

Nachtelijke vliegpatronen en vlieghoogtes van duikeenden in het IJsselmeergebied

Nocturnal flight patterns and altitudes of diving ducks in the IJsselmeer area

SJOERD DIRKSEN, ARIE L. SPAANS, JAN VAN DER WINDEN & LEO M.J. VAN DEN BERGH

Het IJssel- en Markermeer vormen samen het grootste aaneengesloten zoetwatermeer in ons land. Het relatief ondiepe, sterk eutrofe meer heeft een hoge biomassa aan plantaardig plankton en, plaatselijk, een rijke bodem- en visfauna. Het is daardoor een zeer belangrijk rui-, doortrek- en overwinteringsgebied voor grote aantallen vis- en schelpdieretende watervogels (o.a. Beintema *et al.* 1980, van Eerden & Bij de Vaate 1984, Osieck & Winkelman 1990, Beintema *et al.* 1993, Koffijberg & van Eerden 1994, de Leeuw 1997). Aangezien de aantallen van verscheidene vogelsoorten de 1%-norm overschrijden, is het gebied een wetland van internationale betekenis (o.a. Rooth 1989, Beintema *et al.* 1993, van den Tempel & Osieck 1994, Noordhuis *et al.* 1995). Onder de vele soorten die in het IJsselmeergebied pleisteren, vallen onder meer de grote aantallen duikeenden op, met als belangrijkste soorten de Topperend *Aythya marila*, Kuifeend *A. fuligula*, Tafeleend *A. ferina*, Brilduiker *Bucephala clangula*, Grote Zaagbek *Mergus merganser* en het Nonnetje *M. albellus*.

De meeste vogelsoorten die van het gebied gebruik maken, foerageren overdag en slapen 's nachts. Kuif-, Tafel- en de meeste Topperenden hebben een tegenovergesteld ritme. Zij foerageren 's nachts op vrij grote afstand uit de kust op Driehoeksmosselen *Dreissena polymorpha*, en rusten overdag op het water langs de oevers van het IJsselmeer of op binnendijks gelegen wateren (Beintema *et al.* 1978, Slager 1987, de Leeuw & van Eerden 1995, de Leeuw 1997). De vliegbewegingen tussen de voedsel- en rustgebieden vinden voor beide categorieën vogels rond de avondschemering en het ochtendgloren plaats.

Het IJssel- en Markermeer liggen in een gebied met veel wind. Initiatiefnemers van windenergieprojecten willen dan ook graag in en rond het IJssel- en Markermeer windturbines plaatsen. Vogels kunnen echter, al naar gelang de lokale situatie, ernstige of minder ernstige hinder van windturbines ondervinden (overzicht in Winkelman 1992a-d). In de eerste plaats kunnen vogels tegen de wieken, rotor of mast aan vliegen, of door luchtvervelingen (het zog) achter de windturbine tegen de grond geslagen worden. Het aanvaringsrisico is het grootst in het donker en in de late avond- en vroege ochtendschemering. In de tweede plaats kunnen door de aanwezigheid, de

beweging of het geluid van de turbines de aantallen vogels rond de turbines afnemen. Als gevolg van deze verstoring kan versnippering of verlies van het leefgebied van vogels optreden. Dit laatste treedt bij verscheidene soorten duikeenden op (Winkelman 1989). Hoe groot het aanvaringsrisico voor duikeenden op het IJssel- en Markermeer is, is niet bekend. Om die kans te kunnen inschatten, is in de eerste plaats meer informatie nodig over het exacte tijdstip van de voedsel- en slaaptrek en over de vlieghoogte van de eenden bij de verplaatsingen in het donker. In dit artikel wordt op beide vragen ingegaan (zie ook Dirksen *et al.* 1996).

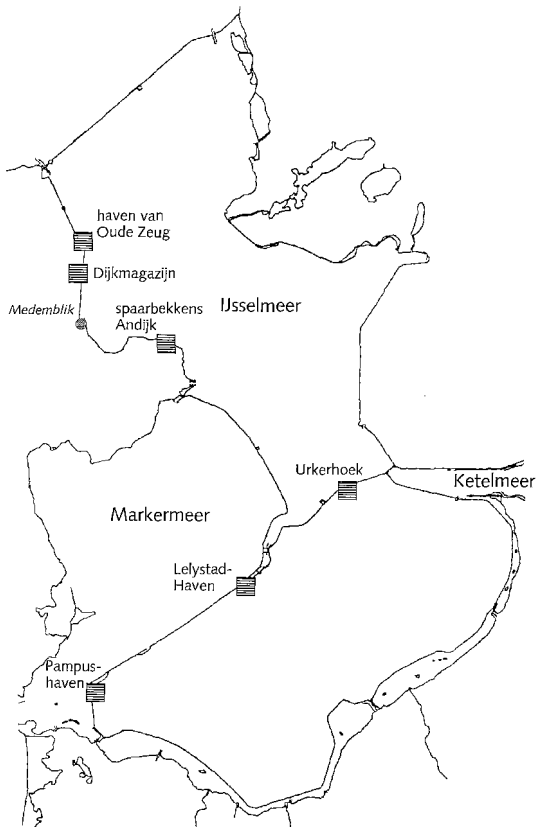
Onderzoekslocaties en methoden van onderzoek

Waarnemingsplaatsen Het onderzoek werd uitgevoerd van 21 februari tot 13 maart 1995. In totaal konden op zes locaties met een radar waarnemingen aan vliegintensiteit en vlieghoogtes worden verricht (figuur 1): drie in het noordelijke deel van het IJsselmeer (haven van Oude Zeug, Dijkmagazijn, spaarbekkens bij Andijk), één in het zuidelijke deel (Urkerhoek) en twee in het Markermeer (Lelystad-Haven en Pampushaven). In alle gevallen ging het om situaties zonder windturbines. Tijdens de onderzoeksperiode waren langs de Afsluitdijk en de Houtribdijk slechts kleine aantallen duikeenden aanwezig. Deze dijken vielen daarom als mogelijke waarnemingslocaties af.

Op alle zes locaties werd slaap- en voedseltrek van duikeenden waargenomen (vooral Topper- en Kuifeenden). Bij Andijk en Pampushaven lag de waarnemingsplaats nabij de dagrustplaatsen, bij Urkerhoek en Lelystad-Haven op grotere afstand daarvan. Bij de andere twee locaties kon zowel nabij als verder van de rustplaats worden waargenomen. Door de verscheidenheid aan locaties kon er zowel boven open water als boven dijklichamen worden gemeten en zowel met mee- als met tegenwind.

Radar- en zichtwaarnemingen Voorafgaand aan de radarwaarnemingen werden overdag de aanwezige duikeenden in de omgeving van de waarnemingslocatie geteld en op een kaart ingetekend. Op grond van de vermoedelijke ligging van de foerageergebieden (Slager 1987, M.R. van Eerden pers. med.) werd de radar haaks op de verwachte trekrichting ingesteld. Indien nodig, werd de richting van de radarstraal bij het begin van de waarnemingen bijgesteld.

De radarwaarnemingen waren geconcentreerd rond de periode waarin de duikeenden van en naar de foera-



Figuur 1. Het IJsselmeergebied met aanduiding van de zes waarnemingsplaatsen (blokjes). *The IJsselmeer area, indicating the six observation sites (squares).*

geergebieden vlogen. Met de waarnemingen werd zowel 's avonds als 's ochtends begonnen voordat de trek op gang was gekomen, terwijl de waarnemingen doorgingen tot de trek voorbij was. Enkele malen werd er tot midden in de nacht waargenomen om na te gaan of er in de periode tussen de avond- en ochtendtrek ook nachtelijke vliegbewegingen voorkwamen.

