

## Wpływ farm wiatrowych na ptaki. Rodzaje oddziaływań, ich znaczenie dla populacji ptasich i praktyka badań w Polsce

Andrzej Wuczyński

Wykorzystanie siły wiatru jest jednym z wiodących kierunków polityki energetycznej wielu państw, w tym Polski, w ramach nadrzędnego celu, jakim jest znaczący wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym. Wiatr jest uważany za ekologicznie czyste, bezpieczne źródło energii, zwłaszcza w porównaniu ze źródłami konwencjonalnymi i metodami ich pozyskiwania. Jednak oprócz zalet znane są oddziaływania negatywne elektrowni wiatrowych, dotyczące przede wszystkim zwierząt wykorzystujących przestrzeń powietrzną. W przypadku ptaków opracowania przeglądowe są zgodne co do istnienia negatywnego wpływu farm wiatrowych (Langston & Pullan 2003, Percival 2003, Hötter et al. 2006, Drewitt & Langston 2006, Stewart et al. 2007), jednak zarówno rodzaje, jak i skala tych oddziaływań bywają różne, trudne do oszacowania, a często pozostają nieznane. Przykładowo, liczba ptaków zabijanych przez turbiny wiatrowe zależy od takich zmiennych, jak skład gatunkowy i zagęszczenie ptaków, zachowania poszczególnych gatunków, atrakcyjność żerowiskowa terenu i jego cechy topograficzne, przestrzenne rozmieszczenie turbin, ich parametry czy też lokalna specyfika warunków pogodowych. Ocena indywidualnego znaczenia poszczególnych zmiennych jest trudna, a liczba ofiar kolizji zależy zazwyczaj od kombinacji wielu zmiennych.

Wykazanie istnienia lub określenie skali wpływu elektrowni wiatrowych na ptaki wymaga skomplikowanych badań, których niedostatek jest powszechnie odczuwany i podkreślany w większości syntetycznych opracowań. Liczba prac na ten temat jest duża i stale rośnie w związku z szybkim rozwojem energetyki wiatrowej na świecie. Niestety, tylko nieliczne są publikowane w recenzowanych czasopismach, co utrudnia dostępność, a także rodzi wątpliwości co do jakości i wiarygodności pozostałych. Stewart et al. (2004) dokonali meta-analizy 2845 artykułów i innych opracowań omawiających wpływ farm wiatrowych na liczebność ptaków (abstraktów lub pełnych tekstów). Zaledwie 19 prac spełniało wymagane kryteria, tzn. zawierało dane ilościowe, porównywało stan populacji ptaków po wybudowaniu farm ze stanem wcześniejszym lub z powierzchniami kontrolnymi, dane były niezduplikowane oraz odpowiednie pod względem ilości materiałów i ich jakości statystycznej. Podobnie, analiza wykonana przez Höttera et al. (2006) objęła 127 prac, z których zaledwie pojedyncze zawierały takie dane. Mimo tych braków uważa się, że szkodliwość energetyki wiatrowej jest wciąż mniejsza niż innych rodzajów gospodarczej działalności człowieka, takich jak rozwój komunikacji, rolnictwa, sieci energetycznych czy urbanizacji (Erickson et al. 2001). Jednak skala zagrożenia z pewnością będzie funkcją rozwoju tej dziedziny gospodarki, o ile nie zostaną wypracowane skuteczne metody ograniczania negatywnego wpływu. Całkowita moc zainstalowana w elektrowniach wiatrowych świata w końcu 2006 roku wynosiła 76 tys. MW, prognozy dla roku 2010 mówią już o wartości ok. 150 tys. MW, zaś dla 2025 r. – 1,1 mln MW (Boczar 2007). Oznacza to odpowiednio 2-krotny i

14-krotny wzrost zainstalowanej mocy, szczególnie silny w państwach azjatyckich. Prognoza dotycząca Unii Europejskiej mówi o wzroście z 56 tys. MW w 2007 do 300 tys. MW w 2030 (EWEA 2008).

Polska wkracza w etap intensywnego rozwoju energetyki wiatrowej. Obecnie w kilkudziesięciu wybudowanych farmach pracują 253 koncesjonowane turbiny o łącznej mocy ok. 553 MW (stan z 30.06.2009, [www.psew.pl](http://www.psew.pl)). Jeśli sprawdzą się zamierzenia i prognozy, w roku 2020 sumaryczna moc w lądowych elektrowniach wiatrowych kraju może osiągnąć poziom ok. 13600 MW (PSEW 2008). Na obecnym, projektowym etapie w całym kraju można wskazać setki obszarów, gdzie opracowywane są projekty nowych farm wiatrowych. Elementem tych opracowań jest ocena ryzyka środowiskowego, w szczególności potencjalne oddziaływanie na ptaki i nietoperze. W pracach uczestniczy zaskakująco duża grupa ornitologów (i chiropterologów), w tym wielu niezwiązanych na stałe z pracą naukową i/lub praktyką ochroniarską. Ponieważ m.in. od ich opinii może zależeć nie tylko powodzenie inwestycji, ale przede wszystkim los ptaków, potrzebne jest dostarczenie podstawowych informacji na temat relacji ptaków i energetyki wiatrowej, rodzajów i skali oddziaływania, a także istniejących wątpliwości i braków w wiedzy. Polska literatura ornitologiczna nie zawiera dotychczas podobnego opracowania. Zapewne wiele wartościowych informacji można znaleźć w raportach z prowadzonych aktualnie badań monitoringowych i innych niepublikowanych dokumentach (np. Marczewski 2008 msc, Zieliński et al. 2008 msc), jednak są one trudno dostępne lub niekompletne.

Celem niniejszego artykułu jest scharakteryzowanie rozpoznanych rodzajów oddziaływania elektrowni wiatrowych na ptaki oraz jego populacyjnego znaczenia. Nie może on być traktowany jako przegląd dostępnych prac w tym zakresie, a raczej jako udostępnienie polskiemu czytelnikowi najważniejszych wniosków z obszernych, zagranicznych opracowań przeglądowych. Uwzględniono jednak najnowsze publikacje, których brakuje w tych opracowaniach, a które częściowo weryfikują wcześniejsze wyniki lub przypuszczenia. Skupiono się na oddziaływaniu farm lądowych ze względu na specyfikę geograficzną Polski i panujące tendencje rozwoju głównie lądowej energetyki wiatrowej. Niektóre przykłady dotyczą jednak także farm budowanych na otwartym morzu, tzw. *offshore*. Omawiając wpływ farm na ptaki sporadycznie wspomniano o proponowanych i praktykowanych rozwiązaniach zapobiegawczych. Z założenia jednak ten niezwykle istotny aspekt został pominięty, wymagałby bowiem podwojenia objętości artykułu. Na marginesie głównego wątku, w końcowej części artykułu, zwrócono uwagę na polską specyfikę badań ornitologicznych związanych z projektami wiatrowymi.

## Rodzaje oddziaływań

Przyjmuje się, że wpływ farm wiatrowych na ptaki dotyczy czterech aspektów (Drewitt & Langston 2006):

- zabijanie – śmiertelność bezpośrednia wskutek zderzeń ptaków z obiektami farm (*collision mortality*),
- odstraszenie – efektywna utrata lęgówisk lub żerowisk wywołana wypieraniem ptaków (*displacement due to disturbance*),
- efekt bariery – zmiany tras przelotów wymuszone unikaniem siłowni (*barrier effect*),
- utrata siedlisk – bezpośrednia utrata lęgówisk lub żerowisk wskutek przekształceń terenu wywołanych budową farmy (*habitat change & loss*).

Podział ten wyjaśnia rozpoznane dotąd mechanizmy ograniczania lokalnej liczebności ptaków przez elektrownie wiatrowe. Ma on charakter umowny, a wyróżnione kategorie nie są w pełni rozłączne. Zwłaszcza odstraszenie i efekt bariery bywają traktowane łącznie

(Langston & Pullan 2003), tym bardziej, że prawdopodobnie najczęściej występują wspólnie. Niektóre opracowania wyróżniają dodatkowe zjawiska, jak ograniczanie bazy pokarmowej, skażenie terenu na etapie konstrukcyjnym czy wywoływanie erozji (Langston & Pullan 2003, DEFRA 2005, Kinglsey & Whittam 2005). Wydają się one jednak mniej istotne lub są zbyt słabo zbadane. W niniejszym opracowaniu utrzymano więc podział na cztery główne kategorie zgodnie z propozycją Drewitt & Langston (2006), który wydaje się czytelniejszy i łatwiejszy do omówienia dokonanej poniżej.

### **Śmiertelność bezpośrednia**

Śmiertelność ptaków wskutek kolizji z obiektami farm wiatrowych jest najbardziej znanym rodzajem oddziaływania i jednym z najbardziej kontrowersyjnych aspektów rozwoju energetyki wiatrowej w ogóle (fot. 1). Ptaki giną najczęściej wskutek zderzeń ze śmigłami rotora,



**Fot. 1.** Mieszaniec sokoła wędrownego *Falco peregrinus* i białozora *F. rusticolus* znaleziony pod turbiną farmy wiatrowej nad Zatoką Pucką (Zieliński et al. 2008 msc) (fot. A. Kośmicki) – A hybrid between the Peregrine Falcon and Gyrfalcon found under a turbine of a wind farm at the Bay of Puck (Zieliński et al. 2008 msc)

nierzadko z wieżą lub gondolą turbiny, a także z towarzyszącymi obiektami, jak maszty meteorologiczne lub linie przesyłowe. Prawdopodobieństwo zderzeń wzrasta w warunkach złej widoczności – nocą, w czasie mgły lub deszczu – a także wskutek przyciągającego i dezorientującego ptaki oświetlania turbin (Hüppop et al. 2006). Jest też funkcją liczebności – w rejonach i okresach masowych koncentracji wędrówkowych czy lęgowych zwykle notowany jest najwyższy poziom śmiertelności.

Ponieważ systematyczne poszukiwanie ofiar w otoczeniu turbin jest jak dotąd podstawową metodą oszacowania liczby ofiar, najwięcej wyników dotyczących śmiertelności ptaków pochodzi z krajów o dużej liczbie zainstalowanych elektrowni wiatrowych, zwłaszcza z USA, Hiszpanii i Niemiec. Wciąż jednak niewiele jest ocen długoterminowych (Hunt & Hunt 2006, Lucas et al. 2008), wymaganych do wiarygodniejszego obliczenia wskaźników rocznej śmiertelności. Uważa się, że liczba ofiar jest powszechnie, choć niecelowo zaniżana, co wynika z trudności metodycznych w ich odszukaniu, np. wskutek aktywności padlinożerców lub obecności gęstej roślinności wokół turbin. Oczywistą trudność w ocenie liczby kolizji stanowi usytuowanie farm na morzu. Surowe wyniki liczeń są więc niewystarczające i regułą jest stosowanie współczynników korygujących, obliczonych eksperymentalnie.

