens B.J., 1998. Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee: Vogels. IBN, Den Burg, IBN rapport 371.

Britten M.W., Kennedy P.L. & Ambrose S., 1999. Performance and accuracy evaluation of small satellite transmitters. Journal of Wildlife Management 63, 1349-1358.

Bruderer B., 1997a. The study of bird migration by radar .1. The technical basis. Naturwissenschaften 84, 45-54.

Bruderer B., 1997b. The study of bird migration by radar .2. Major achievements. Naturwissenschaften 84, 45-54.

Bruderer B., 2003. The Radar Window to Bird Migration. In: Avian Migration, P. Berthold, E. Gwinner & E. Sonnenschein, Eds., Springer-Verslag, Berlin, 347-358.

CLS 2008. Argos User's Manual. Worldwide tracking and environmental monitoring by satellite.

Courtens W. & Stienen E.W.M., 2004. Verkennende studie naar het gebruik van radarbeelden voor vaststelling van vogeltrek op zee. In: Interactions between anthropogenic activities and the avifauna in Belgian marine areas, E.W.M. Stienen, Eds., Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, Rapport Instituut voor Natuurbehoud 2004.136, 25-38.

Descamps S., Bechet A., Descombes X., Arnaud A. & Zerubia J., 2011. An automatic counter for aerial images of aggregations of large birds. Bird Study 58, 302-308.

Dokter A.M., Baptist M.J., Ens B.J., Krijgsveld K.L. & van Loon E.E., 2013. Bird Radar Validation in the Field by Time-Referencing Line-Transect Surveys. PLoS ONE 8: e74129 doi 10.1371.

Eastwood E., 1967. Radar Ornithology. Methuen, London.

Ebbinge B., Zegers P., Groenendaal M., Ruardij P., Zwarts L., Kuyken E., Morraux P., Goudswaard K. & van Tol J., 1974. Schierboek 5. Rapport NJN-VWG.

Ens B.J. & Zwarts L., 1980a. Territoriaal gedrag bij wulpen buiten het broedgebied. Watervogels 5, 155-169.

Ens B.J. & Zwarts L., 1980b. Wulpen op het wad van Moddergat. Watervogels 5, 108-120.

Ens B.J. & Goss-Custard J.D.,1984. Interference among Oystercatchers *Haematopus ostralegus*, feeding on mussles, *Mytilius edulis*, on the Exe estuary. Journal of Animal Ecology 53, 127-231.

Ens B.J., Wintermans G.J.M. & Smit C.J., 1993. Verspreiding van overwinterende wadvogels in de Nederlandse Waddenzee. Limosa 66, 137-144.

Ens B.J., Brinkman A.G., Dijkman E., Meesters E., Kersten M., Brenninkmeijer A. & Twisk F., 2005. Modelling the distribution of waders in the Westerschelde. What is the predictive power of abiotic variables? Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 1193.

Ens B.J., Rappoldt C. & Zwarts L., 2006. WEBTICS voor Wulpen. Rapportage over de werkzaamheden die nodig zijn om het simulatiemodel WEBTICS toe te passen op de Wulp. SOVON Vogelonderzoek Nederland/EcoCurves, Beek-Ubbergen en Haren, SOVON-onderzoeksrapport 2006-11/EcoCurves rapport 3.

Ens B.J., Bairlein F., Camphuysen C.J., de Boer P., Exo K.M., Gallego N., Hoye B., Klaassen R., Oosterbeek K., Shamoun-Baranes J., van der Jeugd H. & van Gasteren H., 2008a. Tracking of individual birds. Report on WP3230 (bird tracking sensor characterization) and WP4130 (sensor adaptation and calibration for bird tracking system) of the FlySafe basic activities project. SOVON, Beek-Ubbergen, SOVON-research report 2008/10.

Ens B.J., Oosterbeek K.H. & Rappoldt C., 2008b. WEBTICS voor Kanoeten. Rapportage over de werkzaamheden die nodig zijn om het simulatiemodel WEBTICS toe te passen op de Kanoet. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen, SOVON-onderzoeksrapport 2008/13.

Ens B.J., Bom R.A., Dokter A.M., Oosterbeek K., de Jong J. & Bouten W., 2014. Nieuwe ontdekkingen en mogelijkheden in het onderzoek aan Scholeksters dankzij het UvA Bird Tracking Systeem. Limosa 87, 117-128.

Ens B.J., Dokter A.M., Rappoldt C. & Oosterbeek K., 2015. Wat bepaalt de draagkracht van de Waddenzee voor wadvogels: onderzoek naar het verspreidingsgedrag van Scholeksters. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen, Sovon-rapport 2015/02.

Exo K.M., Scheiffarth G. & Haesihus U., 1996. The application of motion-sensitive transmitters to record activity and foraging patterns of Oystercatchers *Haematopus ostralegus*. Ardea 84A, 29-38.

