



Vliegfluxen van vogels gemodelleerd

Natura 2000
brandgans
vliegbewegingen
windmolen
Friesland

Brandgans versus windmolen

Vliegbewegingen van pendelende vogels vanuit Natura 2000-gebieden vormen een belangrijk onderzoeksthema in effectstudies voor de aanleg van grootschalige infrastructuur en windmolens. Welke alternatieven zijn voor vogels meer of minder gunstig? Tauw ontwikkelde het model Simflux dat het netwerk aan vliegbewegingen in kaart brengt. Simflux wijst hotspots met grote aanvaringskans aan en berekent het aantal slachtoffers. Wij bespreken het model met als casus de brandgans in Friesland in relatie tot bestaande windmolens.

Voor overwinterende ganzen is Nederland veruit het belangrijkste land in West-Europa (Madsen *et al.*, 1999). Grote aantallen van internationale betekenis verblijven in het winterseizoen in de laaggelegen delen van Nederland. Friesland is van oudsher een essentieel overwinteringsgebied voor bijvoorbeeld brandgans (*Branta leucopsis*), kleine rietgans (*Anser brachyrhynchus*) en kolgans (*A. albifrons*). De provincie draagt daarom een grote verantwoordelijkheid voor het voortbestaan van deze soorten. De grote aantallen ganzen in Friesland hebben er mede toe geleid dat veel natuurgebieden zijn aangewezen als Natura 2000-gebied met als doel de garantie van rust- en slaapgelegenheid. Met deze aanwijzing komt de verplichting om een zogeheten gunstige staan van instandhouding te garanderen, in dit geval van ganzensoorten. Ruimtelijke ontwikkelingen die een mogelijk negatief effect op deze instandhouding hebben, dienen zorgvuldig te worden onderzocht om schade aan de kwaliteit van Natura 2000-gebieden te voorkomen. De aanleg van een windmolenpark of hoogspanningsverbinding kan een dergelijk effect hebben.

In vergelijking met de Europese situatie zijn de Friese Natura 2000-gebieden relatief klein en dicht bij elkaar gelegen. De hele provincie, die voor een groot deel uit landbouwgrond bestaat, kan gezien worden als één groot foerageergebied voor overwinterende ganzen met daarin verspreid een netwerk van Natura 2000-gebie-

den dat de ganzen gebruiken om te rusten en te slapen. Overdag pendelen de ganzen in grote aantallen tussen deze rustgebieden en de omliggende gras- en bouwlanden om te foerageren. Voor alleen al de brandgans zijn dat 50 miljoen vluchten per jaar tussen foerageergebieden en hun slaapplekken uit tabel 1.

Windmolens en windmolenparken gelegen tussen rust- en slaapgebieden en foerageergebieden kunnen obstakels vormen voor ganzen. Aanleg van nieuwe windparken kan leiden tot aanvaringsslachtoffers en daarmee mogelijk tot aantasting van de gunstige staat van instandhouding van de soort in een Natura 2000-gebied. Advies- en ingenieursbureau Tauw ontwikkelde Simflux, een model waarmee de vliegbewegingen berekend worden op basis van beschikbare telgegevens en waarmee de negatieve effecten van een ruimtelijke ingreep per soort en per Natura 2000-gebied worden ingeschat. Toepassing van Simflux geeft inzicht in de vlieg-richtingen en afstanden die pendelende watervogels afleggen. Bovendien kan met Simflux de plaats bepaald worden waar de vogelvliegbewegingen obstakels zoals een windpark kruisen. Ook het aantal vliegbewegingen wordt bepaald, waardoor het mogelijk is hotspots van aanvaringsslachtoffers te bepalen. Simflux kan vervolgens als hulpmiddel dienen in een zoektocht naar het meest optimale alternatief van een ruimtelijke ontwikkeling vanuit het oogpunt van aantallen aanvarings-

WIM HEIJLIGERS,
ROLAND VAN DER
VLIET & CAROLIEN
WEGSTAPEL

Drs. W.H.C. Heijligers
Tauw bv, Postbus 1680,
5602 BR Eindhoven
wim.heijligers@tauw.nl
Dr. R.E. van der Vliet Tauw bv,
Utrecht
C.A. Wegstapel MSC Tauw bv,
Utrecht

Foto Jan van der Straaten
freenatureimages.eu.
Brandgans op weg naar
hun slaapgebieden.

Tabel 1 Natura 2000-gebieden in Friesland met slaapplaatsdoelstelling (seizoensmaximum in exemplaren) voor brandgans. NB: niet bekend.

Table 1 Natura 2000-sites in Friesland designated for barnacle goose. Per site, the numerical objective for its function as a sleeping site is given (expressed in season's maximum in individual birds). NB: not known.