Wróblowe *Passeriformes* i szponiaste *Falconiformes*, a w mniejszym stopniu także mewowce *Lari* i blaskodzioobe *Anseriformes* należą do ptaków szczególnie podatnych na kolizje z turbinami. Erickson et al. (2002) oceniają, że w USA wróblowe stanowią ponad 80% ofiar, w tym około połowa ginie w trakcie nocnych wędrówek. Przewaga wróblowych zaznacza się także w wynikach z wielu farm europejskich, w tym z rejonu Polski. Np. stanowiły one sześć spośród siedmiu ofiar znalezionych pod turbinami farmy Gnieźdźewo koło Pucka (w tym zaskakujące aż pięć mysikrólików *Regulus regulus*, Zieliński et al. 2008 msc) lub 10 z 12 ofiar na farmie Břežany w Czechach (w tym trzy zniczki *R. ignicapilla*, Kočvara et al. 2007–2008). W zestawieniu 909 ofiar z lądowych farm niemieckich z lat 1989–2009 wróblowe stanowiły 26% (tab. 1). Można przypuszczać, że wartość ta jest zaniżona, gdyż zestawienie zawiera wszelkie znane przypadki, a nie tylko pochodzące z systematycznych przeszukiwań otoczenia turbin, zapewne więc niedoszacowany jest udział trudniejszych do zauważenia, małych ptaków (Dürr 2009).

Duży udział ptaków szponiastych wśród ofiar kolizji jest charakterystyczną cechą niektórych rejonów, zwłaszcza w Kalifornii i Hiszpanii. Wynika to z wysokiej liczebności lokalnej tych ptaków (lęgowych lub przelotnych), ale także z ich cech behawioralnych – specyfiki lotu, małej płochliwości. Natomiast wysoka śmiertelność wymienionych i innych ptaków wodnych jest raportowana przede wszystkim z farm morskich i nadbrzeżnych, zwłaszcza jeśli usytuowane są na trasie wędrówkowej (Pettersson 2005, Desholm 2006, Everaert & Stienen 2007). W oparciu o wyniki zaawansowanych technologicznie badań na Morzu Północnym Hüppop et al. (2006) twierdzą jednak, że nawet na farmach *offshore* przewagę wśród ofiar mogą stanowić ptaki wróblowe.

### Przyczyny zderzeń

Kolizje ptaków z elektrowniami wiatrowymi notowane są w ciągu dnia i nocą. Generalną ich przyczyną jest niezauważanie przez ptaki przeszkód, w tym obracających się śmigieł. W przypadku kolizji dziennych tłumaczącą je, prawdopodobną hipotezą jest zjawisko „zamazywania ruchu” (*motion smear* lub *motion blur*, doświadczamy je obserwując np. koła jadącego roweru). Polega ono na utracie zdolności siatkówki oka do rejestrowania szybko poruszających obiektów, nasila się wraz ze wzrostem szybkości oraz zmniejszaniem odległości od obiektu (Hodos et al. 2001, Hodos 2003). Doświadczenia na ptakach wykazały, że odległość, w jakiej zjawisko to występuje wynosi około 20 m w przypadku małych, szyb-

**Tabela 1.** Przegląd systematyczny ofiar kolizji z turbinami znalezionych na niemieckich, lądowych farmach wiatrowych (stan z 1.10.2009, wg Dürr 2009). 53% ofiar pochodzi z Brandenburgii

**Table 1.** Taxonomic review of collision victims at onshore wind farms in Germany (data from 1.10.2009, after Dürr 2009). 53% of victims come from Brandenburg. (1) – order, (2) – total number of species, (3) – total number of individuals, (4) – % of individuals, (5) – most numerous species, (6) – number of victims, (7) – total

| Rząd (1)              | Łączna liczba gatunków (2) | Łączna liczba osobników (3) | % osobników (4) | Najliczniejsze gatunki (5)               | Liczba ofiar (6) |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------------------|------------------|
| <i>Falconiformes</i>  | 15                         | 376                         | 41,4            | <i>Buteo buteo</i>                       | 128              |
|                       |                            |                             |                 | <i>Milvus milvus</i>                     | 123              |
|                       |                            |                             |                 | <i>Haliaeetus albicilla</i>              | 45               |
| <i>Passeriformes</i>  | 43                         | 237                         | 26,1            | <i>Alauda arvensis</i>                   | 39               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Sturnus vulgaris</i>                  | 19               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Emberiza calandra</i>                 | 19               |
| <i>Lari</i>           | 7                          | 72                          | 7,9             | <i>Larus ridibundus</i>                  | 33               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Larus argentatus</i>                  | 18               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Larus canus</i>                       | 16               |
| <i>Anseriformes</i>   | 11                         | 53                          | 5,8             | <i>Anas platyrhynchos</i>                | 21               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Cygnus olor</i>                       | 11               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Branta leucopsis</i>                  | 6                |
| <i>Columbiformes</i>  | 4                          | 63                          | 6,9             | <i>Columba palumbus</i>                  | 31               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Columba livia</i> f. <i>domestica</i> | 28               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Columba oenas</i>                     | 3                |
| <i>Apodiformes</i>    | 2                          | 31                          | 3,4             | <i>Apus apus</i>                         | 30               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Apus melba</i>                        | 1                |
| <i>Ciconiiformes</i>  | 3                          | 19                          | 2,1             | <i>Ciconia ciconia</i>                   | 16               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Ardea cinerea</i>                     | 2                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Ciconia nigra</i>                     | 1                |
| <i>Charadrii</i>      | 4                          | 17                          | 1,9             | <i>Pluvialis apricaria</i>               | 10               |
|                       |                            |                             |                 | <i>Haematopus ostralegus</i>             | 3                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Vanellus vanellus</i>                 | 3                |
| <i>Strigiformes</i>   | 5                          | 16                          | 1,8             | <i>Bubo bubo</i>                         | 8                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Asio otus</i>                         | 3                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Asio flammeus</i>                     | 2                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Tyto alba</i>                         | 2                |
| <i>Gruiformes</i>     | 3                          | 9                           | 1,0             | <i>Fulica atra</i>                       | 6                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Grus grus</i>                         | 2                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Rallus aquaticus</i>                  | 1                |
| <i>Galliformes</i>    | 2                          | 9                           | 1,0             | <i>Phasianus colchicus</i>               | 7                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Perdix perdix</i>                     | 2                |
| <i>Piciformes</i>     | 2                          | 2                           | 0,2             | <i>Picus viridis</i>                     | 1                |
|                       |                            |                             |                 | <i>Dendrocopos major</i>                 | 1                |
| <i>Pelecaniformes</i> | 1                          | 2                           | 0,2             | <i>Phalacrocorax carbo</i>               | 2                |
| <i>Gaviiformes</i>    | 1                          | 1                           | 0,1             | <i>Gavia stellata</i>                    | 1                |
| <i>Alcae</i>          | 1                          | 1                           | 0,1             | <i>Uria aalge</i>                        | 1                |
| <i>Cuculiformes</i>   | 1                          | 1                           | 0,1             | <i>Cuculus canorus</i>                   | 1                |
| Razem (7)             | 105                        | 909                         | 100,0           |                                          | 646              |

koobrotowych turbin oraz ok. 50 m w przypadku turbin dużych. Zamazywanie ruchu dotyczy przede wszystkim końcowych części śmigieł, gdzie prędkość liniowa jest największa – do 250 km/h we współczesnych turbinach. Przypuszcza się, że zjawisko to jest odpowiedzialne za znaczną część śmiertelności ptaków drapieżnych na farmach wiatrowych, zwłaszcza że do zderzeń tej grupy ptaków dochodzi niemal wyłącznie w ciągu dnia<sup>1</sup>. Wiąże się to także z ich ograniczoną manewrowością, zwłaszcza gatunków opierających lot głównie na prądach termicznych, jak sępy płowe *Gyps fulvus* (Lucas et al. 2008).

W celu zminimalizowania kolizji trwają poszukiwania metod znakowania śmigieł, zwiększającego ich widoczność: malowanie różnokolorowymi farbami, stosowanie różnicowanych wzorów czy powłok emitujących ultrafiolet. Niestety, dotychczasowe wyniki nie są satysfakcjonujące, zarówno eksperymenty neuropsychologiczne, jak i badania terenowe z wykorzystaniem oznakowanych turbin, nie wskazują na możliwość istotnego zredukowania śmiertelności ptaków (Hodos 2003, Smallwood & Thelander 2004, Johnson et al. 2007, NWCC 2007).

Zderzenia w czasie nocy dotyczą głównie ptaków migrujących – na lądzie zwłaszcza drobnych wróblowych, na farmach morskich – ptaków wróblowych i wodnych. Ciemność w oczywisty sposób ogranicza możliwość zauważenia turbin, zwłaszcza przez ptaki o aktywności dziennej, liczba kolizji jest więc funkcją częstości wkraczania w sytuacje kolizyjne. Zderzenia są konsekwencją zbieżności trzech faktów: dużej wysokości turbin, ich oświetlenia oraz niekorzystnej pogody (Kinglsey & Whittam 2005). W niezakłóconych warunkach pułap, na jakim odbywa się nocna migracja ptaków nad lądem znacznie przewyższa wysokość największych turbin (Berthold 1993, Mabee et al. 2006). Zmienia się to jednak przy niekorzystnych warunkach pogodowych, tj. w czasie mgły, deszczu, niskiego poziomu chmur lub wiatru przeciwnego do kierunku migracji. Ptaki wówczas znacznie obniżają pułap wkraczając w strefę kolizyjną (Liechti 2006). Ma to miejsce także w czasie przekraczania masywów górskich oraz każdej doby w okresie zmierzchu – kiedy ptaki wzbijają się do lotu – i świtu, kiedy lądują poszukując miejsc odpoczynku dziennego. Ponieważ wszystkie te sytuacje zdarzają się regularnie, liczba kolizji dotyczących nocnych migrantów bywa znaczna (Erickson et al. 2002).

Czynnikiem silnie zwiększającym niebezpieczeństwo kolizji jest iluminacja turbin, uważana za konieczną ze względu na bezpieczeństwo w ruchu lotniczym i morskim. Wbrew oczekiwaniom, nie ostrzega ona, lecz przyciąga i dezorientuje ptaki, zwłaszcza w opisanych warunkach pogodowych (Hüppop et al. 2006). Uważa się, że iluminacja jest jednym z najistotniejszych czynników odpowiedzialnych za wysoką, a czasem masową śmiertelność ptaków wskutek zderzeń z wysokimi obiektami, jak budynki, wieże radiowo-telewizyjne, latarnie morskie (Erickson et al. 2001). Interesujące, że liczba kolizji bywa niezależna od tego czy elektrownie pracują czy są wyłączone. W Nasudden w Szwecji samotna turbina, wyłączona, lecz oświetlona pojedynczą lampą na wysokości 10 m, spowodowała w ciągu jednej nocy ze złą widocznością śmierć 43 migrujących ptaków wróblowych (Gill et al.

<sup>1</sup> W odróżnieniu od ptaków, niedawne badania nietoperzy wykazały, że ważną, a być może najczęstszą przyczyną ich śmierci na farmach wiatrowych, jest tzw. barotrauma płuc (Baerwald i in. 2008). Zjawisko to polega na uszkodzeniu (rozerwaniu) płuc nietoperzy podlatujących do obracających się śmigieł wskutek nagłego spadku ciśnienia wywołanego przez ich ruch. Spośród zbadanych 188 martwych osobników znalezionych pod turbinami, 90% posiadało obrażenia wewnętrzne wskazujące na barotraumę, a tylko połowa posiadała obrażenia zewnętrzne wskazujące na (wtórny?) kontakt ze śmigłem turbiny. Tłumaczy to zaskakująco wysoką śmiertelność nietoperzy na farmach wiatrowych, mimo wspaniałych zdolności echolokacyjnych tych zwierząt. Dane te wskazują, że właściwe oznakowanie i konstrukcja elektrowni wiatrowej, zmniejszające jej „atrakcyjność” dla nietoperzy, tj. częstość podlatywania, mają kluczowe znaczenie w ograniczaniu śmiertelności tych ssaków.