De radar die bij dit onderzoek is gebruikt, betrof een omgebouwde scheepsradar (Furuno FR 8250), met een parabool-antenne (vgl. Cooper *et al.* 1991). De parabool zond in een vaste richting een straal uit met een interne hoek van 1.55°. De richting waarin de straal werd uitgezonden, was zowel in het horizontale vlak als in het verticale vlak met de hand in te stellen. In verband met de diameter van de parabool stond de radar op een statief. Het midden van de parabool stond daardoor op 1.9 m van de grond.

De binnenkomende signalen (echo's) waren als een (deel van een) cirkel zichtbaar op een monitor, welke stond opgesteld in een nabij de radar geplaatste camper. De echo's gaven geen aanwijzing over de soorten die werden gedetecteerd, noch over de aantallen vogels die erbij betrokken waren (een echo kan namelijk zowel op één vogel als op een groep vogels betrekking hebben). Alleen zeer grote groepen waren als lang aanhoudende cirkels op het radarscherm te zien.

De afstand waarop de vogels de radarstraal kruisten, was van de monitor af te lezen. Omdat ook de hoek die

de radarstraal met het basisvlak van de radar maakte, bekend is, is hieruit de hoogte van de vogel ten opzichte van dit vlak, en dus de hoogte ten opzichte van het wateroppervlak, te berekenen (bijlage 1). Als een vogel door de radarstraal wordt gedetecteerd, is het niet bekend waar deze zich in de straal bevindt. De doorsnede van de straal die door de radar wordt uitgezonden - en daarmee de range van de berekende vlieghoogte - neemt toe naarmate de afstand tot de radar groter is. Op een afstand van 1.5 km is de doorsnede van de straal ongeveer 40 m. Tijdens de metingen in het veld is het bereik van de radar op 1.5 km gezet, met de gedachte dat die range nog net acceptabel was.

Parallel aan de radarmetingen werden vertrek en aankomst van de duikeenden ook zoveel mogelijk door zichtwaarnemingen nabij de rustplaatsen gevolgd. Op deze wijze was het mogelijk om voor een deel van de vogelecho's op het radarscherm vast te stellen van welke soorten of soortsgroepen deze afkomstig waren.

Soorts- en dagindeling Op grond van de zichtwaarnemingen werden de radarecho's in de volgende vier soortsgroepen ingedeeld: (1) Topper-, Kuif- of Tafel-eenden, (2) zaagbekken en Brilduikers, (3) niet-duikeenden (alle andere vastgestelde soorten) en (4) soort onbekend.

De waarnemingen werden in de volgende vijf periodes van het etmaal opgedeeld:

- (1) daglicht/avondschemering, van 12.00u tot 45 min. na zonsondergang;
- (2) avondtrek, van 45 min. na zonsondergang tot 2u15 na zonsondergang;
- (3) nacht, van 2u15 na zonsondergang tot 2u15 voor zonsopkomst;
- (4) ochtendtrek, van 2u15 voor zonsopkomst tot 45 min. voor zonsopkomst;
- (5) ochtendschemering/daglicht, van 45 min. voor zonsopkomst tot 12.00u.

Selectie en presentatie gegevens In het onderzoek stonden de vliegbewegingen van duikeenden in de schemering en gedurende de duisternis centraal. Daarom zijn in de analyse van de vlieghoogtes echo's die zeker van andere soorten dan duikeenden afkomstig waren, buiten beschouwing gelaten (vooral echo's in de daglicht- en schemerperiodes). Echo's die tijdens de avond- en ochtendtrek niet tot soort of soortsgroep konden worden herleid, zijn als afkomstig van Topper-, Kuif- of Tafel-eenden aangemerkt als er ten tijde van de radarmetingen op de betreffende locatie sprake was van voedsel- en slaaptrek van deze soorten. De echo's die 's nachts op het radarscherm werden gezien, konden vrijwel nimmer tot soort of soortsgroep worden herleid. Omdat het hier echter om vliegbewegingen in het donker gaat, zijn de niet-geïdentificeerde echo's uit deze periode in de bewerking meegenomen als mogelijk afkomstig van Topper-, Kuif- of Tafel-eenden.

De radarecho's worden op verschillende wijzen in figuren gepresenteerd. Eerst wordt voor de verschillende locaties het verloop van de vliegactiviteit over de dagelijkse waarnemingsperiode gegeven. Vervolgens wordt voor iedere hoekinstelling de hoogte van alle gedetecteerde groepen in relatie tot de afstand tot de radar uitgezet. Daarna wordt de echodichtheid (echo's per uur en oppervlakte-eenheid) per afstandsklasse tot de radar gegeven, waardoor een indruk van de verdeling van de vogels per luchtlag wordt verkregen. Ten slotte worden in



Kuifeenden (Arnoud B. van den Berg) Tufted Ducks *Aythya fuligula*

de discussie voor de belangrijkste duikeendensoorten de gecorrigeerde aantallen voor verschillende combinaties van afstand en hoogte in één figuur geïntegreerd. De oppervlakte waarover de echodichtheid berekend is, is het kruisingsvlak van de radarstraal in het midden van de gegeven afstandsklassen. De echo's worden in de middelste twee soorten figuren in het centrum van de radarstraal geplot en omgeven door de doorsnede van de radarstraal bij de betreffende hoekinstelling (minimum- en maximumhoogte van de vogel).

Weer De winter 1994/95 kan als zacht worden gekenschetst. Gedurende de gehele winter is het IJsselmeer vrij van ijs geweest. Ook in februari en maart was het weer zacht en nat, met temperaturen die boven het gemiddelde lagen, en met meer regen dan normaal. Gedurende vrijwel de gehele periode woei er een zuid(west)elijke tot (noord)westelijke wind, variërend in sterkte van 5 tot 8 Beaufort. Alleen tijdens de waarnemingen bij Andijk was er korte tijd een zuidoostelijke wind (windkracht 1-4 Beaufort). Bij Pampushaven was er een zuidelijke tot zuidoostelijke wind met een windkracht van minder dan 4 Beaufort.

