



## WINDTURBINES EN VLEERMUIZEN

# NAAR EEN VOORSPELLINGS- MODEL VOOR SLACHTOFFERS

In de afgelopen decennia is veel onderzoek uitgevoerd naar de effecten van windturbines op vogels. De potentiële effecten van windturbines op vleermuizen zijn in Nederland echter nog niet generiek onderzocht. Bij de uitvoering van de Flora- en faunawet (en in mindere mate de Natuurbeschermingswet 1998) en bij m.e.r.-procedures zijn de kennisleemtes van effecten van windturbines op vleermuizen steeds vaker een probleem. Dit leidt tot vertragingen in de procedures. Op basis van nieuw veldonderzoek waarin naar vleermuisslachtoffers is gezocht in een vijftal Nederlandse windparken is een voorspellingsmethode getest en verder ontwikkeld. Hiermee kan uiteindelijk het werkelijke aantal vleermuisslachtoffers door windturbines nauwkeurig worden voorspeld.

Herman Limpens, Martijn Boonman, Stefan Vreugdenhil en Sjoerd Dirksen

Vleermuizen behoren in Nederland tot de best beschermde diersoorten, vanwege de plaatsing op Bijlage IV van de EU-Habitatrichtlijn. Dit geldt voor alle in ons land voorkomende vleermuissoorten. Met betrekking tot windenergie is het ontbreken van een goede methode voor het maken van een getalsmatig onderbouwde schatting van het aantal te verwachten slachtoffers onder vleermuizen bij windparken een belangrijk knelpunt in planningsprocedures. Het kan leiden tot langdurige ad hoc onderzoeken en onzekere procedures voor ontheffingen en/of vergunningen. Hierbij wordt bovendien – door een gebrek aan beschikbare kennis – veelal uitgegaan van een *worst case scenario*. De hieruit voortvloeiende extra kosten, vertraging en onzekerheid bemoeilijken de (her)ontwikkeling van windparken.

### Innovatieagenda

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl, waarin Agentschap NL is opgegaan) voert in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken een opdrachtenprogramma uit in het kader van de Innovatieagenda Energie, onderdeel Wind op Land. Deze heeft tot doel belemmeringen voor de ontwikkeling van windenergie zo veel mogelijk op te heffen en innovatie te stimuleren. Voor een onderzoek naar de effecten van windturbines op vleermuizen en een voorspellingsmethode om deze te kunnen schatten, heeft RVO.nl financiering beschikbaar gesteld. Energiebedrijven Eneco en Nuon hebben deelgenomen als co-financier, bovendien hebben zij windparken opengesteld voor het veldonderzoek.

### Van onderzoek naar voorspellingsmodel

Door Duitsers en Zwitsers zijn op basis van gestandaardiseerd onderzoek voorspellingsmodellen ontwikkeld, waarin gevonden slachtoffers en mogelijke factoren die samenhangen met een verhoogd slachtofferrisico aan elkaar zijn gecorreleerd. Bekende factoren die samenhangen met het slachtofferrisico zijn de hoogte van de activiteit van vleermuizen, periode in het seizoen en de nacht, weerparameters (windsterkte en temperatuur) en landschapsparameters. Statistische correlaties tussen de bovengenoemde parameters maken het mogelijk:

- de werkelijke aantallen slachtoffers te schatten op basis van gevonden slachtoffers, bij systematisch en gestandaardiseerd afzoeken van locaties rond windmolens;
- deze schatting nauwkeuriger te maken, door toevoegen van data over de (systematisch en gestandaardiseerd geregistreerde) akoestische vleermuisactiviteit.

### DE AUTEURS

Herman Limpens (024-7410506, herman.limpens@zoogdiervereniging.nl) is vleermuisspecialist en Stefan Vreugdenhil (024-7410500, stefan.vreugdenhil@zoogdiervereniging.nl) is teamleider bij het bureau van de Zoogdiervereniging. Martijn Boonman (0345-512710, m.boonman@buwa.nl) is vleermuisspecialist en Sjoerd Dirksen was ten tijde van dit project adjunct-directeur en specialist natuureffecten windenergie bij Bureau Waardenburg.



Ruige dwergvleermuis.