1996 za Karlsson 1983). Wskazuje to, że turbiny stanowią niebezpieczeństwo dla nocnych migrantów jako fizyczne przeszkody na trasie przemieszczania się, podobnie jak inne wysokie obiekty, natomiast niezależnie od specyfiki ich pracy.

### Poziom śmiertelności

Skala zjawiska jest bardzo różna i zależna od wielu czynników, w tym wymienionych na wstępie. Podawana jest zazwyczaj w postaci generalnych estymatorów śmiertelności rocznej w przeliczeniu na turbinę, rzadziej na megawat zainstalowanej mocy lub jednostkę powierzchni rotora (odpowiednio liczba ofiar/turbinę/rok, liczba ofiar/MW/rok lub liczba ofiar/m<sup>2</sup> powierzchni rotora/rok). Istnieje wiele farm o niemal zerowej liczbie kolizji, na innych zaś notuje się rocznie kilkadziesiąt ofiar w przeliczeniu na turbinę oraz setki na całej farmie. Na lądowych farmach europejskich przeciętna liczba kolizji waha się od zaledwie kilku do 64 ptaków/turbinę/rok (Langston & Pullan 2003, Hötter et al. 2006, Everaert & Kuijken 2007). Średnia ocena wykonana dla obszaru Stanów Zjednoczonych (bez Kalifornii) została określona jako 2,3 ofiary/turbinę/rok lub 3,1 ofiar/MW/rok (NWCC 2004, liczne przykłady liczbowe z farm w USA podają Kuvelsky et al. 2008). Zestawienie ocen śmiertelności wykonanych na 34 farmach wiatrowych w 9 państwach wskazało wartość średnią wynoszącą 8,1, zaś medianę 1,7 ofiar/turbinę/rok. Odpowiednie wartości dla ptaków drapieżnych wynosiły 0,6 i 0,3 ofiary/turbinę/rok (Hötter et al. 2006).

Podane wartości stanowią średnie wyliczone dla całych farm. Choć są użytecznymi wskaźnikami, należy je stosować z dużą ostrożnością, gdyż mogą maskować silny, jednostkowy wpływ pojedynczych turbin lub ich grup (Barrios & Rodriguez 2004), a także wpływ farmy jako całości. Przykładowo, we Flandrii w północnej Belgii kolizyjność jednej z przybrzeżnych farm wynosiła 19,1–20,9 ofiar/turbinę/rok, była więc dość wysoka (Everaert & Stienen 2007). Jednak grupa kilkunastu źle zlokalizowanych turbin – na falochronie w pobliżu kolonii mew i rybitw – powodowała nieporównanie wyższą kolizyjność sięgającą w różnych latach wartość 111 i 125 ofiar/turbinę/rok, co mogło zagrażać lokalnym populacjom niektórych gatunków.

Niska średnia wartość może też ukryć silne oddziaływanie całej farmy w przypadku dużej liczby zainstalowanych turbin. W dobrze znanym, największym na świecie zgrupowaniu elektrowni wiatrowych na przełęczy Altamont w Kalifornii, liczącym w szczytowym okresie około 7300 turbin, notowana była dość niska roczna kolizyjność wynosząca 0,3–0,9 osobnika/turbinę/rok (Smallwood & Thelander 2004). Mimo to oszacowanie łącznej liczby ofiar, dokonane w oparciu o przeszukiwania otoczenia ponad 4000 turbin, było bardzo wysokie: 1766 do 4721 zabijanych rocznie ptaków spośród ponad 40 gatunków. Ocena łącznej liczby ofiar z ostatnich dwóch dekad wyniosła 35000–100000 osobników (Thelander & Smallwood 2006). Większość stanowiły ptaki drapieżne, w tym gatunki uznawane za zagrożone, np. roczna śmiertelność orła przedniego *Aquila chrysaetos* wynosiła 75–116 osobników, myszołowa rdzawosternego *Buteo jamaicensis* 209–300, puszczyk amerykańskiej *Falco sparverius* 73–333, pójdzki ziemnej *Athene cunicularia* 99–380 osobników (Smallwood & Thelander 2004). Należy dodać, że rejon Altamont skupia liczne populacje lęgowe tych i innych gatunków, leży też na ważnej trasie wędrówki ptaków wzdłuż wybrzeża Pacyfiku.

Wiele spośród przedstawionych wyników dotyczy farm wyposażonych w niskie, szybkoobrotowe turbiny starszego typu. Obecnie są one zastępowane mniejszą liczbą urządzeń o dużej mocy, które jednak są znacznie wyższe i mają ogromną średnicę rotora<sup>2</sup>. Niestety nie jest jasne, które turbiny generują większą śmiertelność ptaków (Hötter et al. 2006, Everaert & Stienen 2007, Barclay et al. 2007, Johnson et al. 2007, Kuvelsky et al. 2007). Oznacza to, że skutki tej zamiany (ang. *repowering*) pozostają nieznane, zarówno biorąc pod uwagę po-



jedynczą turbinę, farmę czy też rozwój energetyki wiatrowej w skali całych państw. Jest to jedna z najważniejszych kwestii wymagająca pilnego wyjaśnienia.

Wiadomo natomiast, że poziom śmiertelności jest silnie uzależniony od usytuowania farmy. Wysokie wartości, przekraczające 2 ofiary/turbinę/rok, notowane są na farmach zlokalizowanych na grzbietach górskich, w miejscach gwałtownych zmian reliefu (np. na krańcach płaskowyżu), w pobliżu mokradeł. Z reguły też więcej ofiar notowano w rejonach masowych koncentracji, np. na szlakach wędrówkowych czy w pobliżu rozległych terenów podmokłych. Zależność skali śmiertelności od liczebności ptaków jest powszechnie uznawana (Barrios & Rodriguez 2004, Everaert 2008), choć nie zawsze potwierdzana badaniami (Whitfield & Madders 2006, Lucas et al. 2008).

### **Odstraszanie ptaków**

Dla zdecydowanej większości gatunków ptaków pojawienie się w danym miejscu farmy wiatrowej zmniejsza jego atrakcyjność i dostępność, niezależnie od okresu fenologicznego czy typu środowiska. Nie tylko na etapie budowy, ale też przez lata eksploatacji obecność turbin, hałas, wibracje, wizyty personelu obsługującego i pojazdów powodują zaburzenia w zachowaniach ptaków i prowadzą do efektywnej utraty dostępnych dotąd środowisk. Ptaki mogą być wypierane do mniej dogodnych miejsc, co ogranicza możliwości reprodukcji, żerowania czy przeżycia. Skala oddziaływania silnie zależy od środowiska, grupy taksonomicznej i okresu. Można ją oszacować porównując liczebności ptaków stwierdzane w danym miejscu przed i po zbudowaniu farmy, porównując liczebności na farmie i powierzchniach kontrolnych lub też w różnych odległościach od farmy w obrębie tego samego środowiska. Istotną miarą określającą reakcje ptaków na obecność farmy jest też dystans odstraszenia (*disturbance distance* lub *minimum avoidance distance*), czyli odległość od turbin w jakiej notuje się brak lub obniżenie liczebności ptaków gniazdujących lub żerujących.

Biorąc pod uwagę wielkości rewirów ptaków, stopień zagrożenia poszczególnych gatunków czy ich podatność na oddziaływanie farm wiatrowych, formułowane są zalecenia dotyczące bezpiecznego lokalizowania inwestycji. Przykładowo, w Brandenburgii nie zaleca się sytuowania farm w promieniu 3 km wokół gniazd szczególnie zagrożonych ptaków – bielika *Haliaeetus albicilla*, sokoła wędrownego *Falco peregrinus*, bociana czarnego *Ciconia nigra* – czy też 10 km wokół największych noclegowisk żurawi *Grus grus* (Anon. 2003). Z kolei Percival (2003, 2007), opierając się na doświadczeniach z Wysp Brytyjskich proponował, aby przy dokonywaniu ocen lokalnego wpływu farm na ptaki przyjmować dystans odstraszenia wynoszący 300 m w okresie lęgowym i 600 m w pozostałych okresach roku. Niestety brakuje spójnych międzynarodowych rozwiązań, co zapewne ma związek ze stopniem przekształcenia krajobrazu poszczególnych państw i dostępnością dużych powierzchni nadających się pod inwestycje wiatrowe.

### **Wpływ okresu i pozycji taksonomicznej**

Istnieje ogólna zależność, iż efekt odstraszenia ptaków jest silniejszy w okresach migracji i zimowania niż w okresie lęgowym (Hötter et al. 2006). Ponadto, drobne ptaki wróblowe są mniej podatne na wypłaszanie niż ptaki „duże”, zwłaszcza te związane z terenami otwartymi-

<sup>2</sup> Większość obecnie instalowanych elektrowni ma wysokość maksymalną 140–150 m, średnicę wirnika 80–90 m i moc 1,8–2,0 MW. Uruchomiono także nieliczne turbiny wielkiej mocy 5 MW, o wysokości ok. 190 m i średnicy wirnika 126 m (Boczar 2007). Aktualnie najwyższa na świecie turbina wiatrowa zainstalowana w 2007 roku znajduje się w miejscowości Laasow w Niemczech, 40 km od granicy z Polską (Wojciechowska 2007). Ma ona moc 2,5 MW, wysokość kratownicowej konstrukcji nośnej wynosi 160 m, średnica wirnika ok. 90 m, a śmigła w szczytowym uniesieniu sięgają 205 m. Dla porównania, wysokość Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie, najwyższego budynku w Polsce, wynosi 230 m, zaś Kościoła Mariackiego w Krakowie – 82 m.



mi. Te zależności, tzn. stopień odstraszenia ptaków w zależności od grupy taksonomicznej i okresu fenologicznego, rozwinęto poniżej.

W przypadku lęgowych ptaków wróblowych najczęściej nie notowano zmniejszania liczebności wskutek obecności turbin. Obfite wyniki pochodzące z Wysp Brytyjskich lub Dolnej Saksonii, obejmujące monitoring przed- i pokonstrukcyjny lub porównujące liczebności na terenie farm wiatrowych i na powierzchniach kontrolnych poza nimi, nie wykazały istotnego wpływu pojawienia się farm na występowanie kilkudziesięciu gatunków ptaków wróblowych, zwłaszcza najliczniejszych skowronka *Alauda arvensis* i świergotka łąkowego *Anthus pratensis* (przegląd w: Langston & Pullan 2003). Nie stwierdzono także reakcji ilościowej ptaków krajobrazu rolniczego na obecność turbin (Devereux et al. 2008). Badania dotyczyły ptaków zimujących na terenach rolnych wschodniej Anglii, wśród nich wielu wróblowych silnie zmniejszających liczebność w Europie. Żadna z czterech wyróżnionych grup funkcjonalnych (ziarnojady, ptaki łowne, krukowate i skowronek), nie wykazała niższych liczebności na powierzchniach położonych w pobliżu turbin (w strefach 0–75 m i 75–100 m) w stosunku do powierzchni bardziej oddalonych (do 600–750 m).

