

Vindkraftens effekter på fladdermöss

Johanna Widstrand

Självständigt arbete i biologi 2016

Sammandrag

Vindkraft är den snabbast växande förnybara energikällan globalt sett. Emellertid har uppmärksammade dödsfall av fladdermöss vid vindkraftverk skapat en oro över effekterna av vindkraftutbyggnad på fladdermuspopulationer runt om i världen. Fladdermöss kan förolyckas vid vindkraftverk genom kollisioner med turbinbladen eller genom barotrauma (tryckskador). För att undvika förolyckade fladdermöss vid vindkraftverk krävs insatser både vid placering av vindkraftsinstallationer men även vid utformningen av verken. Genom att undvika högriskplatser som kuster, skogbeklädda höjder och migrationsleder kan mortalitetssiffrorna minskas. En resursbaserad ansamling av fladdermöss vid vindkraftverk kan även förekomma (boplats och föda). För att minska bland annat insektsabundans vid vindkraftverken genom ändrad belysning (byte till små signallampor) och färgval (från vitt och ljusgrått till en lila nyans) kan fladdermusmortaliteten minskas utan stora energiförluster.

Inledning

Människans ökande energikonsumtion och användande av jordens resurser leder till konsekvenser för miljö och djurliv världen över, det vill säga, antropogena effekter på miljön. Förnybara energikällor måste ersätta fossila bränslen för minskad påverkan på växthuseffekten. Vindkraft är en av dessa förnybara resurser och även den snabbast växande förnybara energikällan globalt sett (Global Wind Energy Council 2015). Trots vindkraftens många bra miljöegenskaper påverkas fortfarande den omgivande miljön (Mathews *et al.* 2013). Vinden bär även med sig djurliv t.ex. fladdermöss, insekter och fåglar som kan påverkas direkt och indirekt av vindkraftsanläggningar.

Där vindkraft har installerats sker det en förändring i miljön genom bland annat habitatfragmentering, ljudbildning och vibrationer som kan påverka flera djurgrupper (Ahlén 2006). Oro för negativ påverkan på fåglar uppstod snabbt vid starten av vindkraftsetableringen medan fladdermöss inte fick lika stor uppmärksamhet. Nyare forskning visar dock att fler fladdermöss än fåglar förolyckas vid vindkraftverk (Ahlén 2006), vilket skapar en oro för fladdermuspopulationerna världen över.

Över 1200 fladdermusarter finns registrerade, vilket utgör en femtedel av världens alla däggdjursarter. Fladdermössen (Chiroptera) är spridda över hela världen förutom i polartrakterna (fladdermus.net 2016). I Sverige har 19 arter av fladdermöss registrerats varav 17 arter förekommer regelbundet. Alla Sveriges fladdermusarter är fridlysta och nio av dem är rödlistade (Artdatabanken 2016). Fladdermössen utgör en viktig och intressant del av Sveriges och världens biologiska mångfald och bör bevaras. Fladdermöss är även viktiga för oss människor eftersom de bidrar med ekosystemtjänster; de fruktätande arterna sprider frön, insektsätarna agerar skadedjurskontroll och arterna som äter nektar bidrar med pollinering (Eurobats 2006, Rader *et al.* 2016). De är även betydande indikatorarter för ett välmående ekosystem (Eurobats 2006). Vid planering av vindkraftverk är det därför viktigt att ta hänsyn till naturvårdsfrågor för att bibehålla viktiga ekosystem (Mathews *et al.* 2013).

2015 slogs ett nytt rekord i installation av vindkraftverk i världen, hela 63 GW ny vindkraftskapacitet installerades vilket motsvarar ungefär 33 600 nya vindkraftverk. Kina har varit ledande i vindkraftsutvecklandet sedan 2009 och behöll sin förstaplats även 2015. Europa hamnar på en andra plats följt av Nordamerika (Global Wind Energy Council 2015). Tyskland är det ledande landet i Europa med 44,9 GW installerad vindkraft (motsvarande nästan 24 000 vindkraftverk) medan Sverige ligger på en sjätte plats med 6 GW installerad vindkraft (Global Wind Energy Council 2015). I Sverige finns idag över 3200 vindkraftverk spridda över landet och de står för ca tio procent av Sveriges elproduktion. Enligt Sveriges riksdagsplanering ska förutsättningar för en utbyggnad leda till ca 3000-4000 nya vindkraftverk till år 2020 (Global Wind Energy Council 2015).

Syftet med denna uppsats är att sammanställa undersökningar om hur fladdermöss påverkas av vindkraftverk. Hur uppstår konflikten och vad kan man göra för att minska påverkan? Kan dödsfall av fladdermöss vid vindkraftverk undvikas? Vad bör man tänka på vid en vindkraftsinstallation?

Effekter på fladdermöss

Indirekta effekter

Vid installation av vindkraftverk sker en förändring av miljön genom bland annat trädavverkning och vägdragningar (Baerwald & Barclay 2009). För fladdermössen kan dessa altereringar leda till habitatfragmentering, förändring av födosöksområden och boplatser samt en störning vid migrationsleder. Förändringarna kan leda till förflyttning av boplatser och migrationsleder till nya områden men kan även leda till förflyttning av fladdermöss till vindkraftsområdena (Baerwald & Barclay 2009, Müller *et al.* 2013, Rodríguez-Durán & Feliciano-Robles 2015).

Direkta effekter

De faktorer som tros ha störst påverkan på fladdermuspopulationerna är de direkta effekterna som medför dödsfall. Fladdermöss är utmärkta flygare, så varför dör de vid vindkraftverk? Ansamlingar av fladdermöss vid vindkraftverk på grund av t.ex. föda eller sovplatser, kan leda till dödsfall genom kollision med turbinbladen eller på grund av barotrauma (se nedan).

Kollision

Fladdermöss kolliderar vanligen inte med stillastående föremål som byggnader, radiotorn och stillastående vindkraftverk (Grotsky *et al.* 2011). Under flygning använder sig fladdermöss av både syn och ekolokalisering. Cirka en fjärdedels sekund är den tiden det beräknats att en fladdermus har på sig att reagera på att ett vindkraftsverks turbinblad närmar sig då det råder höga vindhastigheter (Long *et al.* 2010, Grotsky *et al.* 2011). Vilket ger dem lite rum att hinna undvika att bli träffade då de befinner sig inom räckhåll för turbinbladen.

Kollisioner mellan fladdermöss och turbinblad har länge varit känt och har dokumenterats i flera studier, bland annat i studien av Horn *et al.* (2008) i West Virginia, USA. Under filmning med infraröda kameror bevittnades fem kollisioner under tio nätter. Vilket beräknades kunna ge totalt 21 kollisioner per natt i vindkraftsparken. Fladdermöss uppfattades även väja undan för turbinbladen och

efteråt uppvisa ett nyfiket beteende mot turbinbladen istället för att flyga därifrån, vilket ytterligare ökar olycksrisken. Hur ofta kollisioner sker är viktigt att veta för beräkning av eventuell påverkan på populationsstorlekar (Horn *et al.* 2008, Long *et al.* 2010, Grodsky *et al.* 2011).