Folmer E.O., Olff H. & Piersma T., 2010. How well do food distributions predict spatial distributions of shorebirds with different degrees of self-organization? Journal of Animal Ecology 79, 747-756.

Folmer E.O., Olff H. & Piersma T., 2012. The spatial distribution of flocking foragers: disentangling the effects of food availability, interference and conspecific attraction by means of spatial autoregressive modelling. Oikos 121, 551-561.

Van Gasteren H., Holleman I., Bouten W., van Loon E. & Shamoun-Baranes J., 2008. Extracting bird migration information from C-band Doppler weather radars. Ibis 150, 674-686.

Gauthereaux S.A. & Belser C.G., 2005. Radar Ornithology and the Conservation of Migratory Birds. USDA Forest Service Gen. Ech. Rep. PSW-GTR-191.

Van Gils J.A., Piersma T., Dekinga A. & Spaans B., 2000. Voortdurend in de lucht; zenderonderzoek aan Kanoeten *Calidris canutus* in de westelijke Waddenzee. Limosa 73, 29-34.

Goss-Custard J.D., 1980. Competition for food and interference among waders. ARDEA 68, 31-52.

Goss-Custard J.D., Stillman R.A., West A.D., Caldow R.W.G., Triplet P., Durell S.E.A.L.V.D. & McGrorty S., 2004. When enough is not enough: shorebirds and shellfishing. Proceedings of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences 271, 233-237.

Van den Hout P. & Piersma T., 2013. Laagwaterverspreiding van steltlopers in de Waddenzee. Limosa 8, 25-30.

Van der Hut R.M.G., Folmer E.O., Koffijberg K., van Roomen M., van der Zee E. & Stahl J., 2014. Vogels aan de randen van het Wad. Verkenning van knelpunten en kansen op broedlocaties en hoogwatervluchtplaatsen. Altenburg & Wymenga, Ecospace, Sovon Vogelonderzoek Nederland & Bureau Waardenburg, A&W rapport 1982.

De Jong M.L., Ens B.J. & Leopold M.F., 2005. Het voorkomen van Zee-enEidereenden in de winter van2004-2005 in de Waddenzee en de Noordzee-kustzone. Alterra, Wageningen, Alterra rapport 1208.

Van de Kam J., Ens B., Piersma T. & Zwarts L., 1999. Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels. Schuyt & Co Uitgevers en Importeurs BV, Haarlem.

Kersten M., Rappoldt K., & van Scharenburg K., 1997. Wadvogels op Ameland, In Versluys *et al*. Vogels van Ameland. Friese Pers Boekerij, Leeuwarden.

Kersten M. & Rappoldt K., 2011. Wadvogels op Oost Ameland. Veranderingen sinds 1992 en vergelijkingen met referentiegebieden. EcoSense en EcoCurves. EcoCurves rapport 14.

Van Kleunen A., 1999. Verspreiding en habitatvoorkeur van eenden en steltlopers in Oosterschelde en Westerschelde. RIKZ, Middelburg, Werkdocument RIKZ/OS/2000.80x.

Klaasen R. & Reneerkers J., 2014. Bird tracking: zender – en loggeronderzoek aan vogels in Nederland. Limosa 87, 58-73.

Kuyken E., Sluiters H., Zwarts L., de Vries G., Mooser R., Tjallingii S., Winterwerp F. & Drenth E., 1965. Schierboek 2. Rapport NJN-VWG.

Laursen K., Frikke J. & Kahlert J., 2008. Accuracy of 'total counts' of waterbirds from aircraft in coastal waters. Wildlife Biology 14, 165-175.

Van Loon, E., 2008. Manual Wadistid, version 1, bijlage 1. In: Monitoring van vogels in de Waddenzee met de hand aan de kraan, Ens B.J., Goedhart P., Koffijberg K. & Rappoldt C. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen, SOVON-onderzoeksrapport 2008/19, 54-74.

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.

Moody A.L., Thompson W.A., de Bruijn B., Houston A.I. & Goss-Custard J.D., 1997. The analysis of the spacing of animals, with an example based on oystercatchers during the tidal cycle. Journal of Animal Ecology 66, 615-628.

Musgrove A.J., Langston R.H.W., Baker H. & Ward R.M., 2003. Estuarine Waterbirds at Low Tide: the WeBS Low Tide Counts 1992-93 to 1998-99. International Wader Study Group, Thetford, Report WSG/BTO/WWT/RSPB/JNCC.

Naef-Daenzer B., Fruh D., Stalder M., Wetli P. & Weise E., 2005. Miniaturization (0.2 g) and evaluation of attachment techniques of telemetry transmitters. Journal of Experimental Biology 208, 4063-4068.

Pauw P., Zwarts L., Roselaar K., Koolhaas J., Dantuma R., de Bruyn K. & Ebbinge B., 1970. Schierboek 4. Rapport NJN-VWG.