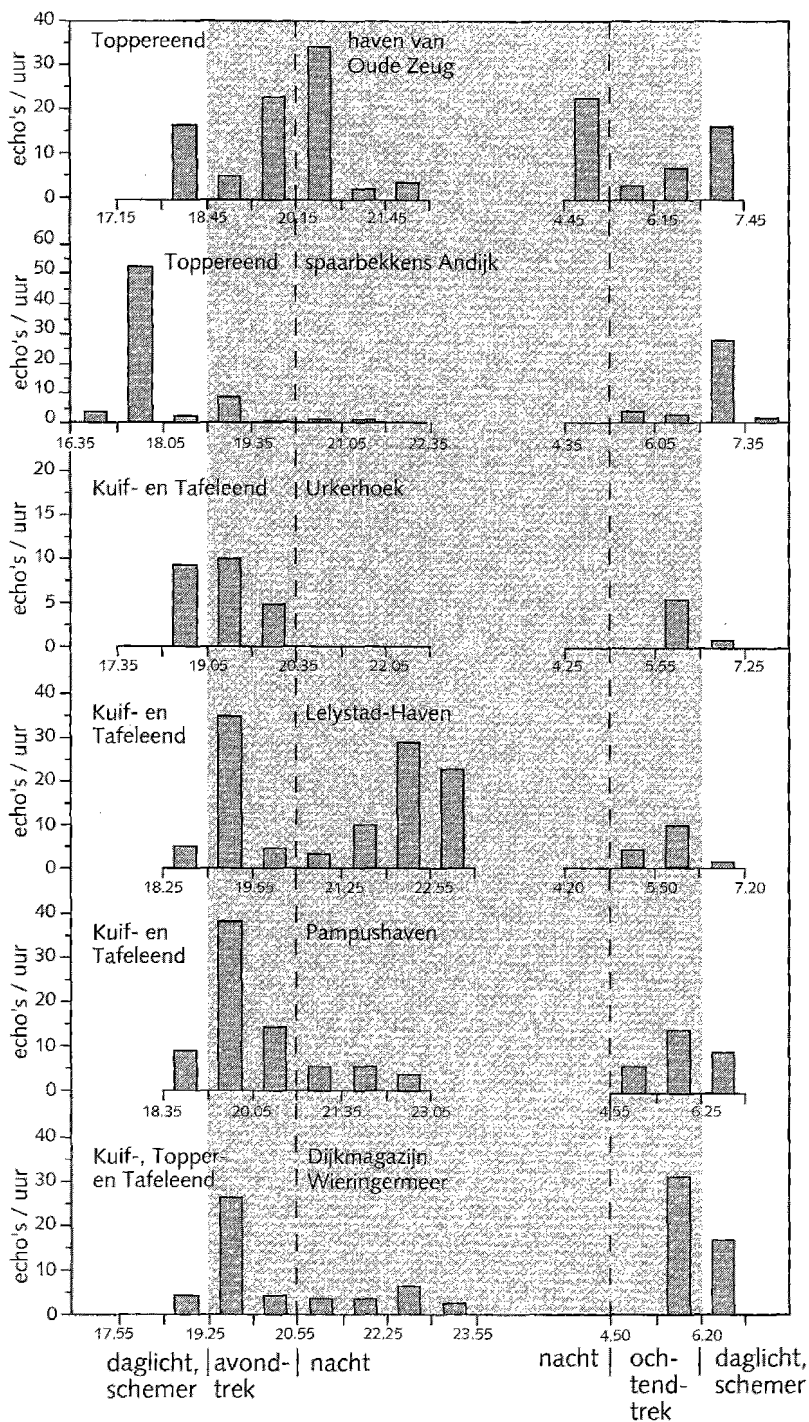
Resultaten

Soorten, aantallen en verspreiding De zes locaties verschilden in soortensamenstelling. Nabij de haven van Oude Zeug en bij Andijk waren vrijwel uitsluitend Toppereenden aanwezig, terwijl op de andere locaties vooral Kuifeenden zaten (tabel 1). Daarbij ging het om enkele duizenden Kuifeenden tot enkele tienduizenden Toppereenden. Tafel-

den werden slechts in kleine aantallen tussen de Kuifeenden gezien. Deze verspreiding wijkt niet opvallend af van de algemene situatie in het IJsselmeergebied. Ook de waargenomen aantalsverhouding is normaal voor deze tijd van het jaar (o.a. Beintema *et al.* 1980, Slager 1987, Koffijberg & van Eerden 1994, Platteeuw 1995, de Leeuw 1997).

De vogels rustten bij de Oude Zeug en het Dijkmagazijn dicht onder de kust (bij Oude Zeug ook verder weg op het IJsselmeer). De vogels van Urkerhoek hadden hun dagrustplaatsen in het Ketelmeer, die van Lelystad-Haven vooral in het Bovenwater. Bij Pampushaven bevonden de eenden zich overdag in de luwte van de strekdam, bij Andijk in de daar aangelegde spaarbekkens. De foerageerplaatsen lagen alle ver uit de kust op het IJssel- of Markermeer.

Verloop vliegactiviteit gedurende de waarnemingsperiode Uit de zichtwaarnemingen bij de haven van Oude Zeug en de spaarbekkens bij Andijk bleek, dat de voedsel- en slaaptrek van de Toppereenden vrijwel geheel in het daglicht en in de schemering plaatsvond (figuur 2). De vogels vlogen daarbij veelal in grote groepen. Nabij de Oude Zeug bedroeg de gemiddelde groeps grootte op 23 februari 220 (SD = 377, spreiding 10-1500, N = 28). Bij Andijk was er soms zelfs sprake van één grote stroom, waarin alleen nu en dan een onderbreking viel (b.v. 24 februari 16 000 vogels in



Figuur 2. Verdeling van de vliegactiviteit van duikenden ('s nachts inclusief niet-geïdentificeerde vogel-echo's) over de dagelijkse waarnemingsperiodes op de zes locaties (de grijze achtergrond geeft de periode van duisternis aan, de onderbroken lijnen markeren respectievelijk het einde van de avondtrek en het begin van de ochtendtrek in het donker). *Distribution of flight activities (echoes/hour) of diving ducks (night data include also echoes of unidentified species) over the daily observation period at the six observation sites; Topperend = Scaups, Kuif- en Tafeleend = Tufted Ducks and Pochards, Kuif-, Topper- en Tafeleend = Tufted Ducks, Scaups and Pochards, daglicht, schemer = daylight and twilight, avondtrek = evening flights in darkness, nacht = night, ochtendtrek = morning flights in darkness.*

enkele minuten). Er waren toen in 150 seconden, op twee onderbrekingen na, 50 volledige cirkels achter elkaar op het radarscherm te zien. Op de radar werden ook in het donker nog echo's geregistreerd, maar uit de vorm van deze echo's was duidelijk dat het in deze periode om relatief kleine groepen ging. Er passeerden nabij de Oude Zeug

in het donker dan ook minder eenden dan de verdeling van de echo's over de waarnemingsperiode in figuur 2 zou suggereren. Het is mogelijk dat het hier niet om voedseltrek ging, maar om Topperenden die boven de voedselgebieden heen en weer vlogen.

Hoewel Kuifeenden zich bij het Dijkmagazijn ook wel verplaatsten in het daglicht en de schemer, trokken de meeste vogels daar toch in het donker van en naar de voedselgebieden. Ook op de andere locaties vond de voedseltrek van Kuif- en Tafeleenden vooral in het donker plaats. Dit bleek zowel uit de zichtwaarnemingen als uit de radarmetingen (figuur 2). Bij Lelystad-Haven en het Dijkmagazijn werd tot middernacht waargenomen. Bij het Dijkmagazijn werd er na de piek in de avondtrek een constante, zij het lagere, vliegactiviteit vastgesteld. De waarnemingen bij Lelystad-Haven leverden zelfs een verrassend hoge frequentie van echo's op, vooral tussen 22.00u en 24.00u (figuur 2). Een deel van deze echo's heeft vrijwel zeker meeuwen betroffen. 's Nachts werden ter plekke namelijk geregeld rondvliegende meeuwen gezien (de echo's die tot meeuwen herleid konden worden, zijn uiteraard niet in de analyses meegenomen).

Bij Andijk konden ook enige gegevens over zaagbekken en Brilduikers worden verzameld. Deze vogels bleken zich uitsluitend in het daglicht en in de schemering te verplaatsen.

Vlieghoogtemetingen Toppereenden werden bij Oude Zeug tijdens daglicht en in de schemering meest beneden een hoogte van 30-40 m gedetecteerd (figuur 3). In het donker (avond- en ochtendtrek) lagen de vlieghoogtes iets hoger (tot 70-80 m), maar de nadruk lag toch op de luchtlaag beneden 50 m. De gegevens uit de nacht (inclusief soorten onbekend) zijn vergelijkbaar met die gedurende de ochtend- en avondtrek in het donker. Ook bij Andijk vlogen vrijwel alle Toppers bij daglicht lager dan 40 m (figuur 3). In het donker werden hoogtes tot 50-60 m gemeten, maar ook

hier lag de nadruk op de luchtlaag daaronder.