Het bureau van de Zoogdiervereniging en Bureau Waardenburg hebben, samenwerkend met de Duitse en Zwitserse onderzoekers, een vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd (Limpens et al. 2013). Op basis van protocollen is gestandaardiseerd gezocht naar slachtoffers, daarnaast werden de akoestische activiteit en weer- en landschapsparementen vastgelegd. De verkregen gegevens vormden input voor het testen en verder ontwikkelen van de meet- en voorspelmethoden van het Duitse model voor de Nederlandse situatie.

### Praktische aanpak

Er is onderzoek gedaan op vijf locaties in Noord-Holland, Flevoland en Zuid-Holland, in de periode van de herftmigratie van vleermuizen tussen begin augustus en eind september 2012. Dit is de tijd van het jaar waarin in zowel Noordwest-Europa als Noord-Amerika de meeste slachtoffers vallen). Door voor de periode te kiezen met het hoogste slachtofferrisico werd het beschikbare budget het meest effectief ingezet. Per locatie werd bij één turbine de akoestische activiteit van vleermuizen op maaiveld en gondelniveau vastgelegd met automatische batdetectors (apparaten die de ultrasone geluiden van vleermuizen registreren).

Per locatie is slachtofferonderzoek uitgevoerd bij de turbine waar de akoestische metingen plaatsvonden en bij een aantal andere turbines, binnen een radius van 50 meter rond de mastvoet. Binnen die radius zijn steeds het afzoekbaar oppervlak en doorzoekbaarheid van de vegetatie bepaald. Omdat het afzoekbaar oppervlak nooit 100% is, is steeds onder zo veel turbines

gezocht dat het totaal aan afgezocht oppervlak gelijk staat aan dat van twee keer de radius van 50 meter. Voor de vijf windparken samen is daardoor in totaal bij 25 turbines gezocht.

Per locatie is bij de turbine waar de akoestische metingen plaatsvonden experimenteel de vindkans van slachtoffers bepaald, op basis van de zoek-efficiëntie van waarnemers in de gegeven situatie. Daarnaast is de verdwijnsnelheid van slachtoffers bepaald: de kans dat slachtoffers tijdens het zoeken nog aanwezig en nog niet door aaseters opgeruimd waren. Bovendien zijn de landschapsparementen vastgelegd. Weergegevens zijn van de turbines zelf en naburige KNMI-weerstations verzameld. Landschapsparementen zijn afgeleid van de CORINE-database.

### Protocollen

Voor het veldwerk zijn meerdere protocollen uitgewerkt: protocollen voor het zoeken naar vleermuisslachtoffers bij windturbines, het classificeren van de doorzoekbaarheid, het bepalen van de zoekefficiëntie van de veldwerkers en de verdwijnsnelheid van dode vleermuizen, het registreren van de akoestische activiteit van passerende vleermuizen en het vastleggen van de landschappelijke kenmerken waarin een onderzocht windpark is gelegen. Het doel van deze protocollen is tweeledig:

1. het standaardiseren van vleermuisslachtofferonderzoek in Nederland, zodat uitkomsten van toekomstige onderzoeken onderling zo veel mogelijk vergelijkbaar zijn;
2. het geven van een precieze richtlijn voor het veldonderzoek naar vleer-



Een van de onderzoekslocaties.

muisslachtoffers, zodat de uitkomsten statistisch goed verwerkt kunnen worden.

Op deze wijze kunnen onderzoeksgegevens bijdragen aan steeds nauwkeurigere schattingen op basis van het model.

### Resultaten van metingen akoestische activiteit

Op grondhoogte werd de gewone dwergvleermuis het meest waargenomen, gevolgd door de ruige dwergvleermuis en de samengestelde groep van rosse vleermuis, laatvlieger en tweekleurige vleermuis (Nyctaloiden). De spreiding in de gemeten activiteit per locatie was groot: voor de gewone dwergvleermuis 2,5 - 30 opnames per uur, voor de ruige dwergvleermuis 1,2 - 15 opnames per uur en voor de genoemde samengestelde groep 0,5 - 1 opname per uur. De activiteit op maaiveld was over het algemeen ongeveer 15 à 20 keer hoger dan die op gondelhoogte, waar tussen 0,1 tot 4 vliegbewegingen per operationeel uur werden geregistreerd. Op gondelhoogte waren de Nyctaloiden de meest frequent geregistreerde soort(groep), gevolgd door gewone dwergvleermuis en ruige dwergvleermuis. Soorten van het genus Myotis zoals watervleermuis en meervleermuis werden op grondhoogte regelmatig opgenomen, maar op gondelhoogte is de groep nagenoeg afwezig.