Prace wykazujące negatywny wpływ na liczebność lęgowych ptaków wróblowych są mniej liczne. Wyrażne zmniejszanie się zagęszczeń, będące funkcją odległości od turbin wiatrowych, wykazano na terenach trawiastych w Minnesocie (Leddy et al. 1999): zagęszczenia ptaków wróblowych wokół turbin były 4-krotnie niższe niż w odległości 180 m i na terenach kontrolnych poza farmami. W okolicach Tarify (Hiszpania) liczebność na powierzchniach bez siłowni (silnie zakrzaczonych) była wyższa niż na powierzchniach z siłowniami (o małym zakrzaczeniu), co jednak wyrażało raczej różnice w strukturze roślinności niż wpływ siłowni (Lucas et al. 2004). Ogólnie, podsumowania międzytaksonowe wskazują, że ptaki wróblowe stanowią grupę najmniejszego ryzyka, tzn. udział osobników podlegających negatywnemu oddziaływaniu elektrowni stanowi nieistotną część z reguły licznych populacji poszczególnych gatunków (Desholm 2006, Stewart et al. 2007).

W odróżnieniu od wróblowych, dane dotyczące innych rzędów ptaków są mniej jednoznaczne. Hötter et al. (2006) porównali liczbę artykułów i innych doniesień wskazujących na negatywny bądź pozytywny wpływ farm na ptaki. W okresie lęgowym spośród 28 gatunków osiem wykazywało wpływ negatywny – cztery siewkowe oraz po dwa grzebiące i wróblowe. Analogiczne porównanie dla okresu nielęgowego dotyczyło 19 gatunków oraz gęsi *Anser* sp. (cztery gatunki łącznie) i wpływ negatywny dotyczył większości (11) gatunków oraz gęsi. Zestawienie to potwierdziło wcześniejsze stwierdzenie o silniejszym oddziaływaniu farm wiatrowych na ptaki niewróblowe oraz nielęgowe.

Ptaki drapieżne, ze względu na rozmiary ciała, mniejszą manewrowość i częste wykorzystywanie pułapów kolizyjnych, uważa się za grupę szczególnie narażoną na negatywny wpływ elektrowni wiatrowych (Anon. 2009). Dostępne, stosunkowo liczne dane, omawiają jednak głównie stopień śmiertelności wskutek kolizji z turbinami, który lokalnie może być bardzo duży (patrz wyżej), natomiast mało jest danych o efekcie odstraszenia. Madders & Whitfield (2006) dokonali przeglądu dotychczasowych prac na ten temat stwierdzając, że odstraszenie ptaków drapieżnych notowane jest wyjątkowo. Zwrócili jednak uwagę na niedostatek badań, zwłaszcza że istnieją przykłady sugerujące możliwe odstraszenie ptaków drapieżnych przez pracujące farmy (Hunt et al. 1999, Walker et al. 2005). Szczegółowa analiza dotycząca błotniaka zbożowego *Circus cyaneus* wskazywała na: a) brak lub nieistotny wpływ na ptaki żerujące, b) prawdopodobne, lokalne zmiany rozmieszczenia rewirów gniazdowych sięgające 200–300 m wokół turbin, c) wpływ wywoływany kolizjami silniejszy od odstraszenia, lecz wciąż niewielki (Whitfield & Madders 2005). Zbliżoną wymowę posiadały wstępne wyniki badań nad błotniakiem łąkowym *C. pygargus* w północnych Niem-

czech, gdzie struktura środowiska, zwłaszcza obecność atrakcyjnych żerowisk, wpływały na rozmieszczenie ptaków w stopniu większym niż obecność turbin, lub też maskowały wpływ tych drugich (Anon. 2009).

Grupą szczególnie podatną na wypłaszające oddziaływanie elektrowni są ptaki wodne. Stewart et al. (2007) zaliczyli blaszkodziobe i siewkowe *Charadriiformes* do ptaków najbardziej wrażliwych na oddziaływania farm, tj. wykazujących największe spadki liczebności w efekcie budowy. Dystans odstraszenia sięga w przypadku ptaków wodnych kilkuset metrów, co jest wartością większą niż u innych ptaków. Percival (2003) określił ten dystans na 300 m w przypadku lęgowych i 800 m w przypadku zimujących ptaków wodnych, podkreślając jednak, że wnioski z różnych badań mogą być niejednakowe lub sprzeczne. Np. dane z przybrzeżnej farmy w Belgii wskazywały na brak wyraźnego wpływu na miejsca gniazdowania czy trasy żerowiskowych przelotów mew i rybitw. Ptaki te nie wykazywały widocznej płochliwości w stosunku do pracujących turbin, co jednak przekładało się na ich bardzo wysoką śmiertelność wskutek zderzeń ze śmigłami (Everaert & Stienen 2007). Wyniki dotyczące odstraszenia ptaków wodnych pochodzą głównie z farm morskich lub przybrzeżnych i w większości dotyczą gatunków ściśle związanych z wielkimi akwenami (kaczki morskie, mewy, rybitwy). W przypadku farm lądowych wyraźny wpływ na ptaki wodne dotyczy okresu pozalęgowego i ptaków żerujących. Okresowo bardzo liczne w Polsce gęsi (Staszewski & Czeraszewicz 2001) należą do ptaków wyjątkowo wrażliwych na płoszenie i obecność struktur terenowych, które mogą zmniejszać bezpieczeństwo. Ptaki te wymagają dużych, nieosłoniętych przestrzeni, takich jak rozległe akweny wodne stanowiące noclegowiska oraz duże, otwarte pola będące żerowiskami. Wymagania te sprawiają, że niezależnie od niskiej śmiertelności bezpośredniej, notowany jest silny odstraszący efekt obecności turbin wiatrowych na migrujące i żerujące gęsi. Powoduje on zmiany miejsc żerowania lub nawet porzucanie dotychczas zajmowanych żerowisk (Larsen & Madsen 2000).

### **Rzekome przyzwyczajanie się ptaków do farm wiatrowych**

Często podnoszonym argumentem, mającym wskazywać na mały wpływ farm wiatrowych na ptaki, jest ich przyzwyczajanie się do obecności turbin. W dłuższej perspektywie niwelowałoby to ewentualny początkowy ubytek populacji. Niestety, w świetle istniejących danych argument ten nie może być brany pod uwagę. Wprawdzie zjawiska takiego nie można wykluczyć, lecz jak dotąd brakuje dowodów świadczących o jego istnieniu. Regularne obserwacje ptaków w bezpośredniej bliskości pracujących turbin wiatrowych nie świadczą o przyzwyczajaniu się, ale najczęściej o wrodzonej i gatunkowo specyficznej tolerancji na zakłócenia. Dowód na przyzwyczajanie stanowiłoby zmniejszenie śmiertelności w dłuższym okresie istnienia farmy (przy stabilnym stanie populacji), wzrost liczebności lub przynajmniej zahamowanie jej spadku w kilka-kilkanaście lat po wybudowaniu farmy, ewentualnie zmniejszenie dystansu odstraszenia. Wyniki dotychczasowych badań nie dostarczają takich dowodów (Hötter et al. 2006, Stewart et al. 2007, Lucas et al. 2008).

### **Efekty bariery**

Obecność farmy wiatrowej może modyfikować trasy i sposób lotu ptaków. Dotyczy to zarówno migrantów, jak również ptaków odbywających lokalne przeloty pomiędzy gniazdem lub miejscem odpoczynku, a żerowiskami. Zjawisko to, zwane efektem bariery, jest rodzajem odstraszenia ptaków będących w locie. Ich reakcja może być zróżnicowana – od nieznacznej zmiany kierunku lotu, szybkości czy pułapu, aż do szerokiego omijania farmy i efektywnej utraty jej obszaru. Skutkiem tego oddziaływania jest zwiększenie wydatków energetycznych co, jak się przypuszcza, może prowadzić do pogorszenia kondycji zwierząt. Przy tym rodzaju oddziaływania, bardziej jeszcze niż przy wcześniej opisanych, odczuwał-

ny jest niedostatek danych pozwalających na ocenę skali problemu. Główna trudność wynika z faktu, że ogromny odsetek ptaków migruje nocą, np. większość wróblowych (Able 2001). Bardzo trudno jest wówczas obserwować zachowania ptaków, nawet z wykorzystaniem specjalistycznego sprzętu, takiego jak radary czy kamery termowizyjne.

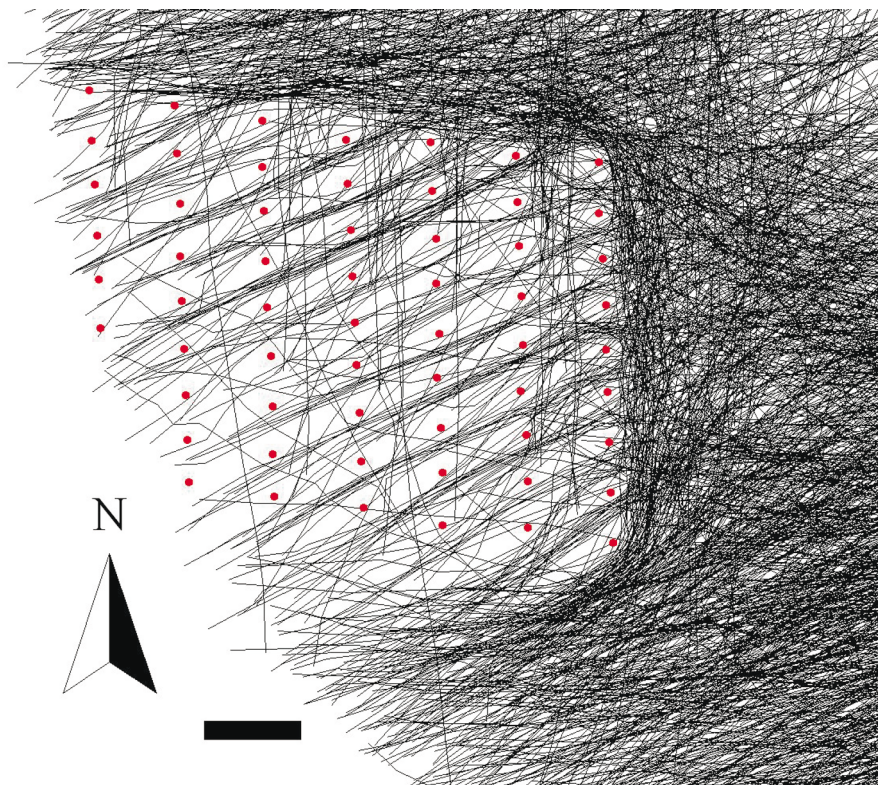
Efekt bariery jest powszechnym zjawiskiem, któremu podlega większość przebadanych gatunków lub grup gatunków ptaków. Według Hötker et al. (2006) szczególnie silny jest w przypadku gęsi, żurawi, kań *Milvus* sp. i wielu drobnych ptaków. Z kolei do mniej wrażliwych zaliczają oni kormorany *Phalacrocorax carbo*, czaple siwe *Ardea cinerea*, różne gatunki kaczek, mew i rybitw, a także myszołowy *B. buteo*, pustulki *F. tinnunculus*, szpaki *Sturnus vulgaris* i wrony *Corvus cornix*. Znamienne, że niektóre z tych mniej płochliwych ptaków są równocześnie jednymi z najczęstszych ofiar kolizji z turbinami, np. myszołów, szpak, mewa (tab. 1). W zależności od gatunku różny jest także dystans, w jakim ptaki omijają farmę, np. ocenia się, że w odniesieniu do blaszkodziobych wynosi 100–3000 m (Drewitt & Langston 2006).