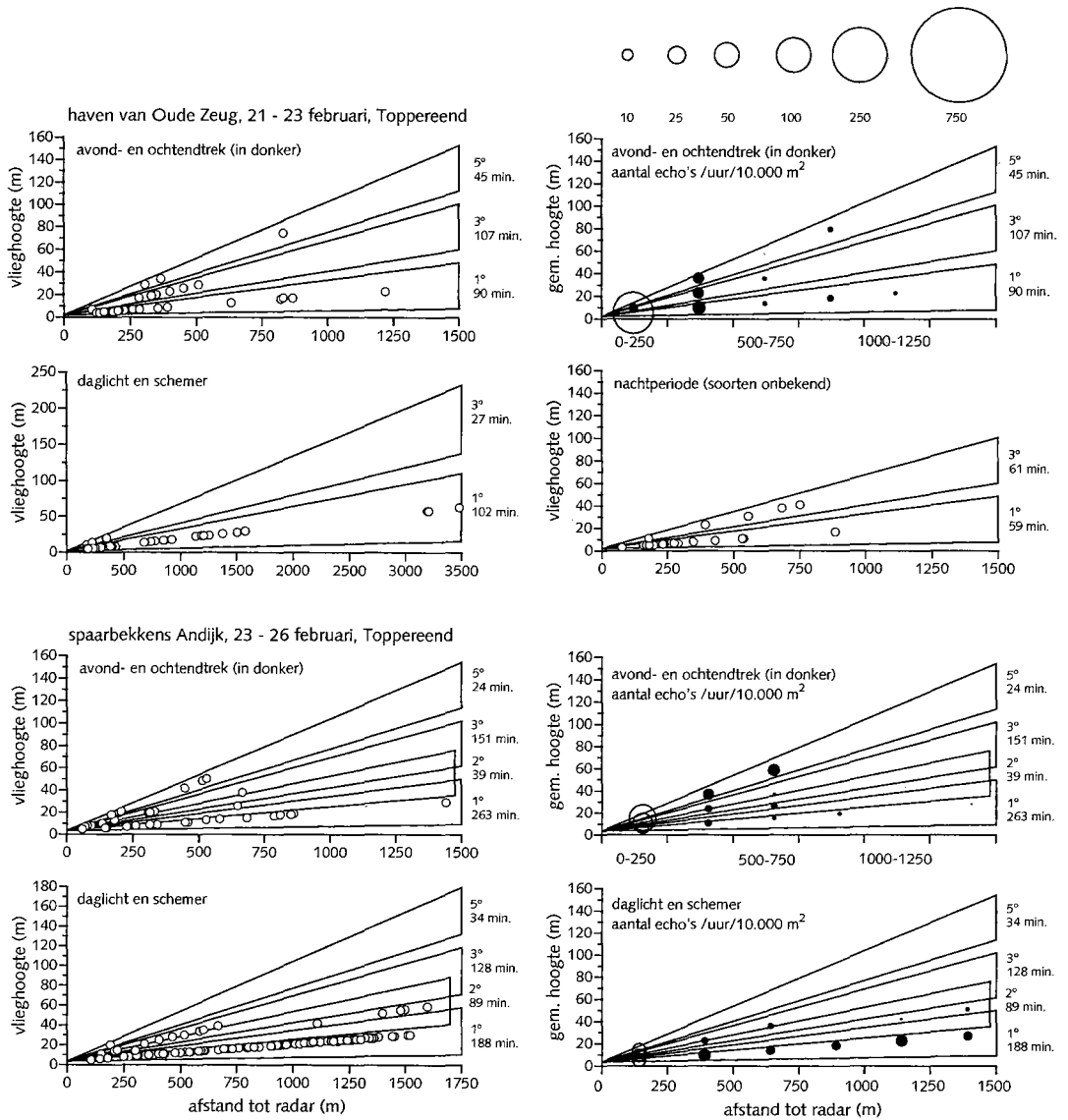
Bij Urkerhoek vlogen de Kuifeenden in een relatief smalle baan tussen 250 m en 750 m uit de kust parallel aan de dijk. De maximale vlieghoogte van de groepen was, bij tegenwind, 20-30 m (figuur 4). Bij Lelystad-Haven werden, bij meewind, tot een hoogte van 70-80 m Kuifeenden gedetecteerd (figuur 4). Er konden daar twee groepen echo's worden onderscheiden: een groep binnen 400 m op relatief geringe hoogte (geen echo's bij de 5°-instelling binnen 500 m) en een groep tussen 500 en 800 m op deels grotere hoogte dan de eerste groep. De laag vliegende groep heeft mogelijk eenden betroffen, die dicht onder de kust langs de Oostvaardersdijk naar het zuidwesten vlogen. Een deel van deze echo's was echter mogelijk van meeuwen afkomstig. Later in de nacht werden op deze hoogte namelijk rondvliegende meeuwen gezien. De hoger vliegende groep betrof waarschijnlijk eenden die over de dijk en haven naar binnen en buiten vlogen.

Ook bij Pampushaven vlogen de Kuif- en Tafeleenden, bij meewind, relatief hoog langs (figuur 4). Het merendeel van de echo's werd echter geregistreerd op een hoogte van minder dan 75 m. Bij het Dijkmagazijn lagen alle echo's, op één na, beneden 50 m (figuur 4). De verdeling van de echo's over de luchtlaag tussen 1 m en 50 m was vrij gelijkmatig. De grote dichtheid op geringe hoogte vlakbij de radar betrof waarschijnlijk vooral opvliegende vogels die nog niet op kruishoogte waren. 's Nachts was de vlieghoogte maximaal 40-50 m.

De zaagbekken en Brilduikers die in het daglicht en tijdens de schemeringsperiode bij Andijk werden gedetecteerd, vlogen alle op hoogtes tussen 5 m en 30 m (figuur 5).

Kuifeenden bij Windpark Lely in het IJsselmeer (Martijn de Jonge). *Tufted Ducks near Windfarm Lely in Lake IJsselmeer.*





Figuur 3. Berekende vlieghoogtes (alle gemeten echo's en echodichtheid per afstandsklasse) van Topperendeen bij verschillende waarnemingshoeken van de radar (haven Oude Zeug, spaarbekkens Andijk). De echodichtheid (toenemend met de grootte van de stippen, zie legenda voor schaal; wanneer stippen elkaar geheel zouden overlappen, zijn cirkels gebruikt) is berekend over de oppervlakte van het kruisingsvlak van de radarstraal in het midden van de gegeven afstandsklassen. *Calculated flight altitudes (raw data and echo density for each distance class, respectively) of Scaups for various angles of the radar at Oude Zeug and Andijk. Echo density (increasing with size of dots, see legend for scale; when dots would overlap each other entirely, circles are used instead of dots) for each distance class to radar was calculated for the crossing area of the radar beam in the middle of each distance class. Horizontal axis: distance (m) to radar, vertical axis: flight altitude (m); gem. = average, echo's = echoes, aantal = numbers, uur = hour, avond- en ochtendtrek = evening and morning flights (in darkness), daglicht en schemer = daylight and twilight, nachtperiode = night, soorten onbekend = unidentified species.*

Discussie

Dag- en nachtritme Het algemene beeld dat wij tijdens het onderzoek waarnamen, komt overeen met de resultaten van eerder onderzoek (e.g. Beintema *et al.* 1978, Slager 1987, de Leeuw & van Eerden 1995, de Leeuw 1997). Topper-, Kuif- en

Tafeleenden rustten overdag in de luwte van de dijken of op wateren die aan het IJssel- en Markermeer grenzen (Ketelmeer, Bovenwater, Oostvaardersplassen, spaarbekkens Andijk) en foeraerden 's nachts op Driehoeksmosselen op het open water van het IJssel- en Markermeer op enkele tot vele kilometers van de dagrustplaatsen.