Natura 2000-gebied	Slaapplaatsdoel
Groote Wielen	11.800
Oudegaasterbrekken, Fluessen e.o.	39.300
Witte en Zwarte Brekken	6200
Sneekermeergebied	60.300
Alde Feanen	6100
Deelen	9900
Van Oordt's Mersken	NB

slachtoffers. Met dit doel wordt Simflux reeds toegepast bij milieu-effectstudies voor de aanleg van windmolenparken.

In dit artikel modelleren wij de vliegbewegingen van de brandgans (als representatieve soort) in het netwerk van Friese Natura 2000-gebieden. Ter validatie van Simflux hebben we gebruik gemaakt van literatuur over andere pendelende vogelsoorten, zoals kolgans en smient (*Anas penelope*). De vliegbewegingen confronteren we ter illustratie met bestaande windmolens.

Materiaal en methoden

Modelprincipes

In Simflux zijn per Natura 2000-gebied voor alle gras-etende vogelsoorten (zoals ganzen) de pendelbewegingen tussen slaapplaats en foerageergebied in beeld gebracht. Hierbij worden twee ecologische principes in acht genomen. Wij gaan er ten eerste van uit dat individuele vogels zo weinig mogelijk energie steken in het overbruggen van de afstanden tussen hun slaapplaats en foerageergebieden, de zogeheten minimale energetische uitgave (Stephens & Krebs, 1987; Van der Vliet et al., 2011). Dit betekent dat, wanneer er twee foerageergebieden van dezelfde kwaliteit beschikbaar zijn, vogels vliegen naar het dichtstbijzijnde gebied. Omdat de energetische uitgave van een individu niet onbeperkt is, hangt het principe van de minimale energetische uit-

gave samen met een tweede ecologisch principe, namelijk de zogenaamde maximale soortspecifieke foerageerafstand (Van der Vliet et al., 2011). De afstand tussen slaapplaats en foerageergebied is nooit groter dan deze afstand omdat het individu anders niet kan voldoen aan zijn energetische behoefte. Bij overschrijding van de maximale foerageerafstand kunnen individuen in principe niet terugkeren naar hun slaapgebied waar ze 's ochtends zijn vertrokken. Voor ganzen bedraagt de theoretische maximale foerageerafstand 30 kilometer (Nolet et al., 2009).

Beide ecologische principes leiden tot een verdeelsleutel waarbij per soort en per Natura 2000-gebied individuen worden toegekend aan de dichtstbij gelegen foerageergebieden tot een maximum dat gelijk is aan het totale aantal van het instandhoudingsdoel (zie Knecht et al., 2009). Foerageergebieden worden gebruikt totdat hun capaciteit volledig is benut. Wanneer een foerageergebied vanuit meerdere Natura 2000-gebieden wordt aangedaan, bepaalt de onderlinge getalsverhouding (van de instandhoudingsdoelen) de verdeelsleutel. Bij deze toekenning wordt de soortspecifieke maximale foerageerafstand niet overschreden.

Behalve als grote verstoringen optreden, zijn individuen in principe trouw aan hun winter- en slaapplaatslocaties (Wilson et al., 1991; Fox et al., 1994). Voor individuele vogels die wel van slaapgebied wisselen gedurende de winterperiode is de modelaannname dat deze wisseling plaatsvindt via de foerageergebieden (zie bijvoorbeeld Giroux, 1991). Seizoensmaxima verschillen per slaapgebied. Ganzen kunnen binnen een winterseizoen het ene voor het andere slaapgebied verwisselen, zodat gebruik van seizoensmaxima leidt tot overschatting van het aantal vliegbewegingen. Door te werken met jaargemiddelden voor zowel slaapplaatsen als foerageergebieden wordt deze dubbel telling voorkomen.

Modelontwerp

Simflux is ontwikkeld met behulp van Matlab en ArcGis en bestaat uit drie modules.

De eerste module berekent de vliegbewegingen tussen slaapplaatsen en foerageergebieden. In dit geval zijn zowel de Natura 2000-gebieden (slaapplaatsen) als de foerageergebieden gerepresenteerd door hun centra. Een vliegflux wordt als een rechte lijn voorgesteld tussen de slaapplaats en een foerageergebied. Voor brede obstakels zoals grote windparken is deze representatie geen probleem. Afhankelijk van het doel kunnen slaap- en foerageergebieden worden verfijnd en/of de vliegfluxen een breedte worden mee gegeven. De optelsom van vliegbewegingen naar alle omringende foerageergebieden leidt tot een jaargemiddeld patroon van fluxen. De tweede module confronteert de berekende vliegfluxen per soort met bestaande obstakels of locatiealternatieven voor een nieuwe ruimtelijke ontwikkeling. Uit deze confrontatie wordt duidelijk of soorten vanuit Natura 2000-gebieden een locatie passeren tijdens hun foerageervluchten, en kunnen hotspots voor het optreden van aanvaringsslachtoffers worden bepaald. Verschillende alternatieven kunnen doorgerekend en vergeleken worden wat betreft het aantal hotspots en de kans op aanvaringsslachtoffers.