Barotrauma

Trots dokumenterade kollisioner med turbinbladen är dödsorsaken omdiskuterad då studier även påvisat barotrauma som eventuell dödsorsak (Baerwald *et al.* 2008, Grodsky *et al.* 2011, Rollins *et al.* 2012). Barotrauma uppstår då luftfyllda organ utsätts för plötsliga tryckförändringar vilket fladdermössen kan utsättas för vid flygning i vindkraftverkens rotationszon. Tryckförändringarna skapas då luft strömmar över turbinbladen under rotationen (Baerwald *et al.* 2008, Rollins *et al.* 2012). Dessa tryckförändringar kan leda till inre vävnadsskador (Rollins *et al.* 2012). I en uppmärksam studie av Baerwald *et al.* (2008) visades att häften av de förolyckade fladdermössen omkommit på grund av barotrauma. Senare forskning tyder däremot på att barotrauma endast orsakar en liten del av alla dödsfall (Grodsky *et al.* 2011, Rollins *et al.* 2012). Dödsorsak kan vara svårbestämt menar Rollins *et al.* (2012) eftersom traumat från en kollision med turbinbladen kan orsaka liknande skador på organen. En kombination av de båda kan därför ofta vara dödsorsak (Grodsky *et al.* 2011, Rollins *et al.* 2012). Fladdermöss som upphittas i direkt närhet till vindkraftverken har oftast omkommit av barotrauma medan fladdermöss som hittas längre bort från vindkraftverken (upp emot 40-70 meter) har med större sannolikt även krocksador från kollision (Grodsky *et al.* 2011).

Förolyckade fladdermöss

Fladdermössens mortalitet vid vindkraftverk i Europas länder förhåller sig relativt lika till varandra vid samma habitattyp (Rydell *et al.* 2010). I genomsnitt är mortaliteten mycket högre på skogbeklädda höjder, vid kuster och lägre i inlandet, vid jordbruk- och åkermark samt i låglandskap (Tabell 1) (Ahlén 2002, Horn *et al.* 2008, Rydell *et al.* 2010, Rodríguez-Durán & Feliciano-Robles 2015, Rydell & Wickman 2015). I en svensk studie visades dödligheten vara upp emot fem gånger så hög vid kust mot inland (Ahlén 2002, Rydell *et al.* 2010). Studier har även visat en resursbaserad ansamling av exempelvis föda eller boplatser, för fladdermöss vid vindkraftverk. Vilket påverkar antalet dödsfall (Horn *et al.* 2008, Cryan *et al.* 2014). Dessutom påverkas dessa ansamlingar av resurser av vindkraftverkens utförande av belysning, färg och höjd (Horn *et al.* 2008, Long *et al.* 2011).

Mortaliteten för fladdermöss vid vindkraftverk varierar även beroende på migration, årstid, tidpunkt på dygnet samt vid olika vindstyrkor (Rydell *et al.* 2010, Cryan *et al.* 2014, Rydell & Wickman 2015). Vindkraftsinstallationsområden med habitat och läge som normalt påvisar låga mortalitetssiffror kan få en drastisk ökad mortalitet om migrationsleder för fladdermöss förekommer inom eller i närheten av området (Rydell *et al.* 2010).

Olika arter av fladdermöss flyger och jagar på olika höjder. Arter som flyger högt över marknivån har högre mortalitet vid vindkraftverk (Rydell *et al.* 2010, Camina 2012). Huruvida antalet förolyckade fladdermöss skiljer sig mellan kön och ålder är i dagsläget svårbestämt då underlag för en jämförelse fattas i många studier samt att de

få studier som finns påvisar skilda resultat (Piorkowski & O'Connell 2010, Rydell *et al.* 2010, Georgiakakis *et al.* 2012).

För bedömning av vindkraftens effekter på fladdermuspopulationerna krävs kunskap om populationsstorlekar. Kunskap som i många fall saknas, vilket försvårar bedömningen (Georgiakakis *et al.* 2012).

Tabell 1. Antalet förolyckade fladdermöss vid vindkraftverk per år och vindkraftens läge och referens.

Land	Antal döda/ verk & år*	Placering av vindkraftverken			Referens
		Läge	Habitat typ	Topografi	
Tyskland (Sydväst)	18	Inland	Skog	Höjd	Rydell <i>et al.</i> 2010
Tyskland (Nordvästra)	0.4	Inland	Jordbruk	Lågland	Rydell <i>et al.</i> 2010
Tyskland (Östra)	1.8	Inland		Lågland	Rydell <i>et al.</i> 2010
Österrike	5.3		Jordbruk	Lågland	Rydell <i>et al.</i> 2010
Österrike	8.8		Jordbruk	Lågland	Rydell <i>et al.</i> 2010
Schweiz	4.5		Betesmark	Lågland	Rydell <i>et al.</i> 2010
Grekland**	2.08	Inland		Höjd	Georgiakakis <i>et al.</i> 2012
Spanien**	0.003	Inland	Jordbruk	Lågland	Camina 2012
England	1.2	Inland	Jordbruk	Lågland	Rydell <i>et al.</i> 2010
Sverige (Södra)	0.04	Inland	Jordbruk		Ahlén 2002
USA	1.19 - 1.71	Inland	Gräsmark		Piorkowski & O'Connell 2010

*Medelvärde

**Ej rättat för felmarginaler

Inför installation

Skydd och lagar

Fridlysningen av fladdermöss i Sverige medför att de varken får jagas eller dödas. Skyddet av Sveriges fladdermöss följer även det europeiska Fladdermusavtalet - Eurobats (Ahlén 2006). "Innebörden av Eurobats medför att man måste beakta förekomst av värdefull och skyddsvärd fladdermusfauna inför beslut om ingrepp och förändringar i viktiga miljöer" (Ahlén 2006). Avtalet innefattar ett antal åtgärder som medlemsländerna förbinds att utföra, detta för att säkerställa en rikare fladdermusfauna. Naturvårdsverket har det övergripande ansvaret i Sverige för att avtalet hålls och nödvändiga åtgärder vidtas. Alla svenska fladdermusarter ingår även i EU:s art- och habitatdirektiv varvid skyddsåtgärder ska vidtas för bevarande av fladdermusfaunan. Fladdermöss får enligt habitatdirektivet inte störas och värdefulla habitat inte förstöras. Inför förändring eller påverkan av viktiga miljöer för fladdermöss, som uppförande av vindkraftverk, bör undersökningar utföras i syfte att identifiera eventuella störningsrisker enligt Eurobats (Ahlén 2006).

Fladdermöss är de enda däggdjur som har aktiv flygförmåga (Sjollema *et al.* 2014). De flesta av Sveriges arter är beroende av jordbrukslandskap, skogsmark, och urban miljö (tabell 2) (Artdatabanken 2016). Arter av fladdermöss har även olika krav vad gäller levnadsmiljön under olika delar av året. Nyckelbiotoperna för fladdermöss innefattar sovplatser (ex. byggnader och hålträd), övervintringsplatser (ex. gruvor och källarvalv), migrationsleder samt födosöksplatser (Ahlén 2006). Åtgärdsarbetet blir således komplext för att kunna skydda de miljöer fladdermössen är beroende av.