Dobrą ilustrację efektu bariery dostarczyły wyniki nasłuchów radarowych, dotyczących migrujących ptaków morskich w rejonie dużej, morskiej farmy wiatrowej Nysted na zachodnim Bałtyku (Desholm & Kahlert 2005). Zapisane trajektorie lotu kilku tysięcy osobników, głównie kaczek morskich i gęsi, świadczyły o masowym omijaniu ok. 60 km<sup>2</sup> farmy (rys. 1). Liczba ptaków wlatujących na ten obszar (przelatujących między rzędami 72 pracujących turbin) spadła 4,5-krotnie w stosunku do fazy przedinwestycyjnej, ponadto w ciągu dnia farmę omijało istotnie więcej ptaków niż nocą. Dane te, znacznie uzupełnione lecz zawężone do jednego gatunku, edredona *Somateria mollissima*, posłużyły autorom do oszacowania dodatkowego dystansu, jaki migrujące ptaki zmuszone są pokonywać omijając farmę (Madsen et al. 2009). Wyniki okazały się zaskakująco niskie: nadłożony dystans wynosił zaledwie 500 metrów, co przekładało się na znikomy, dodatkowy wydatek energetyczny. Uznano więc, że w stosunku do całej trasy pokonywanej każdej wiosny i jesieni przez wędrujące edredony (ok. 1400 km), ominięcie pojedynczej farmy nie stanowi problemu. Może się on pojawić dopiero w przypadku budowy kolejnych farm morskich na szlaku migracyjnym. Wyższe wartości uzyskano w analogicznych badaniach radarowych dotyczących edredonów wędrujących u wschodnich wybrzeży Szwecji. Dodatkowy dystans związany z omijaniem dwóch niewielkich, morskich farm (7 i 5 turbin) wynosił odpowiednio 1,2–2,9 km oraz 1,2–1,9 km (Pettersson 2005).

W przypadku efektu bariery skala wpływu jest uzależniona od tego, jak często ptaki mu podlegają. Szczególnie istotny może być w sytuacji permanentnego rozdzielenia istotnych dla ptaków obszarów i wielokrotnych przelotów wydłużoną trasą, np. gniazdo – żerowisko. Niekorzystne jest także wspomniane wyżej nakładanie się podobnych oddziaływań przez wiele farm napotykanych przez ptaki na trasie migracji, co określane jest jako tzw. efekt skumulowany (Telleria 2009). Mimo niewątpliwego wpływu na poszczególne osobniki, pary czy stada, dotychczasowe badania nie potwierdziły istotnego wpływu efektu bariery na trwałość populacji ptaków (Drewitt & Langston 2006).

### **Utrata łągowisk lub żerowisk**

Budowa farmy wiatrowej oznacza przekształcenie gruntów o określonej powierzchni. Dotyczy to terenów zajmowanych przez stopę każdej turbiny, dróg dojazdowych, budynków towarzyszących czy nadziemnych lub doziemnych linii przesyłowych (fot. 2). Infrastruktura ta wyłącza teren z dotychczasowego użytkowania, zatem wywołuje utratę istniejących środowisk. Uważa się, że strata ta stanowi 2–5% całej powierzchni współczesnych inwestycji wiatrowych (Drewitt & Langston 2006), co w przypadku największych z nich przekłada się na duży obszar (największa pod względem zainstalowanej mocy farma wiatrowa na świecie,



**Rys. 1.** Trajektorie jesiennego przelotu ptaków wodnych, głównie edredonów *Somateria mollissima* i gęsi *Anser* sp., zarejestrowane przez radar monitorujący po uruchomieniu morskiej farmy wiatrowej Nysted u wybrzeży Danii. Czerwone punkty wskazują lokalizacje turbin, belka oznacza odcinek 1 km (za: Desholm & Kahlert 2005, rys. 1, s. 297 udostępnione dzięki uprzejmości The Royal Society)

**Fig. 1.** Flight trajectories of autumn migrating waterbirds, mainly the Eider and geese, as recorded by a surveillance radar during the initial operation of the Nysted offshore wind farm on the Danish sea-shore. Red points indicate location of turbines, the bar equals a section of 1 km (after Desholm & Kahlert 2005, fig. 1, p. 297 acquired thanks to the kindness of The Royal Society)

uruchomiona w październiku 2009, znajduje się w Teksasie, składa się z 627 turbin o łącznej mocy 781,5 MW i zajmuje obszar 400 km<sup>2</sup>). Ogólnie jednak podana wartość procentowa jest niska i w zdecydowanej większości przypadków bezpośrednia utrata terenu jest najmniej znaczącym rodzajem oddziaływania farm wiatrowych na ptaki.

Istnieją jednak przykłady lokalizacji, w których lokalne populacje mogą zostać istotnie uszczuplone wskutek przekształceń terenu (Langston & Pullan 2003). Dotyczy to miejsc o wysokiej wartości przyrodniczej, obejmujących zwarte obszary cennych środowisk skupiających trwale populacje niektórych gatunków. Obecność zgrupowań lub linii turbin, a zwłaszcza nowoutworzonych dróg dojazdowych, może spowodować fragmentację takiego terenu i częściowe rozdzielenie populacji, a w konsekwencji pogorszenie ich kondycji. Głębokie wykopy wymagane dla posadowienia turbin mogą naruszyć lokalne układy hydrologiczne, w szczególności na terenach podmokłych (torfowiska, łąki). Może to spowodować istotne zmiany reżimu wodnego prowadzące do przekształcenia środowisk na obszarze znacznie większym niż powierzchnia farmy. Bezpośrednia utrata lęgówisk lub żerowisk jest oczywista w przypadku farm wiatrowych budowanych na terenach zadrzewionych lub zakrzewionych, w związku z koniecznością usunięcia dużych płatów wysokiej roślinności.





**Fot. 2.** Przekształcenia terenu spowodowane budową turbiny wiatrowej (typ Vestas V90, moc 3 MW, średnica rotora 90 m, farma Tararua, Nowa Zelandia) (fot. M. Feyen) – *Land transformations due to construction of a wind turbine (the Vestas V90 type, power 3 MW, rotor's diameter 90 m, Tararua farm, New Zealand)*

W Polsce prawdopodobnie większość lokalizacji farm wiatrowych planowana jest na użytkach rolnych, gdzie utrata środowisk zapewne również będzie najmniej istotnym oddziaływaniem. Dominacja użytków rolnych w kraju stwarza dużą dostępność tego typu siedlisk, zatem utrata ich (niewielkiej?) części nie powinna wywołać znaczących konsekwencji dla stabilności populacji ptaków krajobrazu rolniczego. Nie zmienia to faktu, że ważny, negatywny wpływ mogą mieć opisane wcześniej rodzaje oddziaływań, przy których utrata terenów może dodatkowo kumulować wpływ. Biorąc pod uwagę tereny poza agrocenozami, ze względu na utratę i fragmentację środowisk szczególnie niekorzystne wydają się lokalizacje farm w całym pasie gór i pogórzy na południu kraju, na terenach leśnych, łąkowych i mokradłowych. Z kolei w celu zapobieżenia fragmentacji odpowiednie wydaje się łączenie funkcji gospodarczych, tj. sytuowanie farm w terenach z już istniejącą infrastrukturą drogową czy przemysłową – wzdłuż autostrad, na obrzeżach dużych zakładów, na hałdach – jednak każdorazowo po sprawdzeniu wartości przyrodniczej terenu.

### **Rodzaje oddziaływania – uwagi końcowe**

Trudno wskazać rodzaj oddziaływania, który można by uznać za najbardziej szkodliwy. Śmierć ptaków wskutek zderzeń z obiektami farm wiatrowych jest najbardziej jaskrawym aspektem, jednak jego sumaryczny wpływ na populacje ptaków może być mniejszy niż spowodowany przez płoszenie czy wypieranie. Podobnie, trudno jest wskazać szczególnie wrażliwą grupę ptaków. Szponiaste uważa się za szczególnie podatne na oddziaływanie

wiatrowni, co wynika z ich stosunkowo dużej śmiertelności oraz licznych udokumentowanych przykładów rozbijania się gatunków zagrożonych. Jednak efekt wypłaszania nie jest już tak wyraźny i ptaki te regularnie żerują i gniazdują w pobliżu funkcjonujących farm, a nawet budują gniazda na kratownicowych wieżach turbin. Podobnie reagują wróblowe, mewy czy rybitwy. Z kolei blaszkodziobe i siewkowate są dość rzadko wykazywane wśród ofiar kolizji, za to większa jest ich podatność na wypłaszanie. Przykłady te wskazują, że niewłaściwe jest rozłączne traktowanie poszczególnych rodzajów oddziaływania. Przy dokonywaniu ocen oddziaływania farm na ptaki należy uwzględniać je łącznie nawet jeśli wpływ bezpośredni (prognozowanie lub liczenie ofiar kolizji) jest najczytelniejsze i nieco łatwiejsze pod względem metodycznym.

Przedstawiony przegląd pomija możliwe pozytywne oddziaływanie farm wiatrowych na ptaki. Gill et al. (1996) wymieniają takie aspekty, jak pełnienie przez turbiny funkcji sztucznych czatowni czy podstaw gniazdowych na terenach otwartych, ochrona półnaturalnych środowisk wokół farmy przed przeznaczeniem pod inne inwestycje, pozytywne skutki kompensacji i sponsorowanie projektów ochroniarskich przez inwestorów. Farmy morskie wpływają na lokalne ograniczanie połowów ryb, a stopy turbin mogą pełnić funkcje sztucznych raf zwiększając dostępność ryb i skorupiaków (Kinglsey & Whittam 2005, jednak przeciwne oddziaływanie, ograniczające liczebności tych zwierząt, wskazano w opracowaniu DEFRA 2005). Niestety, zyski te wydają się niewspółmiernie małe w stosunku do strat przyrodniczych. W artykule pominięto też skutki fundamentalnej funkcji energetyki wiatrowej, jaką ma być ograniczanie zanieczyszczenia atmosfery, gdyż jej skuteczność i ewentualne pozytywne przełożenie na awifaunę są spekulatywne.

Podsumowując, niezależnie od wspomnianych wielokrotnie braków w wiedzy, panuje ogólna zgodność większości wyników, co do następujących kwestii:

- oddziaływanie farm wiatrowych na liczebność ptaków istnieje i ma charakter głównie negatywny, jednak skala wpływu jest różna, od ledwie zauważalnej do prawdopodobnie bardzo istotnej dla trwałości lokalnych populacji niektórych gatunków,
- oddziaływanie ma charakter bezpośredni (śmiertelność) i pośredni, bez wskazywania które z nich jest istotniejsze; niejasne pozostają też mechanizmy leżące u podstaw tych oddziaływań,
- konieczne jest podejmowanie wysiłków minimalizujących negatywny wpływ. Właściwy wybór lokalizacji farmy jest uważany za najważniejszą metodę minimalizacji, a jego dokonanie musi się każdorazowo opierać na szczegółowych badaniach terenowych poprzedzających decyzję o budowie,
- istnieje pilna potrzeba dalszych badań, gdyż dla wielu gatunków i grup ptaków wciąż nie da się określić rzeczywistego wpływu, w szczególności odczuwalny jest brak danych długoterminowych.