Met akoestische activiteit op gondelhoogte als parameter kan worden bepaald tijdens welke omstandigheden het risico op slachtoffers het grootst is. De windsnelheid is de meest bepalende factor: vrijwel alle vliegactiviteit van vleermuizen speelt zich af bij windsnelheden lager dan 5 m/s. Er bestaan hierbij kleine verschillen tussen de soorten. De ruige dwergvleermuis is in dit onderzoek de meest windtolerante soort, gevolgd door de Nyctaloiden en de gewone dwergvleermuis. De activiteit is het hoogst gedurende het eerste deel van de nacht, bij hoge temperatuur zonder neerslag. Ook het seizoen en de windrichting hebben effect op de gemeten activiteit.

Deze resultaten geven aan welke variabelen van belang zijn bij het effectief verlagen van het aantal slachtoffers.

### Resultaten van zoeken slachtoffers

De zoekefficiëntie van de veldmedewerkers in het Nederlandse onderzoek bleek gelijk of hoger te zijn dan die van de Duitse collega's. Desondanks zijn er 'slechts' twee slachtoffers gevonden: een ruige dwergvleermuis en een gewone dwergvleermuis, beide bij een windpark in de Wieringermeer. Dat slechts twee slachtoffers zijn gevonden duidt op een laag slachtoffer risico op de nu onderzochte locaties. Dit lage risico is op zich gunstig voor de ontwikkeling van windenergie. Door het zeer geringe aantal gevonden slachtoffers en de grote variatie in akoestische activiteit, is het betrouwbaarheidsinterval van de statistische voorspelling echter (vooral) relatief groot.

### Schatten van werkelijk aantal slachtoffers

De berekende schattingen van werkelijke aantallen slachtoffers zijn in de onderhavige studie een middel en nog geen doel op zich. Omdat slechts een zeer beperkt aantal slachtoffers is gevonden, moeten de berekende getallen vooralsnog alleen in de context van het testen van het model worden geïnterpreteerd. Alle gepresenteerde schattingen gelden voor de windparken en de 25 specifieke turbines waar slachtofferonderzoek is gedaan, en voor de periode van onderzoek van begin augustus tot eind september. Het werkelijke aantal slachtoffers wordt allereerst op een basale manier geschat<sup>1</sup>, onder gebruikmaking van 'alleen de gevonden slachtoffers'. De twee gevonden slachtoffers zijn een reëel resultaat en duiden op een laag risico. Vanuit statistisch oogpunt is dit te weinig om voor de individuele locaties voorspellingen te doen. Dit zou leiden tot grote onnauwkeurigheden.

1 Alle weergegeven schattingen gelden steeds voor de periode van het jaar waarin het onderzoek is uitgevoerd (augustus – september).

Voor alle locaties samen (alle 25 turbines waar slachtoffers gezocht zijn) leidt schatten op basis van alleen gevonden slachtoffers tot een geschat werkelijk aantal slachtoffers tussen 4 en 50 slachtoffers (95% betrouwbaarheidsinterval), dat wil zeggen (gemiddeld) maximaal 2 per turbine. Afhankelijk van de gebruikte schattingsmethode zijn dat gemiddeld 14 of 18 slachtoffers voor de gehele onderzoeksperiode. Aantallen slachtoffers zijn te voorspellen, maar met een klein aantal gevonden slachtoffers is de nauwkeurigheid nog gering. Door het Duitse model te gebruiken, waarin naast de gevonden slachtoffers ook de akoestische activiteit, weer en landschapsdata een rol spelen, kunnen schattingen nauwkeuriger worden.

Gebruiken we alleen de Nederlandse data voor het model en als basis voor de schatting, dan ligt het geschatte aantal slachtoffers, voor alle windparken en de 25 turbines waar is gezocht, tussen 3 en 227 slachtoffers (95% betrouwbaarheidsinterval). De gemiddelde schatting op basis van > 1000 simulaties ligt op 35 per jaar voor de 25 turbines gezamenlijk. Schattingen mede op basis van de Duitse data met betrekking tot slachtoffers, akoestische activiteit, weer en landschap, worden gegeven in tabel 1.