Alleen Toppereenden werden ook overdag wel foeragerend op het IJsselmeer gezien. Brilduikers en visetende vogels als zaagbekken daarentegen vertoonden een omgekeerd beeld. Zij foerageerden overdag en rustten 's nachts.

Tijdstip avond- en ochtendtrek De waarnemingen over nachtelijke vliegbewegingen op de zes locaties komen op soortsniveau in grote lijnen met elkaar overeen. Er waren echter wel duidelijke verschillen tussen de soorten. Toppereenden vlogen 's avonds over het algemeen in enkele grote groepen bij daglicht en in de schemer (dus voordat het geheel donker was) van de rustplaatsen naar de foerageergebieden. Ook 's ochtends verplaatsten de grootste aantallen zich bij daglicht en in de schemer (dus nadat het al enigszins licht was). De meeste vliegbewegingen werden gedurende de eerste 45 minuten na zonsondergang en de laatste 45 minuten voor zonsopkomst vastgesteld. De piek duurde dus over het algemeen maar kort.

Bij Kuif- en Tafeleend waren de groepen veel kleiner. 's Avonds vlogen beide soorten in groepjes van slechts enkele tientallen vogels van de rustplaatsen naar de voedselgebieden. Bij het Dijkmagazijn en het Ketelmeer zwommen de vogels eerst naar buiten om daarna in kleine groepjes weg te vliegen. 's Ochtends waren de groepen kleiner dan 's avonds. De meeste vliegbewegingen van Kuif- en Tafeleenden vonden 's avonds na die van de Toppereenden plaats en 's ochtends ervoor, dus in beide situaties in het donker. De waarnemingen van de eerste twee soorten tijdens de daglicht/schemerperiode betroffen vooral vogels die net voor het donker respectievelijk net na het ochtendgloren werden opgemerkt. Kuif- en Tafeleenden verschillen in dit opzicht dus duidelijk van Toppereenden, in ieder geval in deze periode van het jaar. Of Toppereenden midden in de winter, wanneer de nachten lang zijn, hetzelfde gedragspatroon volgen, is niet zeker. Er zijn aanwijzingen dat de voedselvluichten dan meer in het donker plaatsvinden (Slager 1987, de Leeuw 1997). In die periode behoeven de vogels namelijk minder lang te foerageren, omdat er dan veel meer voedsel in de door de eenden geprefereerde,

ondiepere delen van het IJsselmeer aanwezig is - resulterend in een hogere energie-opname en een geringere energie-uitgave per etmaal - dan aan het einde van de winter (de Leeuw 1997). Het is denkbaar, dat er daardoor in zulke nachten minder druk is om voor het intreden van de duisternis al naar de voedselgebieden te vliegen en na het ochtendgloren pas naar de rustplaatsen terug te keren. In februari en maart begint bovendien de balts en zijn de dieren ook daardoor geneigd meer dagactief te worden. Waarschijnlijk is wind dan een belangrijke factor die bepaalt of de eenden naar de dagrustplaatsen gaan of langer in de foerageergebieden blijven (zie ook Slager 1987, de Leeuw 1997).

De dagactieve soorten als Brilduiker en de drie soorten zaagbekken verplaatsten zich bij Andijk voordat het 's avonds donker was en nadat het 's ochtends weer licht was (geen waarnemingen van andere locaties).

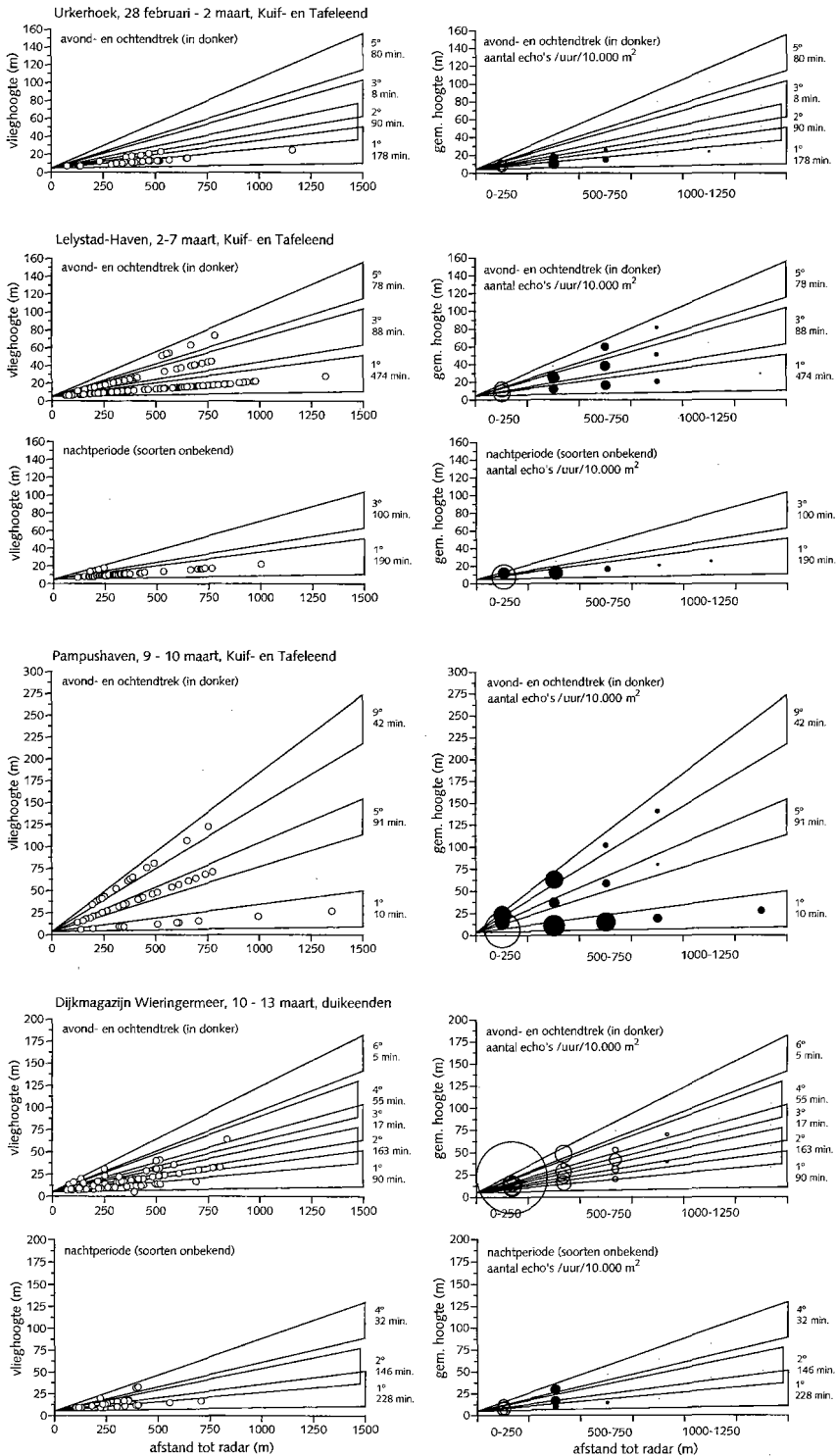
Bij de haven van Oude Zeug en Lelystad-Haven werden ook 's nachts veel verplaatsingen opgemerkt. Op de eerste locatie was er een opvallende activiteitspiek direct na de avondtrek en vlak voor de ochtendtrek van de Toppereenden. Bij Lelystad-Haven werden vooral laat op de avond veel verplaatsingen gezien. Welke vogelsoorten bij deze nachtelijke verplaatsingen betrokken waren, is niet bekend. Bij de haven van Oude Zeug waren de radarecho's korter dan tijdens de avond- en ochtendtrek. Dit wijst erop dat de groepen hier 's nachts kleiner waren dan in de periode ervoor, respectievelijk erna. Het is mogelijk, dat er op beide locaties foerageergebieden van duikeenden binnen het bereik van de radar lagen, zodat de echo's vogels kunnen hebben betroffen, die op de voedselgronden heen en weer vlogen. Bij Lelystad-Haven zouden de echo's door meeuwen veroorzaakt kunnen zijn. Meeuwen werden daar door passerende schepen geregeld op de slaappleaats verstoord. Ook bleken bij Lelystad-Haven meeuwen 's nachts passerende schepen te volgen.