## **Wpływ farm wiatrowych na trwałość populacji ptaków**

Wyniki dobrze przeprowadzonych badań monitoringowych pozwalają z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, czy budowa farmy wiatrowej wywołuje spadek lokalnej liczebności ptaków. Bardzo rzadko jednak odpowiadają na pytanie, czy spadek ten (jeśli stwierdzony) oznacza rzeczywiste zmniejszenie stanu populacji ptaków, czy raczej zmianę ich rozmieszczenia wywołaną przeniesieniem się części osobników w inne rejony. Nie wiadomo też, jak istotna z punktu widzenia regionalnej liczebności gatunku jest dodatkowo śmiertelność wywoływana przez farmy wiatrowe. Brakuje więc odpowiedzi na najważniejsze pytanie – czy realizacja inwestycji wiatrowych zagraża trwałości lokalnych populacji ptaków.

Ze względu na złożoność zagadnienia i wysokie koszty badań niewiele odpowiednich danych można znaleźć w całej światowej literaturze ornitologicznej (Stewart et al. 2007). Podstawowym warunkiem jest przeprowadzenie wieloletniej serii badań, bowiem wraz z upływem lat od wybudowania farmy skala negatywnego oddziaływania nasila się. To oznacza, że monitoring krótkoterminowy, 2–5-letni jest niewystarczający do oceny rzeczywistych zmian liczebności ptaków (Carrete et al. 2009). Równocześnie potrzebne jest konstruowanie zaawansowanych, predyktywnych modeli demograficznych i przestrzennych umożliwiających odróżnienie zmian w rozmieszczeniu ptaków od zmian populacyjnych.

Znanym przykładem badań tego typu była ocena skutków wysokiej śmiertelności orła przedniego w rejonie Altamont w Kalifornii, na stan gniazdującej tam, jednej z najsilniej zagęszczonych na świecie populacji tego gatunku. Realizowano je w latach 1994–2005, m.in. śledząc losy 257 osobników wyposażonych w nadajniki telemetryczne, kontrolując 60–70 gniazd oraz poszukując ofiar kolizji. Ostatni z serii raportów wskazuje, że mimo rocznego ubytku kilkudziesięciu zabijanych orłów, populacja nie zmniejszyła się, wciąż posiada też korzystną strukturę wiekową (Hunt & Hunt 2006). Jest jednak zależna od stałego dopływu osobników z zewnątrz, gdyż lokalna produkcja nie jest w stanie zrekompensować corocznych strat.

W oparciu o modele demograficzne Hötter et al. (2006) przewidują, że już stosunkowo mała dodatkowa śmiertelność wywoływana przez farmy wiatrowe (0,1% w stosunku do innych, w tym naturalnych przyczyn śmierci) może się znacząco przyczynić do spadku populacji, o ile nie będzie kompensowana zależnym od zagęszczenia wzrostem reprodukcji. Spadek ten okazał się wyraźniejszy w przypadku ptaków krótko żyjących (np. wróblowe) niż długowiecznych. Te jednak mają mniejsze szanse na odbudowanie strat ze względu na mniejsze tempo reprodukcji, dłuższy okres osiągania dojrzałości i mniej liczne populacje. W sumie więc dodatkowa śmiertelność powodowana przez farmy będzie miała silniejszy negatywny wpływ na populacje ptaków długowiecznych, takich jak drapieżniki czy ptaki morskie. Wniosek ten został potwierdzony w analizie demograficznej dotyczącej hiszpańskiej populacji ścierwika *Neophron percnopterus* (Carrete et al. 2009).

Kolizje z turbinami mogą mieć wpływ na populacje gatunków zmniejszających liczebność, są też szczególnie istotne w okresie lęgowym, kiedy śmierć dorosłego osobnika może oznaczać stratę całego lęgu. W przypadku krytycznie zagrożonego, reintrodukowanego kondora kalifornijskiego *Gymnogyps californianus* ubytek nawet pojedynczych ptaków może osłabić całą światową populację (łącznie 305 osobników, w tym 148 na wolności, dane z 2007, Thorngate 2007). Śmiertelność zagrożonej pójdzki ziemnej na farmach przełęczu Altamont wynosi ponad 100 osobników rocznie, czyli tyle na ile szacuje się jej tamtejszą populację lęgową (Smallwood et al. 2007). Dane niemieckie wskazują na wyjątkowo wysoką śmiertelność kani rudej *Milvus milvus* i bielika (Tab. 1), co jest niepokojące uwzględniając ich status ochronny. Porównując liczbę kolizji i wielkość krajowych populacji tych gatunków Hötter et al. (2006) oszacowali, że dodatkowa śmiertelność powodowana przez farmy wynosi 0,3% w przypadku kani rudej i 0,7% w przypadku bielika. Ponieważ połowa światowej populacji pierwszego gatunku zasiedla obszar Niemiec (10,5–14 tys. par, BirdLife International 2004), ograniczenie rozmiaru śmiertelności kań autorzy ci uznają za jedno z priorytetowych zadań badawczych. Dużą liczbę zabijanych bielików (21 w ciągu 3 lat) oraz znaczne pogorszenie produktywności lokalnej populacji, stwierdzono też w rejonie archipelagu Smøla w Norwegii (Everaert & Kuijken 2007, May & Nygård 2009). Uważa się, że nowa farma wiatrowa licząca 68 turbin, zbudowana tam mimo negatywnej oceny wstępnej, stanowi obecnie poważne zagrożenie dla tamtejszej populacji lęgowej bielika.



Podobny wniosek dotyczy populacji rybitw w rejonie nadbrzeżnej farmy w Zeebrugge w Belgii, która generuje bardzo dużo ofiar wśród trzech gniazdujących tam gatunków. Everaert i Stienen (2007) obliczyli, że dodatkowa śmiertelność powodowana przez kolizje wynosi 3–4,4% w przypadku rybitwy rzecznej *Sterna hirundo*, 1,8–6,7% w przypadku rybitwy białoczelnej *Sternula albifrons* oraz 0,6–0,7% w przypadku rybitwy czubatej *S. sandvicensis*. Są to wartości dużo wyższe niż wspomniane 0,1% obliczone przez Hötker et al. (2006) i niebezpieczne z punktu widzenia trwałości populacji. Stewart et al. (2007) podają przykład kaczek morskich na intensywnie zagospodarowanych wybrzeżach Wielkiej Brytanii, gdzie wyparcie lokalnych populacji może mieć istotny kumulatywny efekt dla tych ptaków w szerszej skali. Liczba sępów płowych ginących rocznie na farmach wiatrowych w Hiszpanii liczy setki osobników (Drewitt & Langston 2006, Lecuona & Ursua 2007). Dotyczy to zwłaszcza rejonu Tarify (Cieśnina Gibraltarska) i Nawarry (zachodnie Pireneje). Ponieważ kraj ten zasiedla zdecydowana większość europejskiej populacji sępa płowego (17,3–18,1 tys. par w stosunku do 19–21 tys. w Europie, BirdLife International 2004), a rozmieszczenie farm pokrywa się z jego głównymi ostojami w tym kraju, straty te mogą mieć negatywny wpływ na liczebność tego gatunku (Telleria 2009a).

Podane przykłady świadczą o niepokojąco wysokiej śmiertelności niektórych gatunków ptaków w stosunku do stanu ich populacji. Mimo to, obecnie brak jest jednoznacznych dowodów empirycznych wskazujących na ograniczanie trwałości populacji przez farmy wiatrowe. Zgromadzenie takich danych jest jednak wyjątkowo kosztowne i czasochłonne, czego przykładem są wspomniane badania nad orłami przednimi w Kalifornii (Hunt & Hunt 2006). W tej sytuacji właściwym podejściem jest stosowanie modeli predyktywnych, takich jak analiza żywotności populacji (PVA), mimo wiążącego się z nimi znacznego poziomu niepewności. Carrete et al. (2009) twierdzą wręcz, że modele demograficzne są obecnie jedynym narzędziem dla wiarygodnej oceny wpływu farm wiatrowych na dziką przyrodę, zaś inne podejścia, krótkoterminowe lub opierające się na danych lokalnych, należą jedynie do sfery bezużytecznych spekulacji.

Podsumowując, dodatkowa śmiertelność gatunków zagrożonych powodowana przez farmy oraz znajomość ogólnych procesów w dzikich populacjach zwierzęcych wskazują, że farmy wiatrowe mogą istotnie ograniczać populacje niektórych gatunków ptaków. Jest to jednak proces długofalowy i nie należy sugerować się (tymczasowym?) brakiem dowodów badawczych. Skala problemu będzie narastać w miarę ekspansji energetyki wiatrowej na nowe tereny. Przy braku pełnego rozeznania odnośnie biologicznego znaczenia tego procesu, powszechne zastosowanie winna mieć unijna zasada przezorności (*precautionary principle*). Za szczególnie niewłaściwe należy uznać budowanie farm wiatrowych w rejonach występowania kluczowych populacji gatunków zagrożonych wyginięciem, zwłaszcza tych o wolnym tempie reprodukcji. Przykładami takich rejonów są wspomniane Altamont w Kalifornii, Nawarra w Hiszpanii, a w Polsce prawdopodobnie obszary wysokich zagęszczeń tzw. gatunków strefowych.

## **Inwestycje wiatrowe a badania ornitologiczne w Polsce**

Realizowane na dużą skalę badania wpływu farm wiatrowych na ptaki stały się okazją do zgromadzenia cennych materiałów naukowych i rozwoju nowoczesnych metod badawczych (Smallwood & Thelander 2004, Desholm et al. 2006, Hüppop et al. 2006, Kuntz et al. 2007). W ostatnich 2–3 latach wyraźnie wzrosła liczba publikacji na ten temat w recenzowanych czasopismach naukowych, zwiększając dostępność i wiarygodność wyników. Wzrosły jednak także wymogi dotyczące zasad prowadzenia monitoringu i raportowania (California 2007, Percival 2007, PSEW 2008a, Wuczyński & Tryjanowski 2009). W tym kon-

tekście krytycznie należy ocenić dotychczasową praktykę badań z pogranicza ornitologii i energetyki wiatrowej w Polsce.

Co najmniej kilkadziesiąt osób gromadzi aktualnie obserwacje ornitologiczne na terenie planowanych lub funkcjonujących farm wiatrowych w kraju. Ich wyniki są przedkładane inwestorom stanowiąc podstawę raportów oddziaływania na środowisko, a następnie decyzji środowiskowych. Niestety, prace te nie są w żaden sposób koordynowane, wyniki monitoringu są najczęściej utajniane, nieznana pozostaje metodologia i jakość gromadzonych danych, wreszcie nie wiadomo jaka jest trafność zaleceń końcowych oraz ich skuteczność, o ile w ogóle są formułowane. Szczególnie odczuwalny jest brak ogólnokrajowego opracowania strategicznego, precyzującego obszary o dopuszczalnej lokalizacji farm wiatrowych oraz obszary wrażliwe, wykluczające takie inwestycje ze względów przyrodniczych. Brakuje też analogicznych opracowań regionalnych (dla woj. dolnośląskiego, patrz Adamski et al. 2009), te jednak każdorazowo powinny oceniać przydatność inwestycyjną obszaru z uwzględnieniem perspektywy krajowej.

