



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

## **Wind turbines and bats in the Netherlands** ***Measuring and predicting***

**Herman Limpens, Martijn Boonman, Fränzi Korner-Nievergelt, Eric Jansen, Marc van der Valk, Maurice La Haye, Sjoerd Dirksen & Stefan Vreugdenhil**

19 november 2013

---

### **Uitgebreide Nederlandse samenvatting**

#### ***Aanleiding***

Agentschap NL 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 windenergie zo veel mogelijk op te heffen en innovatie te stimuleren.

Vleermuizen zijn strikt beschermd (Habitatrichtlijn en daarmee ook in de Nederlandse natuurwetgeving) en zij kunnen potentieel slachtoffer worden van windturbines. Daarmee is het een relevante soortengroep in het proces van planning en ontwikkeling van een windpark. In ons veelal open laagland hoeven die risico's niet groot te zijn, maar er kunnen op specifieke locaties in Nederland toch grotere aantallen slachtoffers vallen (Boonman *et al.* 2010). Opvallend is dat slachtoffers vooral vallen bij lagere windsnelheden waarop nog geen of nog nauwelijks energie wordt opgewekt (Arnett *et al.* 2009, 2010a, b, 2011, Brinkmann *et al.* 2011).

#### ***Van onderzoek naar voorspellingsmodel***

In Duitsland zijn (op basis van gestandaardiseerd onderzoek) modellen ontwikkeld waarin gevonden slachtoffers en mogelijke risicofactoren, zoals akoestische activiteit, periode in seizoen en nacht, weerparameters als windsterkte en temperatuur, en landschapsparameters aan elkaar zijn gecorreleerd (Brinkmann *et al.* 2011, Korner-Nievergelt *et al.* 2011, 2013).

Hierdoor is 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 activiteit.

Op basis van deze correlaties kan:

- een schatting worden gemaakt voor situaties waarin het zoeken naar slachtoffers niet mogelijk is (bijvoorbeeld in open water),
- mitigatie worden gerealiseerd door stilstand van de turbines op momenten van verhoogd slachtofferrisico, wat leidt tot het vermijden van een zo groot mogelijk aantal slachtoffers (> 80 – 90%), tegen een minimaal verlies aan energieopbrengst (< 1%) (Brinkmann *et al.* 2011).

### ***Naar een Nederlands voorspellingsmodel***

Om planvormingsprocessen te versnellen heeft Agentschap NL in samenwerking met ENECO en NUON opdracht gegeven om onderzoek te doen naar vleermuisslachtoffers in relatie tot windturbines. De opdracht omvat het ontwikkelen van een Nederlands voorspellingsmodel (te bouwen op basis van het Duitse model), het opstellen van onderzoeksprotocollen en het communiceren van de uitkomsten.

Op basis van protocollen is gestandaardiseerd gezocht naar slachtoffers, daarnaast werden de akoestische activiteit en weer- en landschapsparameters 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.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenhang en samenwerking met de Duitse en Zwitserse onderzoekers. Windenergie-producenten NUON en ENECO hebben financieel bijgedragen en onderzoek op hun locaties en in hun turbines mogelijk gemaakt.

### ***Praktische aanpak in Nederland***

Er is onderzoek gedaan op 5 locaties in Noord-Holland, Flevoland en Zuid-Holland, in de periode van de herfstmigratie tussen begin augustus en eind september 2012 (59 dagen). Per locatie werd bij één turbine de akoestische activiteit van vleermuizen op maaiveld en gondelniveau vastgelegd met automatische bat detectors (apparaten die de ultrasone geluiden van vleermuizen registreren).

Per locatie is bij de turbine met de akoestische metingen en een aantal andere turbines slachtofferonderzoek uitgevoerd, binnen een radius van 50 m rond de mastvoet. Daarbinnen zijn het afzoekbaar oppervlak en doorzoekbaarheid van de vegetatie bepaald.

Per locatie is bovendien, bij de turbine met de akoestische metingen, experimenteel de vindkans van slachtoffers bepaald - op basis van de zoekefficiëntie van waarnemers in de gegeven situatie - en is experimenteel onderzocht wat de kans is dat slachtoffers tijdens het zoeken nog aanwezig waren (niet door aaseters opgeruimd). Daarnaast zijn de landschapsparameters vastgelegd.

De geluidsopnames zijn (met gebruik van filters) gesorteerd en gedetermineerd tot op de volgende vleermuissoorten(groepen):

- de 'Nyctaloiden': binnen de groep van vooral rosse vleermuis (*Nyctalus noctula*), laatvlieger (*Eptesicus serotinus*) en tweekleurige vleermuis (*Vespertilio murinus*) zijn waarnemingen vaak niet tot op soortniveau te determineren
- 'Myotis-groep': binnen de groep van onder andere de watervleermuis (*Myotis daubentonii*) en meervleermuis (*Myotis dasycneme*) zijn waarnemingen vaak niet tot op soortniveau te determineren
- rosse vleermuis *Nyctalus noctula* (van de gevallen waarin de waarnemingen wel tot op soortniveau konden worden bepaald)
- gewone dwergvleermuis *Pipistrellus pipistrellus*

- ruige dwergvleermuis *Pipistrellus nathusii*
- kleine dwergvleermuis *Pipistrellus pygmaeus*
- meervleermuis *Myotis dasycneme* (van de gevallen waarin de waarnemingen wel tot op soortniveau konden worden bepaald).