Beintema *et al.* (1978) stelden met een rondzoekradar vast dat er op het IJsselmeer, buiten de avond- en ochtendtrek van duikeenden, zelden nachtelijke vliegbewegingen plaatsvonden. Op

Tabel 1. Aantallen duikeenden overdag aanwezig nabij de zes waarnemingslocaties. *Numbers of diving ducks present during day-time near the six observation sites.*

Plaats, datum <i>Site, dates</i>	Aantal <i>Numbers</i>	Toppereend <i>Scaup</i>	Kuifeend <i>Tufted Duck</i>	Tafeleend <i>Pochard</i>	Overige <i>Others</i>
Oude Zeug, 21-23 feb.	10.000	> 99%	< 1%	< 1%	
Dijkmagazijn, 10-13 mrt	2000-4000	> 10%	> 85%	< 5%	
Andijk, 23-26 feb.	35.000	> 99%	< 1%	< 1% ¹	< 1% ¹
Pampushaven, 9 mrt	2700	< 1%	> 95%	< 5%	
Lelystad-Haven, 2-7 mrt	3000-4000		> 95%	< 5%	
Ketelmeer ² , 26-28 feb.	2000-2725		> 95%	< 5%	

¹Brilduiker, zaagbekken *Goldeneyes and sawbills*, ²dagrustplaats van eenden die bij Urkerhoek langsvlogen *day roost of ducks passing at Urkerhoek*.



Figuur 4. Berekende vlieghoogtes (alle gemeten echo's en echodichtheid per afstandsklasse) van Kuif- en Tafeleenden (soms ook kleine aantallen Toppereenden) bij verschillende waarnemingshoeken van de radar (Urkerhoek, Lelystad-Haven, Pampushaven, Dijkmagazijn); zie verder figuur 3. *Calculated flight altitudes (raw data and echo density for each distance class, respectively) of Tufted Ducks and Pochards for various angles of the radar at Urkerhoek, Lelystad-Haven, Pampushaven and Dijkmagazijn, respectively; see figure 3 for details.*

één locatie (Marken) werden echter ook door hen nog opvallende verplaatsingen na de avondtrek van de duikeenden waargenomen. Onze waarnemingen en die van Beintema *et al.* (1978) tonen aan, dat geconcentreerde nachtelijke vliegbewegingen kennelijk niet beperkt blijven tot de avond- ochtendtrek van duikeenden.

Vlieghoogtes Er werden tijdens de radarwaarnemingen zelden vogels op meer dan 100 m hoogte gedetecteerd (figuur 6). Toppereenden vlogen tussen de rust- en voedselgebieden nimmer hoger dan 70-80 m. Het merendeel lag daar zelfs ver onder. In het donker vlogen de vogels hoger (meeste vogels tot 50 m) dan bij daglicht en in de schemer (meeste vogels tot een hoogte van 30 m). Ook bij Kuif- en Tafeleenden lagen de vlieghoogtes lager dan 100 m, al waren er wel verschillen tussen de locaties. De geringste vlieghoogtes werden op de avondtrek bij Urkerhoek gemeten (tot 30 m), waar de vogels met een forse tegenwind te kampen hadden. Bij het Dijkmagazijn werden er vogels tot iets meer dan 50 m hoogte gezien. Bij Lelystad-Haven en Pampushaven, waar de vogels een dijklichaam moesten passeren, werden waarden tot meer dan 75 m gevonden. Het merendeel van de waarnemingen lag echter ook daar op een geringere hoogte. Bij Pampushaven werd zelfs enkele malen een hoogte van meer dan 100 m gemeten. Mogelijk ging het hier echter niet om duikeenden, maar om ganzen die gedurende de betreffende nacht geregeld over de meetpost trokken (voorjaarstrek).

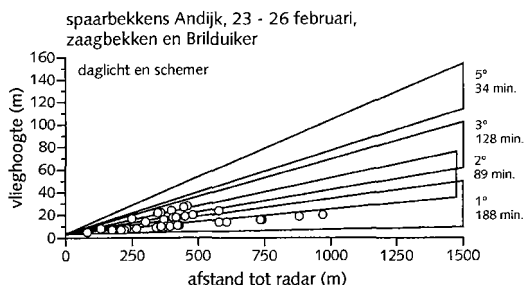
Bij het Dijkmagazijn wonnen Kuif- en Tafeleenden bij het opvliegen snel hoogte, waarna zij deze hoogte aanhielden. De Kuifeenden die vanuit het Ketelmeer in de schemering naar buiten vlogen, wonnen bij het passeren van de dijk snel hoogte, daalden daarna tegen de wind in tot een geringe hoogte boven het wateroppervlak, om vervolgens hun weg op deze hoogte verder zuidwaarts voort te zetten. De metingen bij Urkerhoek bevestigden de lage kruishoogte van deze eenden. Uit deze waarnemingen blijkt, dat de vogels onderweg niet hoger gaan vliegen als de voedselgebieden op grotere afstand van de rustplaatsen liggen.

Brilduikers en zaagbekken verplaatsten zich bij Andijk op een hoogte van minder dan 30 m. Dat is lager dan bij Toppereenden ter plekke in dezelfde periode van de dag. De laatste vlogen echter in tegenovergestelde richting van de Brillduikers en zaagbekken, en hadden daardoor mee- in plaats van tegenwind.

Aanvaringsrisico's voor duikeenden In het IJsselmeergebied speelt de voedsel- en slaaptrek van duikeenden zich dus hoofdzakelijk af op een hoogte van minder dan 75 m. De huidige generatie middelgrote windturbines heeft een masthoogte

van ongeveer 50-70 m en een rotordiameter van ongeveer 40-60 m (totale hoogte ongeveer 70-100 m). Duikeenden verplaatsen zich in het IJsselmeergebied dus geheel op windturbinehoogte. Vogels lopen in het donker, met name in nachten met slecht zicht, de grootste kans om tegen windturbines aan te vliegen (Winkelman 1992a). Van de door ons onderzochte duikeenden vindt alleen de avond- en ochtendtrek van Kuif- en Tafeleenden nagenoeg geheel in het donker plaats. Voor Brillduiker, Toppereend en zaagbekken verloopt die trek geheel of grotendeels in het daglicht en in de vroege schemering, al is het onzeker of dit voor de Toppereend gedurende de gehele winter geldt. Wanneer er dus windturbines geplaatst worden tussen de rustplaatsen en voedselgebieden van Kuif- en Tafeleenden, kunnen deze voor die soorten een reëel probleem vormen.