Utbredningen av Sveriges fladdermusarter börjar bli mer och mer kartlagd vilket förenklar bevarandearbetet för fladdermusfaunan.

Tabell 2. Svenska fladdermusarter, deras biotopförekomst samt nationella rödlistningsbedömning. Viktigaste habitatet för arten i fetstil. (Artdatabanken 2016)

Latinskt namn	Svenskt namn	Biotop	Rödlistning
<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastell	U, J, S, V	Sårbar
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Nordfladdermus	U, J, H, S, V	Livskraftig
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sydfladdermus	S, U, J, H, SV	Starkt hotad
<i>Myotis alcarhoe</i>	Nymfladdermus	S, SÖ	Akut hotad
<i>Myotis brandtii</i>	Tajgafladdermus	U, V, S, J	Livskraftig
<i>Myotis bechsteinii</i>	Bechsteins fladdermus	U, S, V, J	Akut hotad
<i>Myotis dasycneme</i>	Dammfladdermus	U, V, S, B, H, SV, J	Starkt hotad
<i>Myotis daubentonii</i>	Vattenfladdermus	H, U, V, S, SV J	Livskraftig
<i>Myotis myotis</i>	Större musöra	U, S, J	Livskraftig
<i>Myotis mystacinus</i>	Mustaschfladdermus	U, S, V, J	Livskraftig
<i>Myotis nattereri</i>	Fransfladdermus	U, S, V	Sårbar
<i>Nyctalus leisleri</i>	Mindre brunfladdermus	J, S, H, V, U	Akut hotad
<i>Nyctalus noctula</i>	Större brunfladdermus	V, S, J	Livskraftig
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Trollpipistrell	U, S, J, H, V	Livskraftig
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Sydpipistrell	V, S, J, U	Akut hotad
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Dvärgpipistrell	U, J, S, V	Livskraftig
<i>Plecotus auritus</i>	Brunlångöra	J, S, U	Livskraftig
<i>Plecotus austriacus</i>	Grålångöra	S, J, U, SV	Akut hotad
<i>Vespertilio murinus</i>	Gråskimlig fladdermus	U, J, S	Livskraftig

V-våtmark, S-skogsmark, J-jordbrukslandskap, U-Urban miljö, SV-Sötvatten, H-Havsstrand, B-Brackvatten

Placering av vindkraftverk

Vindkraftverk placeras ofta på åkermark, vid kuster, till havs, på höjder samt i skogsområden (Ahlén 2006, Ahlén *et al.* 2009, Piorkowski & O'Connell 2010, Georgiakakis *et al.* 2012, Müller *et al.* 2013). Varav många av dessa platser påvisar ökade mortalitetssiffror. Områden med fjällnära skog har setts få ett ökat intresse som potentiella platser för vindkraftverksparkar i Europa, vilket kan resultera i en ökad fladdermusmortalitet (Müller *et al.* 2013). Vissa fladdermusarter har en högre aktivitet på högre höjder och i samband med höga träd (Müller *et al.* 2013). De arter som befinner sig över trädtopparna kan därför stå inför en ökad risk vid vindkraftverksinstallation. Speciellt då vindkraftverken som installeras har en höjd över den genomsnittliga trädhöjden (Müller *et al.* 2013). Uppförande av vindkraftverk i områden med förekomst av dessa arter bör därför undvikas (Müller *et al.* 2013).

Att undvika habitat och lägen som konstaterats ha högre mortalitet är viktigt men kan inte alltid undvikas. Undersökningar innan installation är därför viktigt för att i så stor utsträckning som möjligt undvika de områden där fladdermöss påverkas mest. Vindkraftparker som ligger endast få kilometer ifrån varandra kan ha stora skillnader i mortalitet. Skillnader kan även ses mellan vindkraftverk inom samma vindkraftspark (från noll till 19 döda fladdermöss vid enstaka vindkraftverk) (Piorkowski & O'Connell 2010, Georgiakakis *et al.* 2012). Svårheten kan därmed ligga i att identifiera riskmiljöerna samt hur risken förändras mellan årstider (Piorkowski & O'Connell 2010). Detta stödjer att placering vid vindkraftsetablering är av yttersta vikt men att det även kan vara svårt att avgöra platsens lämplighet .

Bestämmelser angående vindkraftsplacering finns idag i många länder och utredning av områdets lämplighet utförs ofta före installation. Stora kunskapsbrister råder dock fortfarande som behöver utvecklas för att kunna minska vindkraftverkens påverkan på fladdermöss, så att placeringen blir rätt både gällande vind och energiutvinning men även gällande fladdermusbeståndens fortlevnad.

Migration

Både stationära och migrerande fladdermusarter finns i Sverige (Ahlén 2006). Viktigt vid placering av vindkraftverk kan därför vara att reflektera över fladdermössens migrationsleder. Flera studier tyder på att arter som migrerar löper ökad risk att förolyckas i vindkraftsparker detta då antalet omkomna fladdermöss ökar under migrationsperioder (Rydell *et al.* 2010, Cryan *et al.* 2014). Det är därför viktigt att kartlägga fladdermössens migrationsleder så att uppföranden av vindkraftverk längs dessa leder kan undvikas. Fågelmigration har länge studerats och kartlagts, medan fladdermössens migration nyligen har börjat studerats (Baerwald & Barclay 2009). Man vet idag att fladdermössens och fåglarnas migrationsmönster skiljer sig åt, så kartläggningen kräver olika forskningsmetoder (Ahlén *et al.* 2009). Platser som berörs av migrerande fladdermöss i Sverige har identifierats i Blekinge, Skåne och Halland samt på Gotland och Öland.

Migration som sker över havet har observerats ha flera startpunkter vid kusten som används varje år (Ahlén *et al.* 2009). Migration från Sverige sker ofta över öppet hav till sydligare länder som Tyskland och Polen (Sjollema *et al.* 2014). Fladdermössen flyger flera mil ut till havs vid migration och flera kilometer vid födosök (Sjollema *et al.* 2014). Sträckan över Östersjön mellan Gotland och Tyskland är cirka 40 mil och kan ta mellan 9-20 timmar att flyga i ett sträck (Ahlén *et al.* 2009). Detta betyder att fladdermöss klarar av att flyga långa sträckor över öppet vatten. Om det blåser för mycket kan fladdermöss ansamlas vid kusterna i väntan på mildare väder (Ahlén *et al.* 2009, Sjollema *et al.* 2014). Fladdermöss migrerar oftast enskilt och inte i gemensamma flockar även om de använder samma flygvägar (Sjollema *et al.* 2014). Alla fladdermöss som kommer tillbaka efter migration anländer inte tillbaka till samma "startpunkter" de lämnade ifrån utan spritt över större områden längs kusterna (Ahlén *et al.* 2009).

Studier från USA tyder på att många terrestra migrationsleder för fladdermöss följer höjder och bergsområden (Arnett *et al.* 2008), medan studier i Canada snarare påvisar att fladdermössen följer floder istället för bergsområden (Baerwald & Barclay 2009). Detta tyder på att olika arter har olika flygbeteenden.