De derde module van Simflux gaat uit van een soortspecifieke aanvaringskans. Bevanger (1998) maakt aannemelijk dat verschillende taxonomische groepen ook een verschillende aanvaringskans hebben, afhankelijk van de lengte-breedteverhouding van de vogel en de vleugelbelasting. Beide morfologische eigenschappen van een soort bepalen de wendbaarheid van de vogel. Daarnaast spelen technische, topografische, meteorologische en temporele factoren een rol bij aanvaringen (Bevanger, 1998). Technische factoren hangen af van de bouw van het obstakel. Bij windturbines zijn deze factoren onder-



Foto Aat Barendregt

ling weinig verschillend. Topografische factoren hebben niet alleen betrekking op de hoogteverschillen in het landschap, resulterend in het optreden van bijvoorbeeld thermiek, maar ook op de zichtbaarheid in het landschap. Zo zijn windparken op open zee bij goed weer van verre zichtbaar zodat vogels hier om heen kunnen vliegen (Desholm & Kahlert, 2005). Dat geldt ook voor windmolens in open landschappen, als weide- en akkergebieden. Meteorologische en temporele effecten gaan vaak hand in hand. Regen of mist speelt een rol bij de zichtbaarheid van windmolens en daarmee de aanvaringskans. Deze omstandigheden komen vaak voor in de trekperiode als grote aantallen vogels zich verplaatsen. Juist dan lopen ze een grotere kans om als aanvaringsslachtoffer te eindigen. Wij leggen echter de focus op dagelijkse vliegbewegingen onder alle omstandigheden

waarvoor een gemiddelde aanvaringskans wordt gehanteerd. De derde module wordt uitgebreid beschreven in Heijligers *et al.* (in voorbereiding) en komt in dit artikel zijdelings aan bod.

Studiegebied

Het studiegebied betreft het Friese veenweidegebied. De modelaannee is dat dit gebied een min of meer gesloten systeem is waarin alle exemplaren van een soort gedurende de hele winter verblijven. Het belang van de Friese Natura 2000-gebieden als slaappleaats voor onze modelsoort de brandgans, verschilt per gebied, zie tabel 1. Om per Natura 2000-gebied te kunnen beoordelen of aantasting van instandhoudingsdoelen plaatsvindt, is het noodzakelijk om de effecten van een nieuwe ontwikkeling per gebied te kwantificeren. Voor het compacte Friese Natura 2000-netwerk is dat lastig. Bij welk Natura 2000-gebied hoort een foeragerend individu? De gemodelleerde uitkomsten van de vliegbewegingen van de brandgans zijn gerelateerd aan de huidige locaties van windmolens in de provincie Friesland (windstats.boschenvanrijn.nl).

IJsselmeer, Lauwersmeer en Waddenzee zijn buiten beschouwing gelaten omdat er volgens onze modeluitkomsten geen uitwisseling plaatsvindt tussen deze gebieden en de gebieden uit tabel 1. Er worden geen vliegbewegingen gemodelleerd, omdat in deze drie gebieden gefoerageerd worden door brandganzen die er ook slapen en rusten.

Gegevensinvoer

Twee soorten (bewerkte) data zijn gebruikt als invoer van Simflux.