De uitkomsten weerspiegelen de hogere activiteit en hogere aantallen gevonden slachtoffers in het Duitse onderzoek. In de beide varianten met invloed van de Duitse data is de onzekerheid minder groot. Ze leiden echter voor de situatie in de vijf Nederlandse windparken tot een overschatting: het geschatte aantal op basis van alleen Nederlandse data ligt een factor 4 lager. Deze voorspelling is op zichzelf nog onzeker; ze wijst echter duidelijk op een lager risico in de vijf onderzochte windparken, in vergelijking met de grotere set aan in Duitsland onderzochte windparken.

## Schatten van slachtoffers individuele windparken

Het rekenmodel kan gebruikt worden om met de specifieke data van het Nederlandse onderzoek schattingen te maken voor de individuele locaties. Vanwege de sterke verschillen in gemeten vleermuisactiviteit, zullen de locaties onderling verschillen.

## Algemene conclusies

Er mag worden geconcludeerd dat het akoestisch onderzoek en het zoeken naar slachtoffers goed heeft gewerkt en dat praktische protocollen konden worden opgesteld.

Het aantal gevonden slachtoffers was zeer gering terwijl de akoestische activiteit relatief groot was. De verklarende bijdrage van de landschapsparameters van de Nederlandse windparken aan de modelberekeningen is klein, omdat op vijf beschikbare locaties is gewerkt in zeer vergelijkbare landschappen, die typisch zijn voor de locaties waar in Nederland gezocht wordt naar kansen voor ontwikkeling van windparken. Omgekeerd betekent dit dat over andere landschappen geen uitspraken gedaan kunnen worden.

Schattingen van het slachtofferrisico op basis van de Nederlandse data zijn mogelijk, maar de uitkomsten hebben vooralsnog een grote onnauwkeurigheid en spreiding. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek (weinig gevonden slachtoffers bij hoge vindkans) blijkt het risico op vleermuis-slachtoffers op de onderzochte locaties echter gering; het gemiddelde aantal per turbine ligt op minder dan 1 tot maximaal 5 per jaar (op basis van Nederlandse gegevens). Maar de in deze studie weergegeven schattingen zijn meer rekenexercities dan betrouwbare schattingen.

Het invoeren van de gegevens uit Nederland in het Duitse model is mogelijk en levert – vooral wanneer niet alleen met data van slachtoffers wordt gewerkt, maar ook in combinatie met akoestische activiteit, slachtoffers en weer – al bruikbare schattingen van werkelijke aantallen slachtoffers op locatieniveau. Als gevolg van de (tot nog toe) relatief beperkte Nederlandse steekproef, de grote variatie in vleermuisactiviteit en het kleine aantal gevonden slachtoffers, is de nauwkeurigheid echter klein. Dit verbetert als ook de Duitse data mee worden genomen in de schattingen. Maar door de grotere Duitse dataset wegen deze zwaarder dan de Nederlandse data en is sprake van overschatting van het aantal slachtoffers.

Tabel 1. Schattingen voor alle windparken samen (5 parken, in totaal 25 turbines).

Type data voor schatting	Bron data model	Bron data schatting	Geschat aantal werkelijke slachtoffers	95% betrouwbaarheidsinterval
Alleen slachtoffers (2)	NL	NL	14 en 18 <sup>2</sup>	4 - 50
			Gemiddeld bij > 1000 simulaties	
Slachtoffers (2) + akoestische activiteit, weer en landschap	NL	NL	35	3 - 227
Slachtoffers (2) + akoestische activiteit, weer en landschap	NL+D	NL	142	83 - 253
Slachtoffers (2) + akoestische activiteit, weer en landschap	D	NL	135	77 - 259

2 Schattingen op basis van twee verschillende schatters (Huso 2010, Korner-Nievergelt et al. 2011).

Tabel 2. Schattingen voor individuele windparken.<sup>3</sup>

Type data schatting	Bron data		windpark				
	model	schatting	Almere	Burger-vlotbrug	Herkingen	Waard-tocht	Waterkaap-tocht
# turbines gezocht (som = 2 x radius 50 m)			3	4	3	5	10
			Gemiddeld # slachtoffers bij > 1000 simulaties*				
Slachtoffers (2) + akoestische activiteit, weer en landschap	NL	NL	4	1	14	6	10
95% betrouwbare interval			0-24	0-4	0-92	1-21	1-44
Slachtoffers (2) + akoestische activiteit, weer en landschap	NL+D	NL	13	4	6	9	20
95% betrouwbare interval			5-28	0-9	1-12	4-18	11-33
Slachtoffers (2) + akoestische activiteit, weer en landschap	D	NL	43	13	14	35	30
95% betrouwbare interval			20-89	7-13	8-26	13-99	19-48

\*Gemiddelden gebaseerd op tabel 15 in Limpens et al. 2013.