Migrationslederna tros vara beständiga för fladdermössen. Detta styrks av att de använder leder där högre vindhastigheter kan förekomma, vindhastigheter som fladdermössen annars undviker att flyga i (Baerwald & Barclay 2009). Viloplatserna under migrationen tros forma var leden ska ligga, precis som vid fågelmigration. Migrationen sker för de flesta arter nattetid och de behöver därefter boplatser under dagen vilket gör att de styrs efter lämpligt habitat (Baerwald & Barclay 2009). Viloplats för migrerande fladdermöss kan vara håligheter i träd, skrymslen i hus, eller små grottor och sprickor mellan stenar och klippor (Ahlén *et al.* 2009). Även val av viloplats skiljer sig åt mellan arter, vilket kan påverka migrationsrutten. Det är

därför viktigt att inte dra generella slutsatser utifrån enstaka arter och områden (Baerwald & Barclay 2009).

Åtgärder

Åtskilliga studier har undersökt vilka åtgärder som kan vidtas för att minska antalet omkomna fladdermöss, samt när dessa åtgärder är som mest effektiva (Baerwald & Barclay 2009, Rydell *et al.* 2010, Long *et al.* 2011, Georgiakakis *et al.* 2012, Rydell & Wickman 2015).

Tidpunkt

Olika tidpunkter på året visar skillnader i antalet omkomna fladdermöss, inte bara för migrerande arter (Rydell *et al.* 2010, Valdez & Cryan 2013). Fladdermusarter som inte migrerar men som lever på platser som har årstider med färre insekter går i dvala (Naturvårdsverket 2016a). För att klara av dvalan krävs fettreserver, dessa lägger fladdermössen på sig under sensommaren och under tidig höst. I enlighet med att det är under denna period som fladdermössen är som mest aktiva har även en ökad mortalitet vid vindkraftverk konstaterats under denna period (Valdez & Cryan 2013). Sen juli till tidig augusti är den period som konstaterats ha högst mortalitet i norra Europa (Rydell *et al.* 2010).

Fladdermöss är aktiva från solnedgång till soluppgång, varefter de återvänder till sina boplatser. I en studie av Horn *et al.* 2008 påvisades att aktiviteten över nattens timmar var högst några timmar efter solnedgång och avtog sedan närmare midnatt. Flygande insekter observerades även ha sin aktivitetshöjdpunkt några timmar efter solnedgång (Horn *et al.* 2008). Dessa resultat tyder på att det kan finnas ett samband mellan fladdermöss och insekters aktivaste timmar. I en annan studie av Cryan *et al.* (2014) som undersökte fladdermusbeteende vid vindkraftverk kunde man dock inte se någon skillnad i aktivitet hos fladdermössen under nattens timmar.

Vindstyrka

Den högsta fladdermusmortaliteten inträffar under nätter med låga vindhastigheter (Arnett *et al.* 2008, Rydell *et al.* 2010). I studien av Rydell & Wickman (2015) besöktes vindkraftverken av fladdermöss endast under lugna väderförhållanden, då turbinbladen snurrade långsamt eller var helt stilla. Även fladdermössens födosök till havs har visat på lägre aktivitet vid högre vindhastigheter (Ahlén *et al.* 2009), eller en ökad aktivitet vid lugnare vindförhållanden (Cryan *et al.* 2014). Lugnare vindförhållanden har även observerats förändra fladdermössens flygmönster och närmande av vindkraftverken. Detta tros bero på de vindar som skapas kring vindkraftverken vid lägre vindhastigheter. Ett stilla eller ett långsamt roterande verk skapar vindar som rör sig uppåt från marken precis som vindar som skapas vid träd. Snabbroterande verk däremot skapar turbulenta nedåtvindar som kan vara för kraftiga för flygning vilket gör att de under dessa förhållanden undviker vindkraftverken (Cryan *et al.* 2014). Hur fladdermössen beter sig och använder vindarna som skapas vid träd kan behöva undersökas för att få en djupare förståelse av deras rörelsemönster och dragningskraften till vindkraftverk vid lugna vindförhållanden (Cryan *et al.* 2014).

För att minska antalet omkomna fladdermöss vid låga vindhastigheter kan enkla inställningar av vindkraftverken ändras. Vindkraftturbinen snurrar endast mellan cut-

in speed (startvind-hastigheten) och cut-out speed (stopvind-hastigheten). Startvind-hastigheten är vid den vindstyrka då turbinbladen på vindkraftverket börjar rotera. Stopvind-hastigheten är den vindhastigheten då vindkraftverket stängs av (för höga vindhastigheter kan skada verket). Genom att ställa in en högre startvind-hastighet kan många dödsfall vid låga vindhastigheter förmodligen undvikas (Baerwald & Barclay 2009, Rydell *et al.* 2010). Georgiakakis *et al.* (2012) föreslår en höjning av startvind-hastigheten till $5,5 \text{ ms}^{-1}$ för en minskad dödlighet, vilket även är en hastighet då lönsamheten av elproduktion inte minskar drastiskt. Dödsfall kan även förekomma då det kommer kastvindar som gör att bladen som tidigare roterat sakta får en tillfälligt ökad hastighet, vilket medför ökad kollisionsrisk. Inställningar så att vindkraftverken inte reagerar på snabba hastighetsförändringar kan också reducera antalet omkomna fladdermöss (Cryan *et al.* 2014).

Födosök

Alla Sveriges fladdermusarter är entomofager (insektsätare) och är även den vanligaste fladdermusdieten för världens fladdermöss (fladdermus.net 2016, Naturvårdsverket 2016b). Fladdermöss kan således ansamlas vid vindkraftverk på grund av insekter vid vindkraftverken (Cryan *et al.* 2014). Insektsätande fladdermöss är de arter som har högst dödssiffror vid kontakt med vindkraftverk. Att insektsätande fladdermöss dras till vindkraftverk vid låga vindhastigheter kan (förutom vindarnas liknelse till träd) bero på att insekter inte trivs vid för kraftiga vindar (Horn *et al.* 2008). Long *et al.* (2011) påvisade att den högsta insektsabundansen inträffade vid vindstyrkor på $2,5\text{-}4,4 \text{ ms}^{-1}$. Vilket sammanfaller med studier som påvisar att flest fladdermöss omkommer vid låga vindhastigheter (Arnett *et al.* 2008, Horn *et al.* 2008, Rydell *et al.* 2010)

Valdez & Cryan (2013) utförde en studie i USA med hypotesen att insekter har en dragningskraft till vindkraftverk och att dödsfallen bland fladdermössen sker under pågående födosök. De flesta fladdermöss som förolyckades under hade fulla magsäckar, vilket kan tyda på att de ätit vid vindkraftverken eller i närområdet till vindkraftparken (Valdez & Cryan 2013). Horn *et al.* (2008) konstaterade att insekter svärmade under turbinbladen men även att insekter kan ha förekommit på högre höjder. Tre gånger så många fladdermöss observerades flyga på medelhöjd (inom rotationszonen) mot höjder under eller över turbinbladens rotationszon. Fladdermössen uppvisade födosöksbeteende den största delen av tiden inom denna zon (29-111 meter över marken) (Horn *et al.* 2008). Detta tyder på förekomst av insekter inom rotationszonen.

Fladdermöss har även i andra studier observerats utföra födosöksbeteende vid turbinerna. Detta både nära marknivå och ovanför nacelle (maskinhuset) (Rydell *et al.* 2010, Rydell & Wickman 2015). I studien av Rydell *et al.* (2010) observerades kollisioner med rotorbladen under aktivt födosöksbeteende. Fladdermöss vid en vindkraftpark till havs utanför Gotlands kust konstaterades inte befinna sig i parken på grund av migration utan troligen för födosök (Rydell & Wickman 2015). Åtskilliga fladdermusarter drar fördel av de stora mängder insekter och spindlar som driver i luftmassorna ute till havs och jagar därför över havsområden (Ahlén 2006). Ansamlingar av insekter vid havsbaserad vindkraft kan därför ses som perfekt födosöksområde för fladdermöss.

Den samlade informationen från de olika författarna tyder på att födosök kan vara en av de stora anledningarna till att fladdermöss omkommer vid vindkraftverk och kan utgöra det största skälet till att de ansamlas kring vindkraftverk (Arnett *et al.* 2008, Horn *et al.* 2008, Rydell *et al.* 2010, Valdez & Cryan 2013, Cryan *et al.* 2014, Rydell & Wickman 2015). Inför bedömning för placering av vindkraftverk är det därför viktigt att bredda kunskapen om fladdermössens födosöksbeteende (Rydell *et al.* 2010). Även kunskap om varför insekter ansamlas vid vindkraftverk är viktigt för att undvika ansamling av fladdermössen.

Belysning

Äldre vindkraftverk är ofta upplysta med vitt konstant ljus, vilket drar till sig insekter (Horn *et al.* 2008, Rydell & Wickman 2015). Fladdermöss kan associera detta ljus med föda och kan dras till vindkraftverken för födosök på grund av belysningen. Nyare verk utrustas vanligen med så kallade ”aviation lights” (signallampor) i blinkande rött och vitt ljus, monterade på toppen av verken (Rydell & Wickman 2015). Dessa lampor bör inte dra till sig insekter på samma sätt och kan därför minska förekomsten av fladdermöss vid verken. Äldre vindkraftverk med den gamla typen av belysningen med registrerad högre abundans insekter visade sig emellertid i en studie av Horn *et al.* (2008) inte lätt till fler fladdermöss kring verken. Detta baseras sig dock på relativt få replikat och kan därmed behöva vidare undersökning.

Färgsättning

De vanligaste färgsättningarna för vindkraftverk är vitt och ljusgrått. Grönt i olika sektioner på vissa vindkraftverk förekommer även, där tanken bakom är att de ska smälta bättre in i landskapet (Long *et al.* 2011). Val av färg på vindkraftverken kan ha betydelse för insektsattraktion. I områden med hög insektsabundans kan ett färgval med lägre insektsattraktion minska antalet insekter kring vindkraftverken som därigenom kan minska antalet förolyckade fladdermöss.

I studien av Long *et al.* (2011) undersökte man olika färgers grad av insektsattraktion. Gult lockade till sig flest insekter följt av vitt och ljusgrått, de vanligaste använda färgerna. Då mycket insekter finns att jaga inom vindkraftsområdet ökar sannolikheten att fladdermöss stannar längre i området för födosök. Lila var den färg som attraherade det lägsta antalet insekter (Long *et al.* 2011). En nyans av lila kan därmed vara en lämplig färg för att minska antalet förolyckade fladdermöss. Svart hade en relativt hög abundans insekter och kan bero på att svart alstrar värme vilket kan locka till sig vissa insekter. Färgers termiska egenskaper kan därför även behöva beaktas vid färgsättning av vindkraftverk (Long *et al.* 2011). Studien av Long *et al.* (2011) undersökte även insekters dragningskraft till färgernas olika ultraviolette ljus (UV). Vilket de flesta insekter kan se. Färger med högre UV strålning attraherade signifikant fler insekter. Gult uppvisade den högsta UV strålningen medan grönt hade lägst efter svart. Hänsyn bör därför även tas till hur olika färger avger UV strålning vid färgval (Long *et al.* 2011).

Höjd

För att öka den genomsnittliga effekten på vindkraftverken har det krävts större turbiner, vilket har lett till att storleken och höjden på vindkraftverken har ökat. Den genomsnittliga höjden har nästan fördubblats, dels för de större turbinerna men också för att nå mindre turbulenta vindar. De flesta nya vindkraftverk har en höjd på över

100 meter (Energimyndigheten 2015a). Vindkraftverkens höjd har visat sig påverka antalet omkomna fladdermöss på så vis att högre verk har högre mortalitetsciffror än lägre verk (Baerwald & Barclay 2009, Rydell *et al.* 2010). Detta eftersom fladdermöss har noterats på upp till 200 meters höjd (Rydell & Wickman 2015). De nya vindkraftverkens höjder kan därmed komma att leda till en större påverkan på fladdermössen.

Nyctalus, *Pipistrellus*, *Vespertilio* och *Eptesicus* är exempel på arter som jagar uppe i den fria luften och dessa arter löper störst risk att kollidera med de högre vindkraftverken. Arter som jagar lägre, närmare marken, har betydligt lägre mortalitetsciffror vid vindkraftverk (Rydell *et al.* 2010). Vilket styrker att höjden på vindkraftverken har betydelse och högre verk bör undvikas på platser med högtflygande arter.

Boplatser

En ansamling av fladdermöss vid vindkraftverk kan bero på att de kan se dem som potentiella ”roosting sites” (sovplatser) (Horn *et al.* 2008). Om fladdermössen ansamlas vid vindkraftverk för att de påminner om träd kan även sökning efter sovplatser och sökning efter en partner vid parning vara potentiella attraktioner (Cryan *et al.* 2014). Inga fladdermöss har noterats landa på vindkraftverken men ett avsökningsbeteende som eventuellt skulle kunna syfta på att de faktiskt letar efter sittplats har noterats i flera studier (Horn *et al.* 2008, Cryan *et al.* 2014).

I den tidigare nämnda studien av Rydell & Wickman (2015) som utfördes utanför Gotlands kust avfärdas tanken på att fladdermössen som tagit sig till dessa verk skulle ha gjort det på grund av sökning efter övernattningsplats. Detta eftersom avståndet från land var tillräckligt stort för att de inte skulle kunna förväxla vindkraftverken med träd då endast ljusinstallationerna var synliga från land. Då ansamling av fladdermöss vid vindkraftverk kan uppkomma på grund av andra anledningar, exempelvis födosök som tidigare nämnts, så ökar potentiellt chansen att de då även letar efter skrymslen att använda som boplatser vid redan skapad kontakt (Horn *et al.* 2008, Rydell *et al.* 2010, Valdez & Cryan 2013, Rydell & Wickman 2015). Även fladdermöss som passerar under migration kan däremot tänkas bli lockade att stanna och söka sovplats vid vindkraftverk som är installerade utefter färdleder (Rydell & Wickman 2015). Det är därför viktigt att förhindra landningsmöjligheter och eliminera hålrum som kan användas som boplatser. Samt minska fladdermössens kontakt över lag med vindkraftverk för att undvika sökbeteendet efter boplatser vid vindkraftverken.

Undersökningsmetoder

Mycket forskning fokuserar på effekterna av vindkraftverk efter installation. Att studera fladdermössens flygbeteende i skogar utan vindkraftverk (innan installation) kan vara av nytta för att få en bild av hur området används (Müller *et al.* 2013). Müller med medarbetare (2013) understryker att undersökning av fladdermössens beteende är lika viktigt innan installation som efter installation. Detta för att förstå hur fladdermöss använder olika områden samt hur de kan komma att påverkas av installerade vindkraftverk (Müller *et al.* 2013). Studier utförda efter installation av vindkraftverk ger inte samma bild av fladdermössens habitat användande eftersom

miljön då har blivit förändrad. Installation av vindkraftverk medför även bland annat markröjning och bildade av ljud- och ljuskälla i området (Müller *et al.* 2013).

Undersökningar som utförs efter installation är ofta baserade på antalet noterade omkomna fladdermöss i det angränsande området kring vindkraftverk. Det är viktigt att de erhållna siffrorna är rättvisa så att bedömningarna av hur fladdermösspopulationerna påverkas inte blir missvisande. Att söka av vindkraftverksområdet kan vara problematiskt då det kan vara ett heterogent område, skog eller orörd ängsmark, vilket försvårar avsökningsarbetet. Vilket kan leda till felaktiga mortalitetssiffror (Müller *et al.* 2013, Mathews *et al.* 2013). En vanlig metod för avsökningen är användning av linjetransekter och utförs av fältarbetare (Mathews *et al.* 2013). För att minimera felkällan av missade fladdermuskroppar använder somliga forskare sökhundar. Vid jämförelse av avsökningsnoggrannheten, ses sökhundar ge de korrekteste värdena (Arnett 2006, Mathews *et al.* 2013). I en jämförande studie av Mathews *et al.* (2013) visar resultaten att sökhundar hittade 3,5 gånger så många fladdermösskroppar som de mänskliga sökarna. Dessutom på en fjärdedel av tiden. Vid stora vindkraftsparksområden kan det därför vara fördelaktigt att utnyttja sökhundar för enklare avsökning (Arnett 2006).

Många utförda studier använder olika undersökningsmetoder och alla korregerar inte sina mätvärden efter felkällor. Något som både Camina (2012) och Georgiakakis *et al.* (2012) diskuterar och kritiserar från studier utförda i olika delar av Europa. Camina (2012) betonar vikten av att gemensamt utforma en generell undersökningsmetod. Detta för att få en så rättvis bild av vindkraftverkens påverkan på fladdermöss samt effektiviteten på utförda åtgärder.

Vindkraftsorsakad fladdermusmortalitet i perspektiv

Många antropogena miljöförändringar kan ge effekter på fladdermössens levnadsvanor och mortalitet (Ahlén 2006). För att bedöma betydelsen av vindkraftens effekter på fladdermöss bör dessa effekter sättas i perspektiv mot andra antropogena påverkningar. Bebyggelse av nya områden, skogsbruk och jordbruk förändrar fladdermössens levnadsmiljöer, och kan ge effekter på fladdermuspopulationers storlek (Ahlén 2006). Biltrafiken tros orsaka många omkomna fladdermöss årligen, vilket kan jämföras med eller rent av vara högre än antalet omkomna fladdermöss vid vindkraftverk (Abbott *et al.* 2012). Om fladdermössens mortalitetssiffror är högre på grund av biltrafik kan vindkraftens dödsiffror vara försumbara (Abbott *et al.* 2012). Studier behövs därför för ökad kunskap om fladdermössmortalitet orsakad av andra antropogena effekter.

Kemikalieanvändning mot skadeinsekter minskar födotillgången för insektsätande fladdermöss. Jordbruk och skogsbruk förändrar även fladdermössens levnadsmiljöer; avveckling av ängsmark, utdikning av våtmark, förändringar i vegetationsstruktur (förändrat lövinslag och hålträd), är alla förändringar som leder till minskning av föda, skydd, bo och kolloniträd samt övervintringsplatser (Ahlén 2006). Både stationära och migrerande arter är utsatta för dessa förändringar som kan få effekter på populationsnivå. Effekter av en förändrad livsmiljö kan vara mer betydande för fladdermössens fortbestånd än de effekter som orsakas av vindkraft i nuläget (Ahlén 2006). Det är därför av stor vikt att lokalisera livsmiljöer för att kunna förhindra

negativ exploatering inte endast vid vindkraftsinstallationer utan även vid övrig exploatering.

Viktigt är även att sätta fladdermössens mortalitet på grund av vindkraften i perspektiv mot andra energikällor. Vindkraft i jämförelse med kärnkraft och fossila bränslen tycks visa på lägre fladdermusmortalitet (Sovacool 2009). Utvinning av fossila bränslen tycks utgöra ett av de största hoten mot det luftburna djurlivet (Sovacool 2009). Ett användande av icke förnybara energikällor leder även till en snabb ökning av klimatförändringar. Förändringar som även de påverkar fladdermuspopulationer negativt (Jones & Rebelo 2013). Om en fortsatt förändring av klimatet sker kan vissa fladdermusarter få svårt att hinna flytta eller anpassa sig och kan till följd minska i antal och utrotas (Jones & Rebelo 2013). En fortsatt utveckling av förnybara energikällor som t.ex. vindkraft kan därför även vara viktigt för fladdermössens fortlevnad.

Diskussion

Eftersom fladdermössen utför olika ekosystemtjänster världen över (Eurobats 2006) har de förutom naturvårdsvärde även ett ekonomiskt värde som bör beaktas. Vilket ytterligare stärker behovet av skydd och bevarande.

I dagsläget är det svårt att säga om det sker en påverkan på populationsnivå då information för en sådan bedömning ofta saknas (Voigt *et al.* 2015). Arbetet med att kartlägga Sveriges fladdermöss har startat de senaste åren, både vad gäller utbredning och förekomst men också populationsuppskattningar (Rydell *et al.* 2011). På platser med noterade förhöjda mortalitetsciffror borde en förhöjd risk uppstå för de lokala populationerna. Även om fladdermusmortaliteten i dagsläget är låg i bland annat Sverige, kan vidareutvecklingen av vindkraften leda till negativa effekter i framtiden. Speciellt för en del av de känsligare arterna. Då utbyggnaden av vindkraft ökar kan läget därför se annorlunda ut redan till 2020. Länder med hög abundans fladdermöss borde ha en ökad risk för effekter på populationsnivå. Även vindkraftverk i länder som fladdermöss migrerar till, kan påverka populationer i andra länder. Därför är det extra viktigt att effekterna undersöks på dessa platser och att en handläggning sker innan bestämmelser för vindkraftsinstallation godkänns i alla länder som berörs. Den forskning som tas upp i denna artikel kommer från USA, Kanada och Europa. Kina är dock ledande inom användandet av vindkraften och det hade varit intressant att få med forskning därifrån.