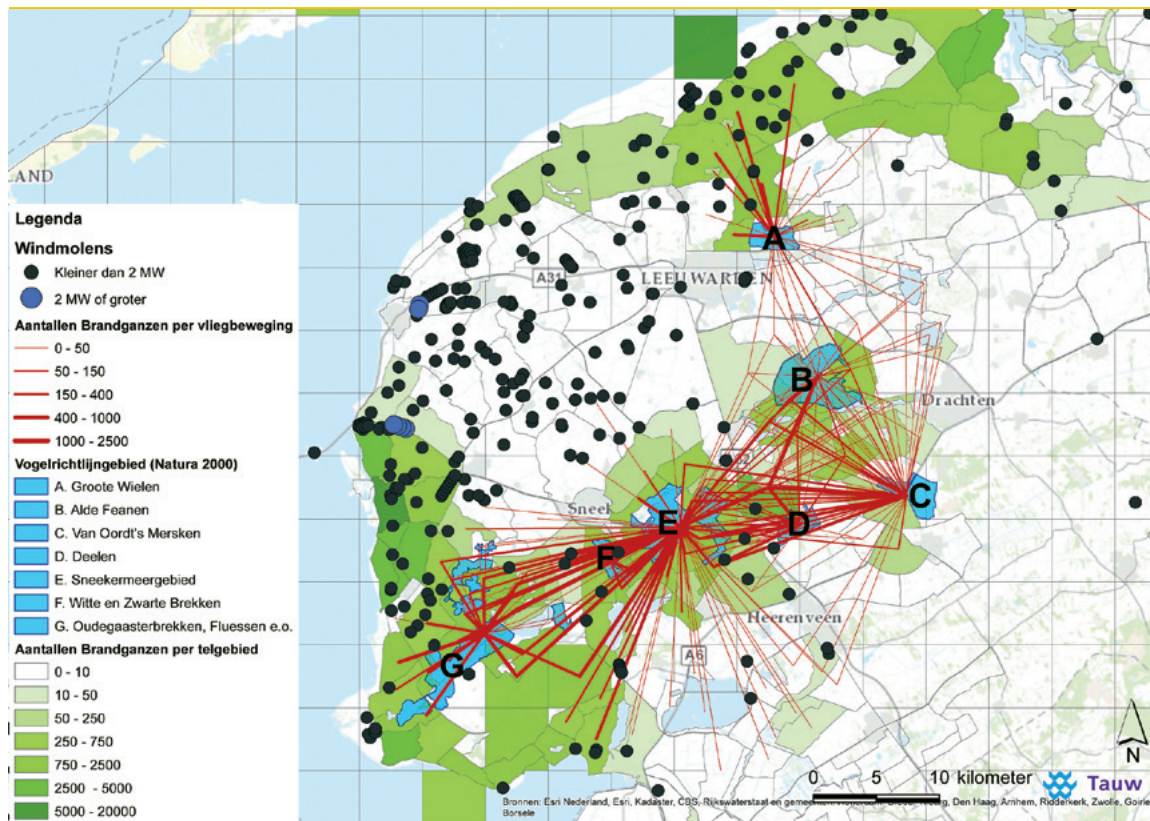
Voor de aantallen vogels op slaappleaatsen zijn de instandhoudingsdoelen van de Natura 2000-gebieden benut. In die gevallen dat slaappleaatsdoelen in sei-

zoens-maxima zijn uitgedrukt zijn deze omgerekend naar een jaargemiddelde populatiegrootte conform LNV (2008). Ook buiten Natura 2000-gebieden kunnen slaappleaatsen liggen (Kleijn *et al.*, 2009), maar deze zijn in dit geval niet meegenomen.

Voor de aantallen foeragerende vogels zijn de data, verzameld door vrijwilligers per Sovon-telgebied (Hornman *et al.*, 2012), gebruikt: de maandelijke telgegevens (september-maart) van aantallen vogels in de periode juli 2003 tot en met juni 2008 (samengevat in Hustings *et al.*, 2009). Ook deze gegevens zijn omgerekend naar een jaargemiddelde per telgebied. Op deze wijze wordt zowel in telgebieden als slaappleaatsen met dezelfde grootheid gewerkt. In sommige gevallen was een interpolatieslag noodzakelijk, zodat ook voor foe-

Interpolatie voor gebieden zonder telgegevens

Voor een aantal gebieden zijn geen gegevens beschikbaar of gaven de tellers geen toestemming om hun gegevens te gebruiken. Voor deze gebieden zijn de aantallen geschat op basis van twee bekende gebiedscategorieën: de ganzenfoerageergebieden, waar geen verstoring optreedt (Nolet *et al.*, 2009), en de gruttograslanden, die geschikt zijn voor broedende weidevogels, met name de grutto (*Limosa limosa*), maar ook voor foeragerende ganzen en smienten (Schotman *et al.*, 2007). Aangenomen is dat de gemiddelde voedselbeschikbaarheid per hectare ganzenfoerageergebied 1750 kolgansdagen per jaar bedraagt (Ebbing & Van der Gref-van Rossum, 2004). Voor gruttograslanden is arbitrair (worst case) de helft daarvan (875 kolgansdagen) gebruikt. Met Simflux zijn de vliegbewegingen naar deze graslanden berekend, voor zover de foerageercapaciteit voor alle relevante soorten ruimte biedt. Hiertoe zijn de instandhoudingsdoelen van ganzen en smienten omgerekend in kolgansdagen via een soortspecifieke omrekenfactor (Ebbing & Van der Gref-van Rossum, 2004).



Figuur 1 vliegbewegingen van brandganzen vanuit binnendijkse Vogelrichtlijngedebieden in Friesland als gemodelleerd door Simflux. Blauw: netwerk van Natura 2000-gebieden voor watervogels. Sovon-telgebieden waarnaar geen vliegbewegingen worden gemodelleerd, worden bezocht door brandganzen vanuit andere slaapplekken.