26 Uit de analyses van de data uit Duitsland blijkt dat een hoge nauwkeurigheid wordt bereikt wanneer er data zijn van ten minste tien gevonden slachtoffers. Wanneer voor een specifieke subpopulatie van locaties of turbines (landschappelijk, regio, type turbine, etc.) de grens van tien slachtoffers wordt gehaald, wordt het mogelijk voor die subgroep een nauwkeurige voorspelling (kleine standaardafwijkingen, relatief smal 95% betrouwbaarheidsinterval) te geven.

Op basis van alleen akoestische data is het mogelijk met de voorspellingsmodellen een redelijk betrouwbare schatting te maken van het aantal verwachte slachtoffers op een nieuwe ontwikkellocatie, op welke momenten het slachtofferrisico hoog is en welke stilstandtijden tot een relatief sterke vermindering van de vleermuissterfte kunnen leiden. Het is van belang dit ook te toetsen.

De uitkomsten die nu mogelijk zijn, worden nog sterk door de Duitse data bepaald. Als op typisch Nederlandse locaties voor windparken een lager slachtofferrisico zou zijn ten opzichte van de Duitse situatie, zouden we daarmee het risico wellicht overschatten. Hoe meer Nederlandse, en aan de specifieke locaties gerelateerde data, er in het model kunnen worden meegenomen, hoe nauwkeuriger de risicomomenten of stilstandtijden kunnen worden voorspeld, en des te kleiner het slachtofferrisico en verlies aan energieopbrengst zal zijn.

Ten behoeve van de verdere ontwikkeling en toepassing van het model is het van groot belang gegevens te verzamelen en de ontwikkelde protocollen te gebruiken. Zo kunnen bij toekomstig onderzoek aan vleermuizen en windenergie gelijkwaardige data worden verzameld die kunnen worden ingevoerd in het model. De schattingen en voorspellingen zullen dan steeds nauwkeuriger op de Nederlandse situatie en individuele locatie gericht zijn. ■

## BRONNEN

- Arnett, E.B., W.K. Brown, W.P. Erikson, J.K. Fiedler, B.L. Hamilton, T.H. Henry, A. Jain, G.D. Johnson, J. Kerns, R.R. Koford, C.P. Nicholson, T.J. O'connell, M.D. Piorkowski & R.D. Tankersley, 2008. Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J. Wildl. Manage.* 72: 61-78.
- Boonman, M., H.J.G.A. Limpens, M.J.J. La Haye, M. van der Valk & J.C. Hartman, 2013. Protocollen vleermuisonderzoek bij windturbines. Rapport 2013.28, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg.
- Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (Eds.) 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. - Umwelt und Raum Bd. 4:1-457. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Limpens, H.J.G.A., M. Boonman, F. Korner-Nievergelt, E.A. Jansen, M. van der Valk, M.J.J. La Haye, S. Dirksen & S.J. Vreugdenhil, 2013. Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013.12, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg.
- Huso, M.M.P., 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22:318-329.
- Korner-Nievergelt, F., P. Korner-Nievergelt, O. Behr, I. Niermann, R. Brinkmann & B. Hellriegel, 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines. *Journal of Wildlife Biology* 17:350-363.
- Korner-Nievergelt, F., R. Brinkmann, I. Niermann & O. Behr, 2013. Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. *PlosONE* 8(7): e67997.
- Rydell, J., L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, M. Green, L. Rodrigues, A. Hedenström. 2010a. Bat mortality at wind turbines in Northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2): 261-274.
- Rydell, J., L. Bach, M.J. Dubourg-Savage, M. Green, L. Rodrigues & A. Hedenström, 2010b. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur J Wildl Res.* DOI 10.1007/s10344-010-0444-3.

<sup>3</sup> Schatting voor het aantal slachtoffers in de periode 3 augustus – 30 september, voor het totaal aantal onderzochte turbines in het specifieke windpark.