Wymogi prawne dopuszczają, aby decyzje środowiskowe były wydawane przez urzędy gminne i powiatowe, zatem przez te organy, które z przyczyn finansowych są najbardziej zainteresowane realizacją inwestycji wiatrowych. Oznacza to brak nadzoru nad jakością monitoringu i opracowań końcowych oraz sprzyja forsowaniu rozwiązań najmniej korzystnych pod względem przyrodniczym (Wuczyński et al. 2009). Potwierdzają to przykłady bardzo niskiej jakości raportów, zwykle utajnianych lub jedynie czasowo udostępnianych na stronach internetowych niektórych urzędów. Przypuszczalnie część takich raportów jest wynikiem małego doświadczenia wykonawców, jednak szczególny niepokój budzi możliwość nierzetelnego wykonywania badań i braku naukowej obiektywności (Tryjanowski & Wuczyński 2009). O takiej możliwości świadczą spory interpretacyjne, w których stronami są sami ornitolodzy, a które wywoływane są przez zapytania regionalnych dyrekcji ochrony środowiska zagubionych przy uzgadnianiu decyzji środowiskowych.

Wydaje się, że obecna eksplozja badań przyrodniczych wymuszanych przez planowane inwestycje wiatrowe w Polsce jest niewłaściwie pojmowana lub niedoceniana przez środowisko ornitologów. Wciąż dominujące, budżetowe finansowanie nauki odróżnia nas od takich krajów jak USA czy Japonia, gdzie większość nakładów pochodzi od przedsiębiorstw. W efekcie sytuacja finansowa polskiej nauki uznawana jest za bardzo złą (Bieliński et al. 2007). Na tym tle inwestorzy wiatrowi paradoksalnie mogą być traktowani jako mecenaszi tej części nauki, która ich dotyczy. Dysponują poważnymi środkami finansowymi, które (z konieczności) są skłonni przeznaczyć m.in. na badania ornitologiczne. W zamian oczekują wniosków popartych rzetelnymi materiałami terenowymi wierząc, że jeśli już wydana zostanie pozytywna opinia ekspertów-naukowców, pozwoli ona na bezpieczną realizację inwestycji. Tymczasem ornitolodzy najczęściej nie traktują tego jako szansy na zrealizowanie badań łączących walor poznawczy i praktyczny, lecz raczej jako okazję do podreperowania domowego budżetu na marginesie swoich głównych zainteresowań, czasem w ogóle niezwiązanych z ornitologią. Oczywiście nie ma w takich przypadkach zwyczaju publikowania wyników. W efekcie rodzi się ryzyko przegapienia szansy na zrealizowanie wartościowych, dobrze finansowanych badań w różnej skali – od zgromadzenia lokalnych danych faunistycznych po ogólnokrajowe projekty badawcze na styku nauk stosowanych i podstawowych. Niechłubnie może się okazać, że za kilka lat dokonując kolejnego przeglądu badań nad wpływem farm wiatrowych na ptaki, będziemy ponownie zmuszeni do opierania się wyłącznie na publikacjach zagranicznych.

## Zakończenie

Na duże zainteresowanie oddziaływaniem farm wiatrowych na ptaki wpłynęły prawdopodobnie dwie niezależne przyczyny: a) częste, spektakularne i nagłośnieone przypadki śmierci ptaków wskutek kolizji z turbinami, dotyczące m.in. gatunków uważanych za zagrożone wyginięciem oraz b) rentowność energetyki wiatrowej, umożliwiającą przeznaczenie dużych środków finansowych na badania. Nigdy wcześniej nie zdarzało się, aby w tak krótkim czasie (ok. dwie dekady) w skali całych kontynentów profesjonalne zespoły badawcze z rzeszami zatrudnianych obserwatorów, skierowały wysiłki na rozpoznanie jednego, stosunkowo wąskiego zagadnienia z pogranicza gospodarki i ochrony przyrody. Zjawisko to należy ocenić pozytywnie, jako przejaw poważnego obecnie traktowania zaniku bioróżnorodności oraz jako próbę zminimalizowania wpływu kolejnego, kształtującego się dopiero przejawu antropopresji. Przypuszczalnie, skala wpływu będzie narastać w tempie proporcjonalnym do rozwoju energetyki wiatrowej na świecie.

Należy się też spodziewać nowych wyzwań, wynikających z unowocześniania technologii wiatrowej, np. wzrostu wysokości turbin, arealu i „zagęszczenia” farm wiatrowych, planów opanowania morza czy upowszechnienia prototypowych na razie urządzeń. Przykładowo, ogromny potencjał wiatrowy i względna dostępność przybrzeżnej (płytkiej) strefy mórz sprawiają, że wśród inwestorów rozwój farm *offshore* uważa się za jedną z bardziej obiecujących perspektyw w energetyce wiatrowej (EEA 2009, EWEA 2009). Z drugiej strony dominująca aktualnie technologia posiada poważne wady sprawiające, że jej perspektywa czasowa może okazać się dość krótka, zapewne nie więcej niż kilkadziesiąt lat. Wady te to np. nieprzewidywalność warunków wiatrowych i konieczność ekwiwalentu energii ze źródeł konwencjonalnych, wysokie koszty inwestycyjne, hałas, zajmowanie wielkich arealów i negatywne oddziaływanie na krajobraz i dziką przyrodę.

Konkurencyjnie do dominującego dziś modelu elektrowni wiatrowej z wielkim śmigłem obracającym się w płaszczyźnie wertykalnej, testowane są inne, nowatorskie rozwiązania techniczne (przegląd w: Boczar 2007). Przykładami są turbiny o pionowej osi obrotu ([www.magturbine.com](http://www.magturbine.com) lub [www.nol.hu/tud-tech/20091027-felhokarcolo\\_a\\_mezon](http://www.nol.hu/tud-tech/20091027-felhokarcolo_a_mezon)), latające turbiny wiatrowe ([www.skywindpower.com/ww/index.htm](http://www.skywindpower.com/ww/index.htm)), instalacje wież słonecznych ([www.pl.wikipedia.org/wiki/wieża\\_słoneczna](http://www.pl.wikipedia.org/wiki/wieża_słoneczna)) lub generatory połączone z latawcami ([www.futureblog.pl/index.php/2009/06/wysokosciowe-elektrownie-wiatrowe](http://www.futureblog.pl/index.php/2009/06/wysokosciowe-elektrownie-wiatrowe)). Według zapewnień projektantów, urządzenia takie są efektywniejsze od tradycyjnych turbin wiatrowych, wydaje się też, że mogą być mniej szkodliwe dla ptaków. Sprawdzenie tego będzie jednak możliwe dopiero po ewentualnym, powszechniejszym uruchomieniu poszczególnych urządzeń.

Niestety, mimo dużego natężenia badań wciąż istnieją ogromne luki w wiedzy na temat oddziaływania farm wiatrowych na ptaki. Wniosek taki pojawia się we wszystkich ważniejszych opracowaniach omawiających zarówno poszczególne rodzaje oddziaływania, jak również syntezujących całość relacji ptaków i energetyki wiatrowej. Brakuje zwłaszcza wyników długoterminowych, dokumentujących empirycznie wpływ farm wiatrowych na populacje ptaków. Choć obecnie oddziaływanie to jest zapewne mniejsze niż innych rodzajów antropopresji można oczekiwać, że będzie rosło wraz z przewidywanym rozwojem tej dziedziny gospodarki. Pożądane i pilne jest więc dokładniejsze rozpoznanie mechanizmów negatywnego wpływu farm na ptaki. Efektem tych badań powinny być jasne, skuteczne, powszechnie znane i stosowane zalecenia aplikacyjne służące ochronie ptaków.

Serdecznie dziękuję prof. Ludwikowi Tomiałojcowi za wnikliwą i szybką recenzję artykułu i wiele życzliwych uwag. Wdzięczny też jestem prof. Piotrowi Tryjanowskiemu za cenne uwagi oraz

sugestię dodania ilustracji. Materiały ilustracyjne udostępnili i wyrazili zgodę na wykorzystanie w niniejszej pracy: Mark Desholm, Tobias Dürr, Michael Feyen, Andrzej Kośmicki oraz The Royal Society (Wielka Brytania). Serdecznie za to dziękuję.

**Summary: Impact of wind-farms on birds – types of effects, their importance to bird populations and research practice in Poland.** Wind power industry ranks among the strongly developing branches of economy in Poland and world-wide. Although it is favourable to the environment, its adverse impact on animals using the aerial space is also considered. The paper summarizes more recent results of world-wide investigations pertaining to the relationship between birds and wind energy, in particular the types and scale of impact and its importance in shaping bird populations. Four main effects have been distinguished: collisions with objects on farms, displacement due to disturbance, barrier effect, and habitat change and loss. Mortality due to collisions is the most known and controversial kind of effect, which concerns mainly *Passeriformes* and *Falconiformes*. Yet, a need is recognized to treat the impact of wind farms on birds thoroughly, without pointing out to the most dangerous type of effect or distinguishing the most vulnerable group of birds. Demographic models predict negative influence of wind farms on population viability, particularly of long-lived species with low reproductive rate. However, empirical documentation is still lacking, which issues from the complex nature of pertinent research and paucity of information from long-term studies at operational wind farms. There is no evidence, either, to show that birds become habituated to the presence of farms. The Polish practice of pre-investment ornithological monitoring has been criticized, and defects of the administrative procedures and lack of research programs emphasized. At present, the impact of wind farms on birds is certainly less significant than that of other anthropogenic factors. Nevertheless, the available data reveal vast gaps in the knowledge of these issues, especially the lack of long-term studies and population impact assessments. The foreseen growth of adverse influence, proportional to the expansion of wind power industry, indicates the necessity for intensification of biological research combined with developing effective methods aimed at minimization of this impact.

## Literatura

- Able K.P. 2001. Birds on the move: flight and migration. W: Podulka S., Rohrbaugh R. Jr., Bonney R. (eds). Handbook of Bird Biology. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY.
- Adamski A., Czapulak A., Wuczyński A. 2009. Ekspertyza ornitologiczna dla określenia przyrodniczych uwarunkowań lokalizacji elektrowni wiatrowych w województwie dolnośląskim. Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne, Wrocław, s. 52.
- Anon. 2003. Tierökologische Abstandskriterien für die Errichtung von Windenergieanlagen in Brandenburg. <http://www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.371047.de>
- Anon. 2009. Birds of Prey and Wind Farms: Analysis of Problems and Possible Solutions. Documentation of an international workshop in Berlin, 21–22 October 2008, s. 77.
- Baerwald E.F., D'Amours G.H., Klug B.J., Barclay R.M.R. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18: R695–R696.
- Barclay R.M.R., Baerwald E.F., Gruver J.C. 2007. Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: accessing the effect of rotor size and tower height. *Can. J. Zool.* 85: 381–387.
- Barrios L., Rodriguez A. 2004. Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *J. Applied Ecology* 41: 72–81.
- Berthold P. 1993. Bird Migration. A General Survey. Oxford Univ. Press.
- Bieliński J., Bujas K., Bukowska X., Gruszecka A., Iwińska K., Kamińska I., Kolczyńska A., Plucia S., Sańko E., Szafranek P. 2007. Nauka polska. Autodiagnoza polskiego środowiska naukowego. Collegium Civitas, Warszawa.
- BirdLife International 2004. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Cambridge, UK: BirdLife International. (BirdLife Conservation Series No. 12).
- Boczar T. 2007. Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania. Wyd. Pomiar Automatyka Kontrola. Gliwice.
- California Energy Commission and California Department of Fish and Game. 2007. California Guidelines for Reducing Impacts to Birds and Bats from Wind Energy Development. Commission Fi-