Figure 1 flight paths of barnacle goose from Natura 2000 sites in Friesland as modelled by Simflux. Blue: network of Natura 2000 sites and green: count areas defined by Sovon (Dutch centre for field ornithology). Green areas without connecting flight paths are visited by barnacle geese from other Natura 2000 sites.

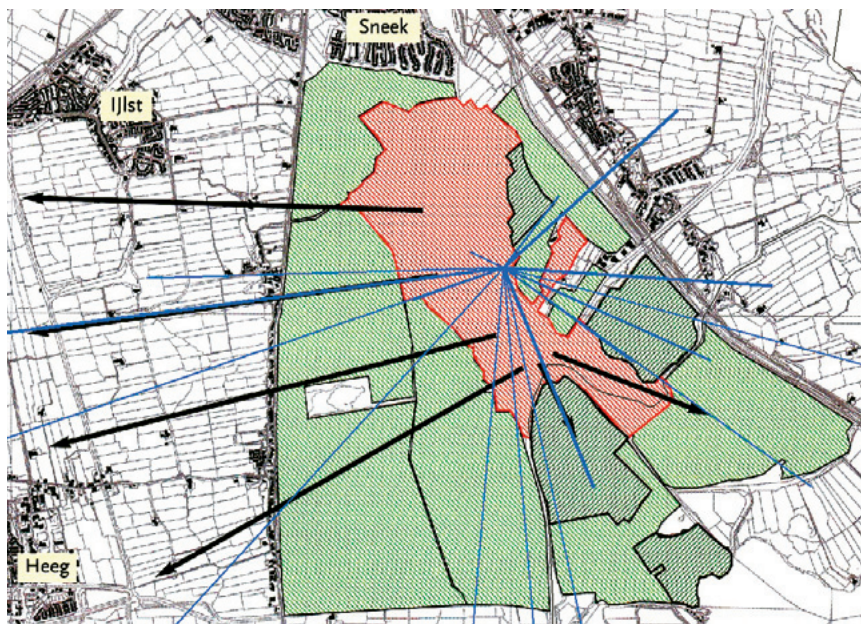
rageergebieden zonder telgegevens vliegfluxen kunnen worden bepaald (zie kader).

Resultaten

Simflux modelleert vliegbewegingen van brandganzen van slaapplekken in Natura 2000-gebieden naar zowel foerageergebieden in de nabije omgeving als ook verder weg (figuur 1). Vooral vanuit het Sneekermeergebied en Van Oordt's Mersken worden grote afstanden voorspeld. Vliegbewegingen worden vooral gemodelleerd voor de noordoostelijke, centrale, zuidelijke en zuidwestelijke regio's van Friesland. In de meeste gevallen

worden hierbij meerdere locaties met windmolens gekruist.

De maximale afgelegde foerageerafstand volgens Simflux voor de brandganzen is 19,7 km en het gemiddelde bedraagt 11,4 km. Deze afstanden komen redelijk overeen met elders gerapporteerde maximale afstanden van 15 km (Knecht *et al.*, 2009; Nolet *et al.*, 2009; Johnson *et al.*, 2014). Slechts 3 % van alle ganzen (andere soorten) vliegt volgens de modeluitkomsten afstanden van meer dan 20 km (overeenkomend met de theoretische berekeningen van Nolet *et al.*, 2009).



Figuur 2 Witte en Zwarte Brekken (rood gearceerd) met voormalige foerageergebieden (licht- en donkergroen) en actueel foerageergebied (donkergroen). Zwarte pijlen betreffen de belangrijkste vliegbewegingen van ganzen volgens Kleefstra (2010). Blauwe lijnen geven de door Simflux gemodelleerde vliegbewegingen aan.

Figure 2 Witte and Zwarte Brekken (hatched red) with former foraging areas (pale and dark green) and currently available foraging areas (dark green). Black arrows indicate most important flight paths for geese according to Kleefstra (2010). Blue lines indicate modelled flight paths by Simflux.

Discussie

Gemodelleerde versus werkelijke vliegbewegingen

Hoe betrouwbaar is Simflux? Om dat vast te stellen moeten gemodelleerde met daadwerkelijk waargenomen vliegpatronen worden vergeleken. Voor ons studiegebied, het Friese veenweidegebied, is dat slechts beperkt mogelijk. Er zijn geen studies met geringde of gezenderde vogels die het ruimtegebruik van ganzen binnen de gehele provincie Friesland onderzoeken. Studies die zich richten op geheel Nederland (Kleijn *et al.*, 2009) of juist een regio binnen de provincie Friesland (Van Dulleman *et al.*, 2005) zijn voor ons doel niet bruikbaar. Daarom hebben we andere bronnen gebruikt om de gemodelleerde vliegbewegingen te vergelijken met de daadwerkelijke (getelde) verspreiding.