Som nämnts i avsnittet om undersökningsmetoder kan det existera stora felmarginaler i mätningar gjorda på antalet förolyckade fladdermöss. Om dessa siffror blir felaktiga kan det ge en skev bild hur stor påverkan vindkraften egentligen har på populationerna. Hund kan vara ett alternativ till avsökningsmetoden för att minska felmarginalerna men ekipagen måste ha rätt utbildning. Utbudet av sådana ekipage kan vara begränsat och utbildning av nya hundförare kräver extra tid och pengar (Mathews *et al.* 2013). Samtidigt tyder studierna på att arbetet med hund är betydligt mer effektivt både i precision men även i tidsanvändandet vilket därigenom kan sänka kostnaderna för fältarbete (Arnett 2006, Mathews *et al.* 2013). Användande av en standardiserad undersökningsmetod är nödvändigt både med och utan hund för rättvisa resultat.

En av de viktigaste aspekterna att ta hänsyn till vid vindkraftsetablering är placeringen. Att undvika områden med mycket fladdermöss, och av sådana arter som löper störst risk, kan minska konflikterna avsevärt och bör prioriteras. Fokus bör därför ligga i att göra inventeringar för att kunna utesluta sådana platser. Med en ökande expansion av vindkraften kommer troligen områden utan konflikter bli färre. Man bör då i så stor utsträckning som möjligt välja platser utan fladdermöss. Om sådana platser förbrukas bör platser med noterad högre mortalitet undvikas. Platser som migrationsrutter (Rydell *et al.* 2010, Cryan *et al.* 2014) men även platser med hög insektsabundans (för att undvika födosöksbeteende) (Horn *et al.* 2008, Long *et al.* 2010, Rydell *et al.* 2010, Valdez & Cryan 2013, Cryan *et al.* 2014).

Om effekter på fladdermöss uppstår, trots naturvårdshänsyn till fladdermöss vid placering eller vid redan installerade verk, kan vissa åtgärder vidtas. Åtgärder kan dock påverka lönsamheten och konflikter mellan energiföretag och naturskyddsarbete kan uppstå. De perioder på året (sensommar) och tidpunkt på dygnet (direkt efter solnedgång) då flest fladdermöss förolyckas har det föreslagits åtgärd genom tillfällig avstängning (Horn *et al.* 2008, Rydell *et al.* 2010, Camina 2012, Valdez & Cryan 2013). En total avstängning borde dock kunna undvikas då en ändring av startvindhastigheten tycks vara tillräckligt effektiv för att minska antalet förolyckade fladdermöss. Det kan dock medföra en viss påverkan på lönsamheten. Det är därför nödvändigt att komma fram till en hastighet som är tillräcklig för att få en minskad mortalitet men som även ger så liten minskning av lönsamheten som möjligt. Vilket skulle kunna vara den av Georgiakakis *et al.* (2012) rekommenderade startvindhastigheten omkring 5ms^{-1} . Genom att i framtiden kartlägga vilka tider på dygnet samt under vilka perioder på året flest fladdermöss förolyckas kan ändringarna möjligtvis koncentreras till dessa tillfällen. En ytterligare insamling av data kan därför minska energiförlusterna i framtiden.

Att ändra om standardfärgen till en färg som färre insekter dras till kan vara en enkel åtgärd att införa. En lösning som heller inte ger en minskad lönsamhet. Lila var den färg i Long *et al.* (2011) studien som visade lägst insektsattraktion. För att det ska bli estetiskt acceptabelt för människor kan det behöva undersökas vilken nyans av lila som fungerar. Det är oklart vilken nyans av lila författarna har använt sig av och färgen måste ändå vara ljus samt väl synlig för människor (Long *et al.* 2011).

Andra utformningar av vindkraftverken kan vara bättre för fladdermössen, men de kan leda till att det genereras mindre energi per verk. Men vad är viktigast? Med fortsatt forskning och utvecklande av lösningar på de konflikter som finns behöver kanske inte ett val göras, utan vindkraftens effekter på fladdermöss kan minskas så energiotvinning och välmående fladdermuspopulationer kan samexistera. Det kräver ett samarbete för en positiv utveckling med så få effekter på miljö och djurliv som möjligt. Vindkraften har effekter på luftburna arter som fladdermöss men vid jämförelse, påvisas att andra energikällor som inte är förnybara även kan ha en påverkan på fladdermöss (Sovacool 2009, Jones & Rebelo 2013). Fladdermöss i Sverige är skyddade av både svenska och europeiska lagar. Vilket borde vara tillräckligt för fortsatta välmående fladdermusbestånd. Studier upptagna i detta arbete visar dock på kunskapsbrister inom ämnet som bör, på grund av fortsatt vindkraftsutveckling i många länder, granskas ytterligare.

Tack

Jag vill tacka min handledare Ingrid Ahnesjö för värdefulla utvecklingsförslag. Ett stort tack till min återkopplingsgrupp, med speciellt tack till Sophia Andrew-Nielsen och Anton Gårdman för värdefull återkoppling. Jag vill även rikta ett tack till Joakim Söderblom för stöd samt hjälp med omarbetning av posterfigurer. Jag vill slutligen tacka familj och vänner för support och uppmuntran genom hela skrivprocessen.

Referenser

- Abbott IM, Butler F, Harrison S. 2012. When flyways meet highways – The relative permeability of different motorway crossing sites to functionally diverse bat species. *Landscape and Urban Planning* 106: 293–302.
- Ahlén I, Baagøe HJ, Bach L. 2009. Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90: 1318–1323.
- Arnett EB. 2006. A Preliminary Evaluation on the Use of Dogs to Recover Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. *Wildlife Society Bulletin* 34: 1440-1445.
- Arnett EB, Brown WK, Erickson WP, Fiedler JK, Hamilton BL, Henry TH, Jain A, Johnson GD, Kerns J, Koford RR, Nicholson CP, O’Connell TJ, Piorkowski MD, Tankersley RD. 2008. Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72: 61–78.
- ArtDatabanken. 2016. Artfakta Chiroptera. WWW-dokument 2016: <http://artfakta.artdatabanken.se/taxon/3000299> Hämtad: 2016-05-10.
- Baerwald EF, D’Amours GH, Klug BJ, Barclay RMR. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18: R695-R696.
- Baerwald EF, Barclay RM. 2009. Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. *Journal of Mammalogy* 90: 1341–1349.
- Camina Á. 2012. Bat Fatalities at Wind Farms in Northern Spain — Lessons to be Learned. *Acta Chiropterologica* 14: 205–212.
- Cryan PM, Gorresen PM, Hein CD, Schirmacher MR, Diehl RH, Huso MM, Hayman DTS, Fricker PD, Bonaccorso FJ, Johnson DH, Heist K, Dalton DC. 2014. Behavior of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 15126–15131.
- Energimyndigheten. 2015. Statlig rapport. Vindkraftsstatistik 2014, Tema: Marknadsstatistik och trender. 2015:02.
- Eurobats. 2006. Importance of bat conservation. WWW-dokument 2016: http://www.eurobats.org/about_eurobats/importance_of_bat_conservation

Hämtad: 2016-05-09.