Weergegevens zijn van de turbines zelf en naburige KNMI-weerstations verzameld. Landschapsparementen zijn afgeleid van de CORINE-database.

### **Resultaten akoestische activiteit**

De gewone dwergvleermuis werd het meest waargenomen, gevolgd door de ruige dwergvleermuis en de Nyctaloiden-groep. De spreiding in de gemeten activiteit per locatie was relatief groot: voor de gewone dwergvleermuis 2,5–30 opnames per uur, voor de ruige dwergvleermuis 1,2-15 opnames per uur en voor de Nyctaloiden-groep 0,5-1 opnames per uur. De activiteit op de onderzoekslocatie in Almere ligt ver boven het gemiddelde, wellicht hangt dit samen met de nabijheid van moeras, zoet water en loofbos; de beperkte dataset maakte het niet mogelijk dit vermoeden te onderbouwen met statistische berekeningen. De activiteit op maaiveld was over het algemeen ongeveer 15 à 20 keer hoger dan die op turbinehoogte.

De akoestische activiteit op gondelhoogte beschrijft gedurende welke omstandigheden het risico op slachtoffers het grootst is. De windsnelheid is hierbij de meest bepalende factor. Vrijwel alle activiteit van vleermuizen speelt zich af bij windsnelheden onder de 5 m/s. De activiteit is daarnaast 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 zoeken slachtoffers**

De zoekefficiëntie van de veldmedewerkers bleek gelijk of hoger te zijn dan die van de Duitse collega's. Desondanks zijn er slechts 2 slachtoffers gevonden: een ruige dwergvleermuis op 6 augustus en een gewone dwergvleermuis op 9 september, beide bij een park in de Wieringermeer.

Dat er slechts 2 slachtoffers zijn gevonden - ondanks voldoende en met de Duitse collega's vergelijkbare zoekinspanning en zoekefficiëntie - duidt op een laag slachtofferrisico op de nu onderzochte locaties. Dit lage risico is op zich gunstig voor de ontwikkeling van windenergie. Het zeer geringe aantal slachtoffers en de grote variatie in akoestische activiteit maken echter op dit moment de statistische voorspelling (vooralsnog) zwakker.

### **Schatten van werkelijk aantal slachtoffers**

De berekende schattingen van werkelijke aantallen slachtoffers zijn in de onderhavige studie slechts een middel en nog geen doel op zich zelf. Omdat er 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.

Het werkelijke aantal slachtoffers wordt allereerst op een basale manier geschat, onder gebruikmaking van 'alleen de gevonden slachtoffers'. De 2 gevonden slachtoffers zijn een reëel resultaat en duiden op een laag risico. Maar vanuit statistisch oogpunt is dit te weinig om voor de individuele locaties voorspellingen te doen. Dit zou leiden tot grote onnauwkeurigheden.

Voor alle locaties samen (alle 25 turbines waar slachtoffers gezocht zijn) leidt schatten op basis van alleen slachtoffers, tot een geschat werkelijk aantal slachtoffers tussen 4 en 50 slachtoffers (95% betrouwbaarheidsinterval). Afhankelijk van de gebruikte schattingsmethode zijn dat gemiddeld 14 of 18 slachtoffers voor de gehele onderzoeksperiode. Aantallen slachtoffers zijn te voorspellen, maar met een gering aantal gevonden slachtoffers is de nauwkeurigheid gering.

Vervolgens is het werkelijke aantal slachtoffers met het Duitse model geschat op basis van 'gevonden slachtoffers plus activiteit op gondelhoogte (meest relevant)'. Dat is op drie manieren gedaan:

A) Eerst worden alleen de Nederlandse data gebruikt, voor zowel de statistische correlaties tussen gevonden slachtoffers, akoestische activiteit en weerparameters (het model) als de schatting van werkelijke aantallen slachtoffers. Het geschatte werkelijk aantal slachtoffers, voor alle windparken en de 25 turbines waar is gezocht, ligt dan tussen 3 en tot 227 slachtoffers (95% betrouwbaarheidsinterval). De gemiddelde schatting op basis van > 1000 simulaties ligt op 35. Dit gemiddelde ligt eerder aan de lage dan de hoge kant van de bandbreedte, maar het lage aantal slachtoffers en de grote variatie in akoestische activiteit, leidt hier tot een hoge onzekerheid. Het model en het voorspellen werkt, maar we krijgen met de huidige beschikbare Nederlandse data nog geen nauwkeurige betrouwbare voorspelling.