- nal Report. California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Division, and California Department of Fish and Game, Resources Management and Policy Division. CEC-700-2007-008-CMF.
- Carrete M., Sánchez-Zapata J.A., Benítez J.R., Lobón M., Donázar J.A. 2009. Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. *Biol. Conserv.* doi:10.1016/j.biocon.2009.07.027.
- DEFRA 2005. Nature Conservation Guidance on Offshore Windfarm Development. Prepared by the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Version R1.9.
- Desholm M. 2006. Wind farm related mortality among avian migrants – a remote sensing study and model analysis. PhD thesis. Dept. of Wildlife Ecology and Biodiversity, NERI, and Dept. of Population Biology, University of Copenhagen. National Environmental Research Institute, Denmark. 128 pp.
- Desholm M., Kahlert J. 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biol. Lett.* 1: 296–298.
- Desholm M., Fox. A.D., Beasley P.D.L., Kahlert J. 2006. Remote techniques for counting and estimating the number of bird–wind turbine collisions at sea: a review. *Ibis* 148: 76–89.
- Devereux C.L., Denny M.J.H., Whittingham M.J. 2008. Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. *J. Applied Ecology* 45: 1689–1694.
- Drewitt A.L., Langston R.H.W. 2006. Assessing the impact of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29–42.
- Dürr T. 2009. Kollision von Fledermäusen und Vögeln durch Windkraftanlagen. Daten aus Archiv der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburgs, Buckow.
- Environment Canada 2005. Wind Turbines and Birds. A Guidance Document for Environmental Assessment. Interim draft, July 2005. Environment Canada, Canadian Wildlife Service.
- Erickson W.P., Johnson G.D., Strickland M.D., Young D.P., Jr Sernka K.J., Good R.E. 2001. Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document.
- Erickson W., Johnson G., Young D., Strickland D., Good R., Bourassa M., Bay K., Sernka K. 2002. Synthesis and comparison of baseline avian and bat use, raptor nesting and mortality information from proposed and existing wind developments. Report prepared for Bonneville Power Administration, Portland, Oregon, USA.
- EEA 2009. Europe's onshore and offshore wind energy potential. An assessment of environmental and economic constraints. European Environment Agency Technical report 6/2009, Copenhagen.
- EWEA 2008. Pure Power. Wind Energy Scenarios up to 2030. European Wind Energy Association, Brussels.
- EWEA 2009. Oceans of opportunity. Harnessing Europe's largest domestic energy resource. A report by the European Wind Energy Association. [www.ewea.org/offshore](http://www.ewea.org/offshore)
- Everaert J., Kuijken E. 2007. Wind turbines and birds in Flanders (Belgium). Preliminary summary of the mortality research results. Research Institute for Nature and Forest (INBO), ss. 1–10.
- Everaert J., Stienen E.W.M. 2007. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. *Biodiversity & Conservation* 16: 3345–3359.
- Everaert J. 2008. Effecten van windturbines op de fauna in Vlaanderen. Onderzoeksresultaten, discussie en aanbevelingen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2008 (rapportnr. INBO.R.2008.44). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Gill J.P., Townsley M., Mudge G.P. 1996. Review of the impacts of wind farms and other aerial structures upon birds. *Scottish Natural Heritage Review*. No. 21.
- Hötter H., Thomsen K.-M., Jeromin H. 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats - facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Hunt G. 2002. Golden eagles in a perilous landscape: predicting the effects of mitigation for wind turbine blade-strike mortality. California Energy Commission Report P500-02-043F.
- Hunt G., Jackman R.E., Hunt T.L., Driscoll D.E., Culp L. 1999. A population study of golden eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: population trend analysis 1997. Report to National Re-

- newable Energy laboratory, Subcontract XAT-6-16459-01. Predatory Bird Research Group, University of California, Santa Cruz.
- Hunt G., Hunt T. 2006. The Trend of Golden Eagle Territory Occupancy in the Vicinity of the Altamont Pass Wind Resource Area: 2005 Survey. California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research. CEC-500-2006-056.
- Hüppop O., Dierschke J., Exo K.-M., Fredrich E., Hill R. 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis* 148: 90–109.
- Johnson G.D., Strickland M.D., Erickson W.P., Young Jr. D.P. 2007. Use of data to develop mitigation measures for wind power development impacts to birds. W: Lucas M. et al. (eds). *Birds and wind farms: risk assessment and mitigation*, ss. 242–256.
- Kinglsey A., Whittam B. 2005. Wind Turbines and Birds. A background review for environmental assessment. Environment Canada/Canadian Wildlife Service. pp. 81.
- Kočvara R., Chytil J., Mikulica O. 2007–2008. Monitoring of collisions of birds and bats on wind park Brežany (Znojmo district, South Moravia, Czech Republic). *Zprávy MOS* 65–66: 46–61.
- Kunz T.H., Arnett E.B., Cooper B.M., Ericsson W.P., Larkin R.P., Mamee T., Morrison M.L., Strickland M.D., Szewczak J.M. 2007. Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document. *J. Wildlife Management* 71: 2449–2486.
- Kuvelsky W.P. Jr, Brennan L.A., Morrison M.L., Boydston K.K., Ballard B.M., Bryant F.C. 2007 Wind Energy Development and Wildlife Conservation: Challenges and Opportunities. *J. Wildlife Management* 71: 2487–2498.
- Langston R.H.W., Pullan J.D. 2003 Windfarms and birds: an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report by Bird-life International on behalf of the Bern Convention. RSPB, Sandy.
- Larsen J.K., Madsen J. 2000. Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese: a landscape perspective. *Landscape Ecology* 15: 755–764.
- Lecuona J.M., Ursua C. 2007. Avian mortality in wind power plants of Navarra (Northern Spain). W: Lucas M. et al. (eds). *Birds and wind farms: risk assessment and mitigation*, ss. 177–192.
- Leddy K.L., Higgins K.F., Naugle D.E. 1999. Effects of Wind Turbines on Upland Nesting Birds in Conservation Reserve Program Grasslands. *Wilson Bull.* 111: 100–104.
- Liechti F. 2006. Birds: blowin' by the wind? *J. Ornithol.* 147: 202–211.
- Lucas M., Janss G.F.E., Whitfield D.P., Ferrer M. 2008. Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *J. Applied Ecology* 45: 1695–1703.
- Mabee T.J., Cooper B.A., Plissner J.H., Young D.P. 2006. Nocturnal bird migration over an Appalachian ridge at a proposed wind power project. *Wildlife Soc. Bull.* 34: 682–690.
- Madders M., Whitfield D.P. 2006. Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. *Ibis* 148: 43–56.
- Marczewski A. 2008 msc. Wpływ elektrowni wiatrowych na ptaki w Europie i Ameryce Północnej. Praca licencjacka, SGGW, Warszawa.
- Masden E.A., Haydon D.T., Fox A.D., Furness R.W., Bullman R., Desholm M. 2009. Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *J. Marine Science* 66: 746–753.
- May R., Nygård T. 2009. Spatial assessment of white-tailed see eagle collision risk at the Smola on-shore wind farm. 2<sup>nd</sup> European Congress of Conservation Biology, Prague. Book of abstracts, pp. 92.
- NWCC 2004. Wind turbine interactions with birds and bats: a summary of research results and remaining questions. Fact Sheet: Second Edition. National Wind Coordinating Committee, Washington.
- NWCC 2007. Mitigation toolbox. Compiled by: NWCC Mitigation Subgroup & Jenny Rectenwald. The National Wind Coordinating Collaborative.
- Percival S.M. 2003. Birds and wind farms in Ireland: a review of potential issues and impact assessment, ss. 1–25.
- Percival S.M. 2007. Predicting the effects of wind farms on birds in the UK: the development of an objective assessment method. W: Lucas M. et al. (eds). *Birds and wind farms: risk assessment and mitigation*, ss. 137–152.
- Pettersson J. 2005. The impact of offshore wind farms on bird life in Southern Kalmar Sound, Sweden. A final report based on studies 1999–2003. Report requested by the Swedish Energy Agency, pp. 124.



- PSEW 2008 msc. Ocena możliwości rozwoju i potencjału energetyki wiatrowej w Polsce do roku 2020. Szczecin.
- PSEW 2008a msc. Wytyczne w zakresie oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na ptaki. Szczecin.
- Smallwood K.S., Thelander C.G. 2004. Developing methods to reduce bird mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. Final Report by BioResource Consultants to the California Energy Commission, Public Interest Energy Research-Environmental Area, Contract No. 500-01-019. 363 pp. + appendices.
- Smallwood K.S., Thelander C.G., Morrison M.L., Rugge L.M. 2007. Burrowing Owl mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. J. Wildlife Management 71: 1513–1524.
- Stewart G.B., Pullin A.S., Coles C.F. 2007. Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds. Environmental Conservation 34: 1–11.
- Staszewski A., Czeraszewicz R. 2001. Rozmieszczenie i liczebność gęsi w Polsce podczas jesiennej migracji i zimowania w latach 1991–1997. Notatki Ornitologiczne 42: 15–35.
- Telleria J.L. 2009. Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain. Bird Conservation International 19: 131–136.
- Telleria J.L. 2009a. Overlap between wind power plants and Griffon Vultures *Gyps fulvus* in Spain. Bird Study 56: 268–271.
- Thelander C.G., Smallwood K.S. 2007. The Altamont Pass Wind Resource Area's Effect on Birds: A Case History. W: Lucas M. et al. (eds). Birds and wind farms: risk assessment and mitigation, ss. 25–46.
- Thorngate N. 2007. Presence and movements of California Condors near proposed wind turbines. Final report prepared for HT Harvey and Associates. Ventana Wildlife Society.
- Tryjanowski P., Wuczyński A. 2009. Ocena oddziaływania farm wiatrowych na ptaki. Cz. II. Czysta Energia 3 (89): 20–22.
- US Fish and Wildlife Service 2003. Interim guidelines to avoid and minimize wildlife impacts from wind turbines. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- Walker D., McGrady M., McCluskie A., Madders M., McLeod D.R.A. 2005. Resident Golden Eagle ranging behaviour before and after construction of a windfarm in Argyll. Scottish Birds 25: 24–40.
- Whitfield D.P., Madders M. 2005. A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus*. Natural Research Information Note 1. Natural Research Ltd, Banchory, UK.
- Wojciechowska U. 2007. Jak powstała najwyższa elektrownia wiatrowa świata. Czysta Energia 4: 34.
- Wuczyński A., Tryjanowski P. 2009. Ocena oddziaływania farm wiatrowych na ptaki. Cz. III. Monitoring porealizacyjny – zakres i szacunkowe koszty. Czysta Energia 4 (92): 32–33.
- Wuczyński A., Chylarecki P., Tryjanowski P. 2009. Ptaki a rozwój energetyki wiatrowej – aktualne problemy. Chrońmy Przyr. Ojcz. 65: 323–328.
- Zieliński P., Bela G., Marchlewski A. 2008 msc. Report on monitoring of the wind farm impact on birds in the vicinity of Gniezdźewo (gmina Puck, pomorskie voivodeship). s. 19 ([www.pepsa.com.pl/\\_files/Puck\\_Annual%20Monitoring%20Raport\\_2008\\_Annex%20no%202.pdf](http://www.pepsa.com.pl/_files/Puck_Annual%20Monitoring%20Raport_2008_Annex%20no%202.pdf)).

**Andrzej Wuczyński**

Instytut Ochrony Przyrody PAN, Dolnośląska Stacja Terenowa  
Podwale 75, 50-449 Wrocław  
[a.wuczynski@pwr.wroc.pl](mailto:a.wuczynski@pwr.wroc.pl)