Onze waarnemingen wijzen er echter op, dat er ook tussen de avond- en ochtendtrek in het IJsselmeergebied plaatselijk vliegbewegingen op geringe hoogtes kunnen plaatsvinden. Het is onbekend welke soorten het 's nachts betreft, maar het is niet uit te sluiten dat het hier voor een deel om verplaatsingen van Topper-, Kuif- en Tafeleenden boven de foerageergebieden gaat. Indien dit juist is, betekent dit dat er ook buiten de avond- en ochtendtrek aanvaringsrisico's voor duikeenden zijn als er windturbines in deze gebieden zouden worden geplaatst. Voor een verantwoorde inschatting van het aanvaringsrisico is het van belang, in aanvulling op het onderhavige onderzoek, waarnemingen aan het gedrag van duikeenden rond windturbines op open water te verzamelen. In 1995/96 zijn wij in opdracht van Energie Noord West met een dergelijk onderzoek in en rond het Windpark Lely in het IJsselmeer ten noorden van Medemblik gestart. De eerste resultaten wijzen erop dat de eenden in lichte nachten gewoon tussen de turbines doorvliegen, terwijl zij in donkere nachten het park grotendeels mijden. In donkere nachten werden namelijk niet alleen minder eenden in het gebied rond het park gezien dan in lichte nachten, maar de vogels die er werden gezien,



Figuur 5. Berekende vlieghoogtes (alle gemeten echo's) bij zaagbekken en Brillduikers bij verschillende waarnemingshoeken van de radar (Andijk). *Calculated flight altitudes (raw data) of sawbills and Goldeneyes for various angles of the radar at Andijk; see figure 3 for details.*

vlogen bovendien om het park heen of weken vlak voor de turbines naar opzij uit (van der Winden *et al.* 1996). Voortgezet onderzoek moet uitwijzen of dit onder alle omstandigheden het geval is.

Dankwoord Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van Novem in het kader van het Landelijk onderzoekprogramma "Vogelhinder door windturbines". Wij danken de verschillende contactpersonen die er succesvol toe hebben bijgedragen dat het Landelijk onderzoekprogramma van start kon gaan: R. de Bruijne, Ch. A. M. X. van Cuyck, mw. M. E. Ikelaar (Stork Product Engineering), mw. T. A. M. de Gast, G. Bosch en mw. M. I. C. A. de Jong. Onze dank gaat ook uit naar Energie Noord West (H. J. Kouwenhoven) en de Provincie Noord-Holland (H. F. Kleibrink) voor de medefinanciering van het project. Voor het beschikbaar stellen van de radar zijn wij dr. H. Biebach (Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Erling-Andechs, B. R. Duitsland) zeer erkentelijk. Wij danken verder alle personen die op een of andere wijze bij het onderzoek behulpzaam zijn geweest: T. J. Boudewijn (Bureau Waardenburg),

M. R. van Eerden (Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied), F. P. J. M. van der Eijnden, J. Graveland, C. A. van 't Hoff (allen IBN-DLO), K. Koffijberg (Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied), J. Reinhold, H. Schekkerman, W. van der Veer (beiden IBN-DLO) en mw. J. E. Winkelman. Mw. M. Hall corrigeerde de Engelse tekstgedeelten. J. J. de Leeuw en H. Schekkerman voorzagen het artikel in een eerder stadium van waardevolle opmerkingen.

Summary

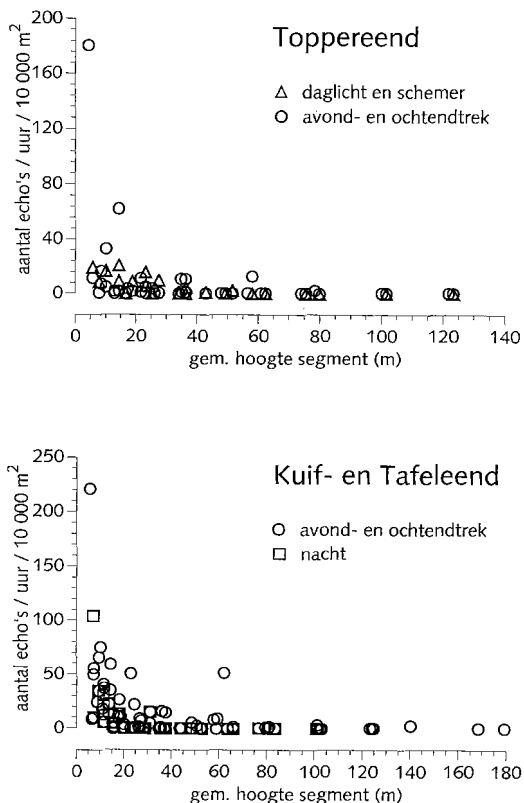
During the non-breeding season, the IJsselmeer area in The Netherlands forms an important staging area for large numbers of diving ducks. The birds feed in the open water at varying distances from the coast and roost either in the lee of dikes or in sheltered waters bordering the lakes IJsselmeer and Markermeer. Most species feed during the day and roost at night. Tufted Ducks *Aythya fuligula*, Pochards *A. ferina* and most Scaups *A. marila*, however, show a reverse rhythm.

The IJsselmeer area has been designated as a potential site for wind farms. If wind turbines are placed between the feeding and roosting areas of diving ducks, birds flying at turbine height may run the risk of colliding with the turbines, particularly during darkness. The altitude at which diving ducks fly between feeding and roosting areas is unknown.

We studied the nocturnal flight patterns and altitudes of birds crossing dikes and open water between the roosting and feeding areas at six localities in the IJsselmeer area during February and March 1995 (Fig. 1, Tab. 1). Flight altitudes were measured from the end of the day until early the next morning using a reconstructed FR 8250 Furuno ship radar. At Andijk, Pampushaven and Lelystad-Haven observations were made close to the roosting areas. At Urkerhoek the birds were about 6 km from the roosting place when they passed the radar. At Oude Zeug and Dijkmagazijn we were able to measure flight altitudes at both short and long distances from the roosting site. At Oude Zeug and Andijk Scaups predominated, at the other sites Tufted Ducks were superior in numbers (Tab. 1). At Andijk we also observed Goldeneyes *Bucephala clangula* and sawbills *Mergus* spp.

Most flights of sawbills and Goldeneyes occurred before sunset and after sunrise. Scaups flew mainly during daylight and twilight (first 45 minutes after sunset and last 45 minutes before sunrise), while Tufted Ducks and Pochards predominantly flew during darkness (figure 2). As a result the majority of nocturnal movements of diving ducks took place during the first one and a half hours after sunset and the last one and a half hours before sunrise. At some localities, we also saw flight movements in the hours in between. In general, it was unknown which species were involved in these nocturnal flights. At Lelystad-Haven, some of the bird echoes originated from roaming gulls. Elsewhere, however, the echoes may have originated from diving ducks wandering at the feeding grounds.

Birds predominately passed at altitudes below 75 m (figures 3-6). The few bird echoes at altitudes above 100 m probably originated from migrating geese. When Tufted Ducks and Pochards crossed dikes, they flew at altitudes of up to 75 m, when flying above open water they reached altitudes of up to 50 m. At Urkerhoek, where the ducks were faced with strong head-winds, birds passed at altitudes below 30 m.



Figuur 6. Aantal echo's van Toppereenden (boven) en Kuif- en Tafeleenden (onder), gecorrigeerd voor waarnemingsduur (alleen waarnemingen langer dan 30 min) en de grootte van het kruisingsvlak van de radarstraal, voor verschillende combinaties van afstand en hoogte (combinatie van gegevens uit figuur 3 respectievelijk figuur 4). *Number of echoes/hr/10 000 m²* for Scaups (above) and Tufted Ducks/Pochards (below) plotted against the mean altitude of echoes for each radar angle and each distance class of 500 m (combination of data from figure 3 and figure 4, respectively), excluding radar angles observed for less than 30 min). Hoogte = altitude, see figure 3 for further details.



Present-day middle-sized wind turbines are approximately 70 to 100 m tall. Diving ducks in the IJsselmeer may therefore be at risk when they meet wind turbines on their flight routes between roosting and feeding areas. Since collisions with wind turbines predominantly take place during darkness, Tufted Ducks and Pochards (flight movements mainly during darkness) run a higher risk of colliding than either Scaups (mainly flying between roosting and feeding areas just after sunset and just before sunrise) or sawbills and Goldeneyes (almost exclusively active during day-light hours). In order to estimate the real risk diving ducks run, data on the behaviour of diving ducks actually crossing windturbines on their flight between roosting and feeding areas during darkness are needed. Such a study is presently being carried out in the area.

Literatuur

- BEINTEMA A. J., RENSSSEN T. A., SPEEK G. & VAN DER WAL R. J. 1978. Waarnemingen aan nachtelijke verplaatsingen van watervogels met behulp van radar. Rapport, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- BEINTEMA A. J., VAN DEN BERGH L. M. J., MÜSKENS G. J. & RENSSSEN T. A. 1980. Atlas van watervogels op het IJsselmeer. RIN-rapport 80/2, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- BEINTEMA A. J., BUESINK H. & VAN DEN BERGH L. M. J. 1993. Overwinterende watervogels in Nederland. *Limosa* 66: 17-24.
- COOPER B. A., DAY R. H., RITCHIE R. J. & CRANOR C. L. 1991. An improved marine radar system for studies of bird migration. *J. Field Ornithol.* 62: 367-377.
- DIRKSEN S., SPAANS A. L., VAN DER WINDEN J. & VAN DEN BERGH L. M. J. 1996. Vogel hinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 2: nachtelijke vlieghoogtemetingen van duikeenden in het IJsselmeergebied. Bureau Waardenburg rapport 96.18, Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen.
- VAN EERDEN M. R. & BIJ DE VAATE A. 1984. Natuurwaarden van het IJsselmeergebied. Flevovericht 242, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- KOFFLBERG K. & VAN EERDEN M. R. 1994. Benthosetende watervogels in het IJsselmeergebied: een analyse van het voorkomen van Tafeleend, Kuifeend, Toppereend, Brilduiker en Meerkoet in de periode 1975-1993. Heidemij Advies 635/OD94/1228/21155, Heidemij Advies, Lelystad.
- DE LEEUW J. J. 1997. Demanding divers - Ecological energetics of food exploitation by diving ducks. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- DE LEEUW J. J. & VAN EERDEN M. R. 1995. Duikeenden in het IJsselmeergebied. Herkomst, populatiestructuur, biometrie, rui, conditie en voedselkeuze. Flevovericht 373, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- NOORDHUIS R., VAN EERDEN M. R. & VAN ROOMEN M. 1995. Watervogels. In K. H. PRINS, M. KLINGE, W. LIGTVOET & J. DE JONGE (red.), Biologische monitoring zoete rijkswateren: Watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer 1992. RIZA nota nr. 94.060, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- OSIECK E. R. & WINKELMAN J. E. 1990. Windturbines en vogels in het Klein IJsselmeer. Actierapport Vogelbescherming 1, Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- PLATTEEUW M. 1995. De ecologische draagkracht van IJsselmeer en Markermeer in relatie tot het gebruik door de watersport. Intern rapport 1995-9LIP, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- ROOTH J. 1989. Lijst van internationaal belangrijke wetlands in Nederland. In A. L. SPAANS (red.), Wetlands en watervogels. Pudoc, Wageningen.
- SLAGER B. 1987. De beschikbaarheid van Driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) voor duikeenden in het IJsselmeergebied. RIIP-rapport 1988-36cbw, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.

- VAN DEN TEMPEL R. & OSIECK E. R. 1994. Belangrijke vogelgebieden in Nederland. Technisch Rapport Vogelbescherming 13, Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- VAN DER WINDEN J., DIRKSEN S., VAN DEN BERGH L. M. J. & SPAANS A. L. 1996. Nachtelijke vliegbewegingen van duikenden bij het Windpark Lely in het IJsselmeer. Bureau Waardenburg rapport 96.34, Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen.
- WINKELMAN J. E. 1989. Vogels en het windpark bij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. RIN-rapport 89/15, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.
- 1992a. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 1: aanvaringsslachtoffers. RIN-rapport 92/2, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Arnhem.
- 1992b. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 2: nachtelijke aanva-

- ringskansen. RIN-rapport 92/3, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Arnhem.
- 1992c. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 3: aanvliegedrag overdag. RIN-rapport 92/4, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Arnhem.
- 1992d. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 4: verstoringsonderzoek. RIN-rapport 92/5, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Arnhem.

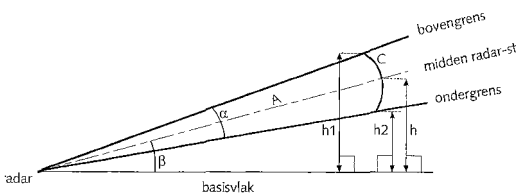
Sjoerd Dirksen & Jan van der Winden, Bureau Waardenburg bv, Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Leo M.J. van den Bergh & Arie L. Spaans, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Postbus 23, 6700 AA Wageningen

Anvaard voor opname 28 februari 1998

Bijlage 1. Berekening van de vlieghoogtes

Schema voor berekening van de vlieghoogte ten opzichte van het basisvlak van de radar, uit de gemeten afstand van de echo. Het basisvlak van de radar heeft het midden van de parabolantenne (begin radarstraal) als uitgangspunt (1,9 m boven de grond door vaste hoogte statief). Op iedere locatie is de hoogte van het basisvlak ten opzichte van het wateroppervlak gemeten. Deze afstand is



opgeteld bij de berekende vlieghoogte ten opzichte van het basisvlak.

De te berekenen hoogte van de gedetecteerde vogel(s) boven het basisvlak van de radar kan worden berekend met behulp van:

$$h = A * \sin\beta, \text{ waarin}$$

h = de hoogte van de vogel(s) boven het basisvlak van de radar;

A = de afstand van de vogel(s) tot de radar (direct af te lezen van de monitor die bij de radar hoort);

β = de hoek die de radarstraal met het basisvlak van de radar maakt (door waarnemer in te stellen en dus bekend).

In werkelijkheid vliegt de vogel niet precies op een hoogte h (= midden van de radarstraal), maar binnen een range die zo groot is als de doorsnede van de straal. Die doorsnede heeft de vorm van een cirkelsegment (C). De range in vlieghoogte wordt bepaald door de boven- en ondergrens van dit segment (h_1 respectievelijk h_2). De boven- en ondergrens kunnen op analoge wijze worden berekend als h :

$$h_1 = A * \sin(\beta + \alpha/2)$$

$$h_2 = A * \sin(\beta - \alpha/2), \text{ waarin}$$

α = de interne hoek van de radarstraal (1.55°).

Bij een afstand van een vogel tot de radar van 100 m en een meethoek van 10° is de berekende range 2.66 m (= 1.33 m naar boven en naar beneden). Op 1000 m is het verschil 26.64 m (= 13.32 m naar boven en naar beneden). Hieruit blijkt dat de range in vlieghoogtes waarbinnen de gedetecteerde vogels zich hebben bevonden, bij alle metingen relatief gering is geweest.