Piersma T., MacCurdy R.B., Gabrielson R.M., Cluderay J., Dekinga A., Spaulding E.L., Oudman T., Onrust J., van Gils J.J, Winkler D.W. & Bijleveld A.I., 2014. Fijnmazige positiebepaling van individuen in groepen: de principes en drie toepassingen van TOA-tracking. Limosa 87,156-167.

Postma J., van Winden E. & Ens B., 2009. Relatie tussen hoogwatertellingen en aantallen foeragerende vogels op de Ballastplaat. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen, SOVON-onderzoeksrapport 2009/03.

Quaintenne G., van Gils J.A., Bocher P., Dekinga A. & Piersma T., 2011. Scaling up ideals to freedom: are densities of red knots across western Europe consistent with ideal free distribution? Proceedings of the Royal Society B 278, 2728-2736.

Rappoldt C., Kersten M. & Carriere C., 1973. Ameland-verslag. Verslag van het wadvogelonderzoek op Ameland in 1972 en 1973. Jeugdbonden voor natuurstudie, Nijmegen, Rapport KJN-VWG.

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, Wageningen, Alterra rapport 882.

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, Wageningen, Alterra rapport 883.

Rappoldt C., Ens B.J., Kersten M. & Dijkman E., 2004. Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator WEBTICS. Technical Documentation version 1.1. Alterra, Wageningen, Alterra rapport 869.

Rappoldt C., Ens B.J. & Brinkman A.G., 2008. Het kokkelbestand 2001-2007 en het aantal scholeksters in de Waddenzee. Een beknopte modelstudie naar het effect van visserij. EcoCurves en SOVON-Vogelonderzoek Nederland, Haren en Beek-Ubbergen, EcoCurves rapport 8 en SOVON-onderzoeksrapport 2008/09.

Rappoldt C. & Ens B.J., 2013. Het effect van bodemdaling op overwinterende scholeksters in de Waddenzee. Een modelstudie met WEBTICS. EcoCurves / Sovon Vogelonderzoek Nederland, Haren en Nijmegen, EcoCurves rapport 17 en Sovon-rapport 2013/19.

Reneerkens J., Piersma T. & Spaans B., 2005. De Waddenzee als kruispunt van vogeltrekwegen. NIOZ, Den Burg, NIOZ rapport 2005-4.

Rogers D.I., 2003. High-tide roost choice by coastal waders. Wader Study Group Bulletin 100, 73-79.

Schmaljohann H., Liechti F., Bachler E., Steuri T. & Bruderer B., 2008. Quantification of bird migration by radar - a detection probability problem. Ibis 150, 342-355.

Shamoun-Baranes J., Bom R., van Loon E.E., Ens B.J., Oosterbeek K. & Bouten W., 2012. From sensor data to animal behaviour: an oystercatcher example. PLoS ONE 7: e37997.

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. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen, IBN-rapport 202.

Stillman R.A. & Goss-Custard J.D., 2002. Seasonal changes in the response of oystercatchers *Haematopus ostralegus* to human disturbance. Journal of Avian Biology 33, 358-35.

Stillman R.A., 2008. MORPH - An individual-based model to predict the effect of environmental change on foraging animal populations. Ecological Modelling 216, 265-276.

Stillman R.A. & Goss-Custard J.D, 2010. Individual-based ecology of coastal birds. Biological Reviews 85, 413-434.

Sutherland W.J., 1983. Aggregation and the ideal free distribution. Journal of Animal Ecology 52, 821-828.

West A.D., Stillman R.A., Drewitt A., Frost N.J., Mander M., Miles C., Langston R., Sanderson W.G. & Willis J., 2010. WaderMORPH; A user-friendly individual-based model to advise shorebird policy and management. Methods in Ecology and Evolution

Zaugg S., Saporta G., van Loon E. & Liechti F., 2008. Automatic identification of bird targets with radar via patterns produced by wing flapping. J R Soc Interface 26, 1041-1053.

Zegers P.M., 1973. Invloed van verstoring op het gedrag van wadvogels. Waddenbulletin 8, 3-7.

Zwarts J., Zwarts L., de Vries G., Kuyken E., Voss A. & Koolhaas J., 1966. Schierboek 3. Rapport NJN-VWG.

Zwarts L., 1988. Numbers and distribution of coastal waders in Guinea-Bissau. Ardea 7, 42-55.

Zwarts L., Blomert A.M., Ens B.J., Hupkes R. & van Spanje T.M., 1990. Why do waders reach high feeding densities on the intertidal flats of the Banc d'Arguin, Mauritania? Ardea 78, 39-52.

Zwarts L., Wanink J.H. & Ens B.J., 1996. Predicting seasonal and annual fluctuations in the local exploitation of different prey by Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: a ten-year study in the Wadden Sea. Ardea 84A, 401-440.

Zwarts L., Blomert A-M., Bos D. & Sikkema, M., 2011. Exploitation of intertidal flats in the Oosterschelde by estuarine birds. A&W rapport 1657.