- Fladdermus.net. 2016. Om fladdermöss. WWW-dokument 2016:
<http://fladdermus.net/eklof-rydell/fakta/index.html> Hämtad: 2016-05-09.
- Georgiakakis P, Kret E, Cárcamo B, Doutau B, Kafkaletou-Diez A, Vasilakis D, Papadatou E. 2012. Bat Fatalities at Wind Farms in North-Eastern Greece. *Acta Chiropterologica* 14: 459–468.
- Grodsky SM, Behr MJ, Gendler A, Drake D, Dieterle BD, Rudd RJ, Walrath NL. 2011. Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy* 92: 917–925.
- Horn JW, Arnett EB, Kunz TH. 2008. Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management* 72: 123–132.
- Jones G, Rebelo H. 2013. Responses of Bats to Climate Change: Learning from the Past and Predicting the Future. I: Adams RA, Pedersen SC (red.). *Bat Evolution, Ecology, and Conservation*, s. 457–478. Springer New York,
- Long CV, Flint JA, Lepper PA. 2010. Wind turbines and bat mortality: Doppler shift profiles and ultrasonic bat-like pulse reflection from moving turbine blades. *The Journal of the Acoustical Society of America* 128: 2238–2245.
- Long CV, Flint JA, Lepper PA. 2011. Insect attraction to wind turbines: does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research* 57: 323–331.
- Mathews F, Swindells M, Goodhead R, August TA, Hardman P, Linton DM, Hosken DJ. 2013. Effectiveness of search dogs compared with human observers in locating bat carcasses at wind-turbine sites: A blinded randomized trial. *Wildlife Society Bulletin* 37: 34–40.
- Naturvårdsverket. 2016a. Fladdermusens år. WWW-dokument 2016-04-11:
<http://www.naturvardsverket.se/Var-natur/Djur-och-vaxter/Rad/Fladdermossen-i-Sverige/Fladdermusens-ar---ett-typexempel/#>
Hämtad: 2016-04-26.
- Naturvårdsverket. 2016b. Fladdermössen i Sverige. WWW-dokument 2016-05-03:
<http://www.naturvardsverket.se/Var-natur/Djur-och-vaxter/Rad/Fladdermossen-i-Sverige/> Hämtad: 2016-05-09.
- Müller J, Brandl R, Buchner J, Pretzsch H, Seifert S, Strätz C, Veith M, Fenton B. 2013. From ground to above canopy—Bat activity in mature forests is driven by vegetation density and height. *Forest Ecology and Management* 306: 179–184.
- Piorkowski MD, O’Connell TJ. 2010. Spatial pattern of summer bat mortality from collisions with wind turbines in mixed-grass prairie. *The American Midland Naturalist* 164: 260–269.

- Rader R, Bartomeus I, Garibaldi LA, Garratt MPD, Howlett BG, Winfree R, Cunningham SA, Mayfield MM, Arthur AD, Andersson GKS, Bommarco R, Brittain C, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Entling MH, Foully B, Freitas BM, Gemmill-Herren B, Ghazoul J, Griffin SR, Gross CL, Herbertsson L, Herzog F, Hipólito J, Jaggard S, Jauker F, Klein A-M, Kleijn D, Krishnan S, Lemos CQ, Lindström SAM, Mandelik Y, Monteiro VM, Nelson W, Nilsson L, Pattemore DE, de O. Pereira N, Pisanty G, Potts SG, Reemer M, Rundlöf M, Sheffield CS, Scheper J, Schüepp C, Smith HG, Stanley DA, Stout JC, Szentgyörgyi H, Taki H, Vergara CH, Viana BF, Woyciechowski M. 2016. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113**: 146–151.
- Rodríguez-Durán A, Feliciano-Robles W. 2015. Impact of Wind Facilities on Bats in the Neotropics. *Acta Chiropterologica* 17: 365–370.
- Rollins KE, Meyerholz DK, Johnson GD, Capparella AP, Loew SS. 2012. A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury? *Veterinary Pathology* 49: 362–371.
- Rydell J, Bach L, Dubourg-Savage M-J, Green M, Rodrigues L, Hedenström A. 2010. Bat Mortality at Wind Turbines in Northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12: 261–274.
- Rydell J, Engström H, Hedenström A, Larsen JK, Petterson J, Green M. 2011. Fladdermöss och havsbaserade vindkraftverk studerade i södra Skandinavien. Naturvårdsverket, Vindval
- Rydell J, Wickman A. 2015. Bat Activity at a Small Wind Turbine in the Baltic Sea. *Acta Chiropterologica* 17: 359–364.
- Sjollema AL, Gates JE, Hilderbrand RH, Sherwell J. 2014. Offshore Activity of Bats Along the Mid-Atlantic Coast. *Northeastern Naturalist* 21: 154–163.
- Sovacool BK. 2009. Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity. *Energy Policy* 37: 2241–2248.
- Valdez EW, Cryan PM. 2013. Insect Prey Eaten by Hoary Bats (*Lasiurus cinereus*) Prior to Fatal Collisions with Wind Turbines. *Western North American Naturalist* 73: 516–524.
- Voigt CC, Lehnert LS, Petersons G, Adorf F, Bach L. 2015. Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *European Journal of Wildlife Research* 61: 213–219.

Vindkraftens effekter på fladdermöss: etisk bilaga

Johanna Widstrand

Självständigt arbete i biologi 2016

Etisk bilaga

I de artiklar som jag har använt mig av har jag inte observerat något etiskt dilemma i utförandet. Inga djurförsök har använts utan forskarna har jobbat med redan avlidna fladdermöss för att beräkna påverkan. Vid påträffande av skadade fladdermöss har dessa i studien av Georgiakakis *et al.* (2012) har dessa tagits omhand av WWF för att sedan släppas tillbaka i sin naturliga habitat efter läkning. Vid studier av levande fladdermöss har forskarna satt ut kameror och inte fångat in och hanterat fladdermössen. Utplaceringen av kamerorna uppfattar jag som icke störande för fladdermössen.

Något som kan diskuteras är vår stora energianvändning. Stora satsningar ligger på ”gröna” energikällor för att minska utsläpp och påverkan på växthuseffekten.

Vi bör dock utöver att byta ut alla energikällor till förnybara energikällor även fundera kring om vår energianvändning är etiskt försvarbar. Vi ”offrar” genom vår energianvändning andra organismers liv och vad ger oss denna rätt? För många studier visar även fast de förnybara energikällorna anses ”gröna” har de trots detta en påverkan på miljön. Som exempelvis hur världens fladdermöss påverkas av vindkraften. Ett fortsatt arbete för att få fram kunskap som i framtiden kan användas för att minimera effekterna exempelvis genom att inte bygga vindkraftverk på ”fel ställen” tillsammans med en lämpligare lägre energianvändning globalt sett är nödvändigt för en hållbar utveckling.

Forskningsetik

Jag har varit noga när jag valt källor till min litteraturstudie och jag anser att artiklarna är tillförlitliga. Artiklarna jag har använt mig utav har jag hämtat från Web of Science och valt studier från olika forskargrupper. Källor till bakgrundsfakta har jag försökt vara källkritisk till och försökt att hämta från pålitliga källor, exempelvis statliga Energimyndigheten som jag ändå anser borde vara en opartisk källa. Jag har försökt att inte varit partisk i mitt sökande och användande av källor, och därmed tagit med källor som har kommit fram till olika slutsatser. Jag har försökt och granskat studierna och om jag har hittat nått som jag tycker kan ifrågasätta deras antagande resultat, som exempelvis slutsatser baserade på få replikat, så har jag återgett det i texten.