Wierenga (1976) heeft de uitvliegrichtingen van kol-

en brandganzen vastgesteld die slapen in het Sneekermeergebied (Terkaple). Hij vond dat de kolganzen vooral naar het zuidoosten uitvlogen naar foerageergebieden bij Nijelamer (op een afstand van 15,5 km). De brandganzen van het Sneekermeergebied vlogen vooral naar het noordoosten naar onbekend gebleven foerageergebieden. Deze vliegbewegingen worden ook door Simflux gemodelleerd.

Kleefstra (2010) rapporteert over slaapplaatstellingen van ganzen in het Natura 2000-gebied Witte en Zwarte Brekken in de periode 1998/99-2008/09. De (verschillende soorten) ganzen blijken ten westen en zuidwesten van Witte en Zwarte Brekken te foerageren, zie figuur 2 (Kleefstra, 2010). De uitvliegrichtingen voor de brandganzen zoals bepaald door Simflux (figuur 2, blauwe pijlen) komen daar in grote mate mee overeen.

Op basis van Lebre (1959) kunnen de Simflux-resultaten voor de 's nachts vliegende smient worden gevalideerd. Deze studie toonde aan dat smienten vanuit het dagverblijf de Alde Feanen naar de foerageergebieden aan zowel de noordkant van Van Oordt's Mersken (10 km ten zuidoosten) als de graslanden ten zuiden van Leeuwarden (8-9 km ten noordwesten) trekken. Verder stelde Lebre vast dat ook smienten van de Groote Wielen naar de graslanden ten zuiden van Leeuwarden vlogen (tenminste 7 km ten zuiden). Deze drie vliegbewegingen worden ook door Simflux berekend, zij het dat de gemodelleerde vliegbeweging van de Alde Feanen naar het zuidwesten niet zo ver reikt. Dit kan te maken hebben met onze keuze voor het middelpunt van een telgebied, waardoor Simflux' vertrekpunt noordelijker van Van Oordt's Mersken is komen te liggen, maar ook het gevolg zijn van de gewijzigde omstandigheden in het landschap in de afgelopen vijftig jaar.

Verskil in geschiktheid van foerageergebieden Wierenga (1976) stelde vast dat kolganzen verschillende dichterbij gelegen, geschikt lijkende, gebieden oversloegen in hun dagelijkse foerageertocht. Blijkbaar spelen andere factoren, naast de twee door ons gehanteerde ecologische principes (minimale energetische uitgave en maximale soortspecifieke foerageerafstand) ook een rol bij het gedrag en de vliegbewegingen van ganzen. Gedacht kan worden aan kwaliteit van de foerageergebieden (voedselbeschikbaarheid, mate van rust of openheid), inter- en intraspecifieke competitie, weersomstandigheden, of traditie. Ook in de loop van een seizoen kunnen veranderingen optreden door bijvoorbeeld uitputting van foerageergebieden (O'Briain & Healy, 1991). Bij verdere modelontwikkeling kunnen dergelijke factoren worden bestudeerd en/of meegenomen. Door telgegevens van een geheel seizoen te benutten worden deze voorkeuren echter al impliciet meegenomen.

Vergelijking met windmolenrisicokaart

Zowel de windmolenrisicokaart (Aarts & Bruinzeel, 2009) als Simflux gebruiken de data van de Sovontelgebieden om risicogebieden te identificeren. De risicoanalyse van de windmolenrisicokaart is statischer dan die van Simflux, omdat alleen die invoer is gebruikt en met globale aantallen wordt gewerkt. Bij Simflux is het bijvoorbeeld ook mogelijk om de bijbehorende aantallen te modelleren en kunnen effecten soortspecifiek worden aangegeven. Ten slotte geven de berekende vliegroutes aan waar binnen de risicogebieden per soort de meeste slachtoffers kunnen worden verwacht.

Conclusies

Simflux is een relatief eenvoudig toe te passen model gebaseerd op simpele ecologische principes. Het is vergelijkbaar met het model dat Roshier *et al.* (2001) ge-



Foto Mark van Veen brand-ganzen (*Branta leucopsis*)

bruikten om, op een andere schaalgrootte, de vliegbewegingen van watervogels tussen een aantal meren in de woestijn van Australië te identificeren. De overeenkomst is dat beide modellen geschikt zijn voor open landschappen, zoals delta's, grootschalige landbouwgebieden, toendra's, steppes en woestijnen. In deze landschappen speelt de lokale topografie, anders dan in berggebieden (onder meer Barrios & Rodríguez, 2004) een kleine rol en gelden in principe ook alleen de twee ecologische principes (minimum energetische uitgave en maximale foerageerafstand) die als basis van Simflux dienen. Een meerwaarde van Simflux ten opzichte van de meeste andere modellen is het inzichtelijk maken van complexe vliegbewegingen van vogels door het gebruik van concrete aantallen. Andere benaderingen maken vaak gebruik van secundaire gegevens, zoals biotoopgeschiktheid of voedingswaarde om een beeld te krijgen van ver-

spreiding. Een tweede voordeel van het model is dat in onbeperkte mate aantallen soorten, individuen en bron- en doelgebieden gebruikt kunnen worden. Naarmate gegevens over aantallen omvangrijker en gedetailleerder zijn neemt de betrouwbaarheid van het model toe. De berekening en simulatie van vliegbewegingen van kwalificerende soorten in Nederlandse en Europese wetgeving biedt resultaten die ook bruikbaar zijn voor andere (ecologische) toepassingen en voor natuurbeleidvorming. Omdat in Simflux het leefgebied van vogels wordt beschouwd als een netwerk van verschillende slaap- en foerageergebieden, inclusief de noodzakelijke vliegfluxen daartussen, wordt een compleet beeld van de vliegbewegingen in een regio verkregen. Effecten op (onderdelen van) dit netwerk, in de vorm van bijvoorbeeld aanvaringen met barrières, kunnen gemakkelijk en integraal inzichtelijk worden gemaakt. Dit geldt niet alleen voor windmolens maar ook voor bouwwerken en infrastructuren als snelwegen, spoor-

lijnen en hoogspanningsverbindingen.

Simflux is een effectief hulpmiddel gebleken in milieueffectstudies voor de aanleg van windmolenparken. Op eenduidige wijze kunnen de effecten van de aanleg van een windpark zowel ruimtelijk als kwantitatief in beeld worden gebracht. Daarnaast biedt het model inzicht in de meest optimale locatie voor een windmolenpark, waarbij de minste aanvaringssslachtoffers optreden.

Dank

SOVON Vogelonderzoek Nederland verschaftte data van watervogels in de provincie Friesland. Janneke van Kessel en James Lidster voerden veldwerk uit. Guus Claessen en Mark Schasfoort ontwikkelden de programmatuur voor Simflux. Jerry van Dijk leverde commentaar op een eerste versie van het manuscript. Diederik van der Molen en een anonieme referent becommentarieerden het ingediende manuscript.

Summary

Modelling the flight paths of birds;
Confrontation with wind turbines

Wim Heijligers, Roland van der Vliet & Carolien
Wegstapel

Natura 2000, barnacle goose, flight paths, wind farm,
Friesland

Simflux provides insight into the flight paths (both direction and density of birds) between resting and feeding sites for waterfowl. The model clarifies whether birds in a foraging area may or may not come from different Natura 2000 sites. It also becomes clear whether birds from one Natura 2000 site fly to several foraging areas, and in what numbers. More specifically, Simflux

is able to determine the number of crossings of flight paths of waterfowl with windparks or infrastructure, including the size of this flight path. Through species-specific collision probability these crossings can be translated to the number of bird collisions and also to hotspots for collision victims. Simflux can thus semi-quantitatively assess the impact of, in this case, wind turbines on the conservation objectives of Natura 2000 sites.

Literatuur

- Aarts, B. & L. Bruinzeel, 2009.** De nationale windmolenrisicokaart voor vogels. SOVON-notitie 09-105. Beek-Ubbergen/Veenwouden. SOVON Vogelonderzoek Nederland/ Altenburg & Wymenga.
- Barrios, L. & A. Rodríguez, 2004.** Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41: 72-81.
- Bevanger, K., 1998.** Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation* 86: 67-76.
- Desholm, M. & J. Kahlert, 2005.** Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biology Letters* 1: 296-298.
- Dulleman, D. van, M. Koopmans, Y. van der Heide, F. Hoekema & D. Bos, 2005.** Monitoring van waterwild in opvanggebied Oost-Dongeradeel 2005. A&W rapport 677. Veenwouden. Altenburg & Wymenga
- Ebbinge, B.S. & J.G.M. van der Graft-van Rossum, 2004.** Advies over de vraag hoeveel hectaren ganzen- en smientenopvanggebied in Nederland nodig zijn om de huidige aantallen ganzen en smienten op te vangen. Alterra-rapport 972. Wageningen. Alterra.
- Fox, A.D., C. Mitchell, A. Stewart, J.D. Fletcher, J.V.N. Turner, H. Boyd, P. Shimmings, D.G. Salmon, W.G. Haines & C. Tomlins, 1994.** Winter movements and site-fidelity of Pink-footed Geese *Anser brachyrhynchus* ringed in Britain, with particular emphasis on those marked in Lancashire. *Bird Study* 41: 221-234.
- Giroux, J.-F., 1991.** Roost fidelity of Pink-footed Geese *Anser brachyrhynchus* in north-east Scotland. *Bird Study* 38: 112-117.
- Heijligers, W., R. van der Vliet, G. Claessen & M. Schasfoort, in voorbereiding.** Simflux, simulatie vliegfluxen en draadslachtoffers. Een model voor het bepalen van vliegfluxen van vogels en draadslachtoffers van hoogspanningsverbindingen. Tauw-rapport.
- Hornman, M., F. Hustings, K. Koffijberg & O. Klaassen, 2012.** Handleiding SOVON watervogel- en slaapplaattellingen. Nijmegen. SOVON Vogelonderzoek Nederland.
- Hustings, F., K. Koffijberg, E. van Winden, M. van Roomen, SOVON Ganzen- en Zwanenwerkgroep & L. Soldaat, 2009.** Watervogels in Nederland in 2007/2008. Sovon-monitoringrapport 2009/02, Waterdienst-rapport 2009.020. Beek-Ubbergen. SOVON Vogelonderzoek Nederland.
- Johnson, W.P., P.M. Schmidt & D.P. Taylor, 2014.** Foraging flight distances of wintering ducks and geese: a review. *Avian Conservation and Ecology* 9(2): 2. <http://dx.doi.org/10.5751/ACE-00683-090202>.
- Kleefstra, R., 2010.** Reactie: slaapplaatsen van ganzen: casus Witte en Zwarte Brekken. *De Levende Natuur* 111: 136-137.
- Kleijn, D., E. Knecht & B.S. Ebbinge, 2009.** Evaluatie opvangbeleid 2005-2008 overwinterende ganzen en smienten. Deelrapport 3. Het effect van het opvangbeleid op de verdeling van ganzen over opvanggebieden en gangbaar boerenland; studie aan de hand van gemerkte ganzen. Alterra-rapport 1783. Wageningen. Alterra.
- Knecht, E., M. Kiers & B.A. Nolet, 2009.** Evaluatie opvangbeleid 2005-2008 overwinterende ganzen en smienten. Deelrapport 6. Foerageergebieden rond Natura 2000-gebieden met ganzendoelstellingen. Alterra-rapport 1843. Wageningen. Alterra.
- Lebret, T., 1959.** De dagelijkse verplaatsingen tussen dagverblijf en nachtelijk voedselgebied bij Smienten, *Anas penelope L.*, in enige terreinen in het lage midden van Friesland. *Ardea* 47: 199-210.
- Madsen, J., G. Cracknell & A.D. Fox, 1999.** Goose populations of the Western Palearctic. A review of the status and distribution. Wageningen. Wetlands International.
- LNV, 2008.** Leeswijzer Natura 2000 profielendocument. Voorlopige versie. Ede. Ministerie van LNV, Directie Kennis.
- Nolet, B.A., J.M. Baveco & H. Kuipers, 2009.** Evaluatie opvangbeleid 2005-2008 overwinterende ganzen en smienten. Deelrapport 1. Een modelberekening van de capaciteit van opvanggebieden voor overwinterende ganzen en smienten. Alterra-rapport 1840. Wageningen. Alterra.
- O'Briain, M. & B. Healy, 1991.** Winter distribution of Light-bellied Brent Geese *Branta bernicla hrota* in Ireland. *Ardea* 79: 317-326.
- Roshier, D.A., A.I. Robertson, R.T. Kingsford & D.G. Green, 2001.** Continental-scale interactions with temporary resources may explain the paradox of large populations of desert waterbirds in Australia. *Landscape Ecology* 16: 547-556.
- Schotman, A.G.M., M.A. Kiers & Th.C.P. Melman, 2007.** Onderbouwing Grutto-geschiktheidkaart, ten behoeve van Grutto-mozaïekmodel en voor identificatie van weidevogelgebieden in Nederland. Alterra-rapport 1407. Wageningen. Alterra.
- Stephens, D.W. & J.R. Krebs, 1987.** Foraging theory. New Jersey. Princeton University Press.
- Vliet, R. van der, W. Heijligers & J. Tilborghs, 2011.** Maximale foerageerstanden. Op een rij gezet voor 97 beschermde vogelsoorten. *Toets* 18(4): 6-10.
- Wierenga, H.K., 1976.** Waarnemingen aan de ochtendtrek van ganzen in Friesland: resultaten van een telactie door leden van de N.O.U op 23 februari 1975. *Limosa* 49: 293-302.
- Wilson, H.J., D.W. Norriss, A. Walsh, A.D. Fox & D.A. Stroud, 1991.** Winter site fidelity in Greenland White-fronted Geese *Anser albifrons flavirostris*, implications for conservation and management. *Ardea* 79: 287-294.