B) Vervolgens worden voor de statistische correlaties de Duitse en Nederlandse data gebruikt, en wordt er weer geschat met alleen de Nederlandse data. Zo worden voor alle locaties samen tussen de 83 tot 253 slachtoffers geschat (95% betrouwbaarheidsinterval), met een gemiddeld aantal van 142 slachtoffers. Ook hier werkt het model, maar de uitkomsten weerspiegelen de hogere activiteit en hogere aantallen gevonden slachtoffers in het Duitse onderzoek. Voor de Nederlandse situatie in de 5 windparken leidt dit tot een overschatting.

C) Worden de correlaties berekend op basis van alleen de Duitse data (het oorspronkelijke Duitse model), en weer geschat met alleen Nederlandse data, dan wordt voor alle locaties samen een werkelijk aantal slachtoffers van tussen 77 tot 259 (95% betrouwbaarheidsinterval) met een gemiddelde van 135 geschat. Dat is voor de situatie in de 5 windparken wederom een overschatting.

In beide laatste varianten (B en C) is weliswaar de onzekerheid kleiner, maar het geschatte aantal op basis van scenario A ligt een factor 4 lager. Deze puur op Nederlandse data gebaseerde voorspelling is op zichzelf nog onzeker, ze wijst echter wel op een lager risico in de 5 onderzochte windparken in vergelijking met de grotere set aan in Duitsland onderzochte windparken.

### ***Schatten van slachtoffers voor individuele windparken***

Op basis van het Duitse model, al dan niet met input van Nederlandse data in de statistische transformatie, kunnen ook schattingen voor individuele locaties worden gemaakt.

Voor individuele windparken variëren de schattingen bij aanpak A van 1 (0-4) tot 14 (0-92) slachtoffers per jaar, voor de periode begin augustus tot eind september. Bij aanpak B variëren ze van 4 (0-9) tot 20 (11- 33) en bij aanpak C van 13 (7-23) tot 43 (20-89) slachtoffers (95% betrouwbaarheidsinterval).

Wanneer Almere (hoge activiteit, geen slachtoffers) van de berekeningen op basis van alleen Nederlandse data wordt uitgesloten, wordt het slachtofferrisico een factor 2 groter.

De twee gevonden slachtoffers worden dan immers ten opzichte van een lagere activiteit geïnterpreteerd. Wanneer ook de Duitse data worden betrokken vinden we geen grote verschillen, wel is dan de bandbreedte van de 95% waarschijnlijkheid kleiner. Dit laatste illustreert dat meer data de nauwkeurigheid van de voorspelling verbeteren.

### ***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 en de akoestische activiteit was tegelijk relatief groot. De verklarende bijdrage van de landschapsparameters van de Nederlandse windparken aan de modelberekeningen is klein, omdat we op 5 beschikbare locaties hebben gewerkt met zeer vergelijkbare landschappen.

Schattingen van het slachtofferrisico op basis van de Nederlandse data is mogelijk, maar de uitkomsten hebben nog een grote spreiding. Schattingen zijn dus niet nauwkeurig en kennen een grote bandbreedte. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek lijkt het risico op vleermuislachtoffers op de onderzochte locaties echter gering.

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 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 echter de nauwkeurigheid nog klein. Dit verbetert in onze analyse, wanneer ook de Duitse data mee worden genomen in de schattingen. Maar door de veel grotere Duitse dataset wegen die dan veel zwaarder dan de Nederlandse data en is er sprake van overschatting.

Theoretisch is het mogelijk met de voorspellingsmodellen, op basis van alleen akoestische data, aan te geven of er veel slachtoffers worden verwacht 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 zullen nog sterk door de Duitse data worden bepaald. Als er op typisch Nederlandse locaties voor windparken een lager slachtofferrisico zou zijn ten opzichte van de Duitse situatie, zouden we daarmee de feitelijk nodige stilstandtijd wellicht overschatten. Hoe meer Nederlandse data er in het model kunnen worden meegenomen, hoe nauwkeuriger de risicomomenten of stilstandtijden kunnen worden voorspeld, en des te kleiner het verlies aan energieopbrengst zal zijn.

Het is van groot belang dat toekomstig onderzoek aan vleermuizen in het kader van de ontwikkeling van windparken gebruik maakt van de hier ontwikkelde protocollen. Wanneer daaruit voortkomende data kunnen worden gebruikt voor dit model, zullen de schattingen en voorspellingen steeds nauwkeuriger op de Nederlandse situatie en individuele locatie gericht zijn.

---

### **Bijbehorende publicaties**

Bij dit onderzoek horen meerdere rapporten en notities, te weten:

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

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

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, UITGEBREIDE NEDERLANDSE SAMENVATTING. Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg

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, TOEPASBAARHEID VOOR DE NEDERLANDSE WINDSECTOR. Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg