

Marcela ADAMCZYK¹, Damian CHMURA²

^{1,2} University of Bielsko-Biala, Department of Environmental Protection and Engineering, Willowa 2,
43-309 Bielsko-Biala, Poland

ORCID / e-mail:

² 0000-0002-0242-8962 / dchmura@ath.bielsko.pl

Wpływ ekranów akustycznych na śmiertelność ptaków na przykładzie Bielska-Białej

Słowa kluczowe:

bariery dźwiękochłonne, awifauna, gatunki chronione

The impact of noise barriers on bird mortality: a case study of Bielsko-Biala town

Keywords:

acoustic screens, avifauna, protected species

Abstract

The studies on bird mortality along 12 transparent acoustic barriers near roads in Bielsko-Biala (Poland) were conducted from March to October in 2017. The aim was to characterize avifauna striking glass barriers and to relate frequency of collisions to time, developmental stage, sex, vicinity of noise barrier. During the breeding season of birds, 102 collisions of birds with screens, belonging to 25 species, were found. The most collisions were found in June, when 29 victims were observed. In this month, the largest number of juveniles (imm.) was also determined - 17 victims, the lowest number of collisions was at the end of the breeding season (September and October), where the number of collisions did not exceed 7 victims. The largest family of birds hitting the screens are *Paridae*, which account for as much as 31.4% of all victims. The largest number of collisions occurred with the participation of adults (ad - 68.) while 34 were young victims. The most active young birds were in June, when 17 collision victims were found. From the side of the road, as many as 60 fatalities were observed, while from the other side of the habitats - 42. As for the sex of individuals, most probably there were males (42), and there were 28 females.

We conclude that acoustic screens should have nontransparent: stickers, stripes, dots, foils or be replaced by greening walls or earth embankments.

1. WSTĘP

Sezon lęgowy jest jednym z najważniejszych etapów życia ptaków. Ze względu na to, że w tym okresie są one bardzo aktywne, to powinno się zwracać większą uwagę na ich ochronę. Podczas sezonu lęgowego można chronić ptaki między innymi głównie przez ochronę ich siedlisk, tj. miejsc gniazdowania lub żerowania. Niestety zazwyczaj nie da się zapewnić odpowiedniego bezpieczeństwa w miejscach, gdzie ptaki dokonują lęgów. Zbyt duża antropopresja (fragmentacja siedlisk, urbanizacja, zanieczyszczenie środowiska) staje często na przeszkodzie w szukaniu miejsc do zakładania gniazd lub odchowu młodych. Masowe wycinki drzew, rozwój rolnictwa, presja ze strony domowych kotów to jedne z wielu zagrożeń, które są utrapieniem dla ptaków podczas okresu lęgowego [Erickson i in. 2005]. Jednak innym dużym niebezpieczeństwem są ekrany akustyczne. Problem kolizji ptaków z przeszkloną zabudową jest w ostatnim czasie coraz częściej wskazywany jako jedna z istotnych przyczyn śmiertelności ptaków na skutek działalności człowieka [Szurlej-Kielańska i in. 2020]. Konstrukcje te tworzy się dla ochrony ludzi przed hałasem, lecz są bardzo niebezpieczne dla ptaków. W samych USA ginie rocznie ok. miliarda ptaków w wyniku zderzeń z konstrukcjami szklanymi, a na świecie kilka miliardów [Klem 2009]. W Polsce brak szacunkowych danych [Zbyryt i in. 2012], choć uważa się, że podobnie jak na świecie u nas ten problem też musi być poważny [Szurlej-Kielańska i in. 2020].

Celem ogólnym pracy było wykonanie obserwacji dotyczącej zderzeń ptaków z ekranami akustycznymi w czasie lęgów tych zwierząt. Szczegółowe cele to odpowiedzi na następujące pytania:

- czy ptaki gniazdujące w okolicy ekranów akustycznych uderzają częściej niż ptaki przelatujące?
- jakie gatunki ptaków gniazdujące w pobliżu uderzają najczęściej, a które najmniej, i co może być tego powodem?
- czy stadium rozwojowe i płeć ptaka ma znaczenie w częstotliwości zderzeń?
- czy sąsiedztwo (droga, typ siedliska) ma wpływ na częstotliwość zderzeń?

2. METODY BADAŃ

Badania dotyczące zależności uderzeń ptaków w ekrany akustyczne w okresie lęgowym zostały przeprowadzone na terenie Bielska-Białej. Monitoring został przeprowadzony przy ulicach Wyzwolenia i Czerwona oraz drogi wojewódzkiej numer 940 (Rys. 1). Obszar ten znajduje się poniżej północno-wschodniego rogu obwodnicy. Teren ten jest bardzo zróżnicowany pod względem potencjalnych siedlisk dla ptaków. Na obszarze znajdują się liczne łąki, zadrzewienia, budynki – czyli miejsca, które ptaki chętnie wykorzystują do gniazdowania. Najbliżej ekranów znajdowały się gniazda wróbla, kosów, kawek, sierpówek, gołębi grzywaczy, drozda śpiewaka, modraszek oraz bogatek.

Obserwacje zderzeń prowadzono w okresie lęgowym, za który uznano okres od 1 marca do 15 października 2017 roku. Liczba padłych ptaków była liczona w odstępach co dwa-trzy dni i, o ile było to możliwe, po obu stronach ekranu akustycznego. Ekran zostały podzielone tak, aby uwzględnić zależność zderzeń ptaków nie tylko od strony ekranów, ale i od różnych typów siedlisk takich jak: łąka, mniejsze lub większe zadrzewienie, mała lub duża zabudowa. W sumie wytypowano 12 ekranów akustycznych (Rys. 1, Tab. 1). Ich łączna długość wyniosła 1127,4 m, w tym w pełni oszklona część zajmuje 257,3 m, natomiast ekrany częściowo zabudowane liczą razem 870,1 m. Ich wysokość na poszczególnych stanowiskach oraz powierzchnia szyb jest bardzo zbliżona do siebie.



Rys. 1. Lokalizacja ekranów akustycznych znajdujących się przy ulicy Wyzwolenia (źródło: www.geoportal.gov.pl, zmodyfikowane). Oznaczenia: a, b – ewentualne odcinki ekranu, d – strona ekranu od strony drogi, brak litery – teren otwarty (łąka, zadrzewienie).

Fig. 1. Localisation of noise barriers close to Wyzwolenia street (source: www.geoportal.gov.pl, modified). Abbreviations: a, b – sections of a screen, d – side of a screen from road, lack of letter – open area (grassland, woodlot).

Tab. 1. Charakterystyka ekranów akustycznych na poszczególnych stanowiskach.

Tab. 1. Characteristics of noise barriers in particular localities.

Numer stanowiska	Długość ekranów wyrażona w metrach [m]	
	Ekran częściowo zabudowany	Ekran całkowicie oszklony
1	60,8	-
2	98,1	29,1
3	67,9	-
4	137,6	-
5	77,6	36,8
6	152,1	-
7	80,1	-
8	55,7	-
9	37,7	-
10	-	103,5
11	102,6	-
12	-	87,9
Suma	870,1	257,3

Monitoring dotyczył także obserwacji składu gatunkowego gatunków gniazdujących najbliżej ekranów oraz uderzających w ekrany. Określono również stadium rozwojowe (czy były to osobniki młode, czy też dorosłe) oraz ich płeć, jeśli występował dymorfizm płciowy. Wiek ptaków oznaczano na podstawie szaty, a mianowicie [Svensson i in. 2023]:

- juvenilis (juv.) – pierwsze upierzenie młodych ptaków (podlotów), występuje aż do pierwszego pierzenia,
- immaturus (imm.) – jest to każda inna szata ptaka niż ostateczna,
- subadultus (subad.) – ptak jest prawie dorosły, jednak nie ma jeszcze ostatecznego dorosłego upierzenia – jest to moment, w którym ptak jest zdolny do prokreacji, pomimo niepełnego ubarwienia (oznaczane tym skrótem były kosy po pierwszym pierzeniu, kiedy inny jest kolor lotek i sterówek; po drugim pierzeniu były oznaczane jako adultus),
- adultus (ad.) – szata ostateczna.

Aby porównać istotność różnic we frekwencji między płcią ptaków, a także między stadiami rozwojowymi posłużono się analizą tablic kontyngencji. W pierwszym przypadku zastosowano test chi-kwadrat a w drugim (ze względu na dużą liczbę zer w tabeli) test G. Za poziom istotności przyjęto standardowo wartość 0,05 prawdopodobieństwa błędu pierwszego rodzaju. W celu zobrazowania składu gatunkowego i analizy ich współwystępowania użyto analizy ordynacyjnej nieparametrycznego wielowymiarowego skalowania (*nonparametric multidimensional scalling NMDS*). Wszystkie analizy statystyczne wykonano za pomocą darmowego i legalnego programu R (www.r-project.org). Ostatnim, a zarazem najważniejszym celem monitoringu było określenie terenów najbardziej narażonych na kolizje ptaków z ekranami.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

3.1. Analiza kolizji ptaków

Podczas monitoringu w sezonie lęgowym stwierdzono 102 kolizje z ekranami ptaków, należących do 12 rodzin oraz 25 gatunków (Tab. 2). Najliczniejszą rodziną ptaków uderzających w ekrany były sikory, które stanowiły aż 31,4% wszystkich ofiar (32), z czego przeważały bogatki (22). Kolejnymi były drozdowate – 27,5% (28), a następnie gołębiowate – 9,8% (10).

Tab. 2. Wykaz ofiar śmiertelnych gatunków ptaków w wyniku kolizji z ekranami akustycznymi.
Tab. 2. The list of dead individuals of bird species due to collision with acoustic screens.

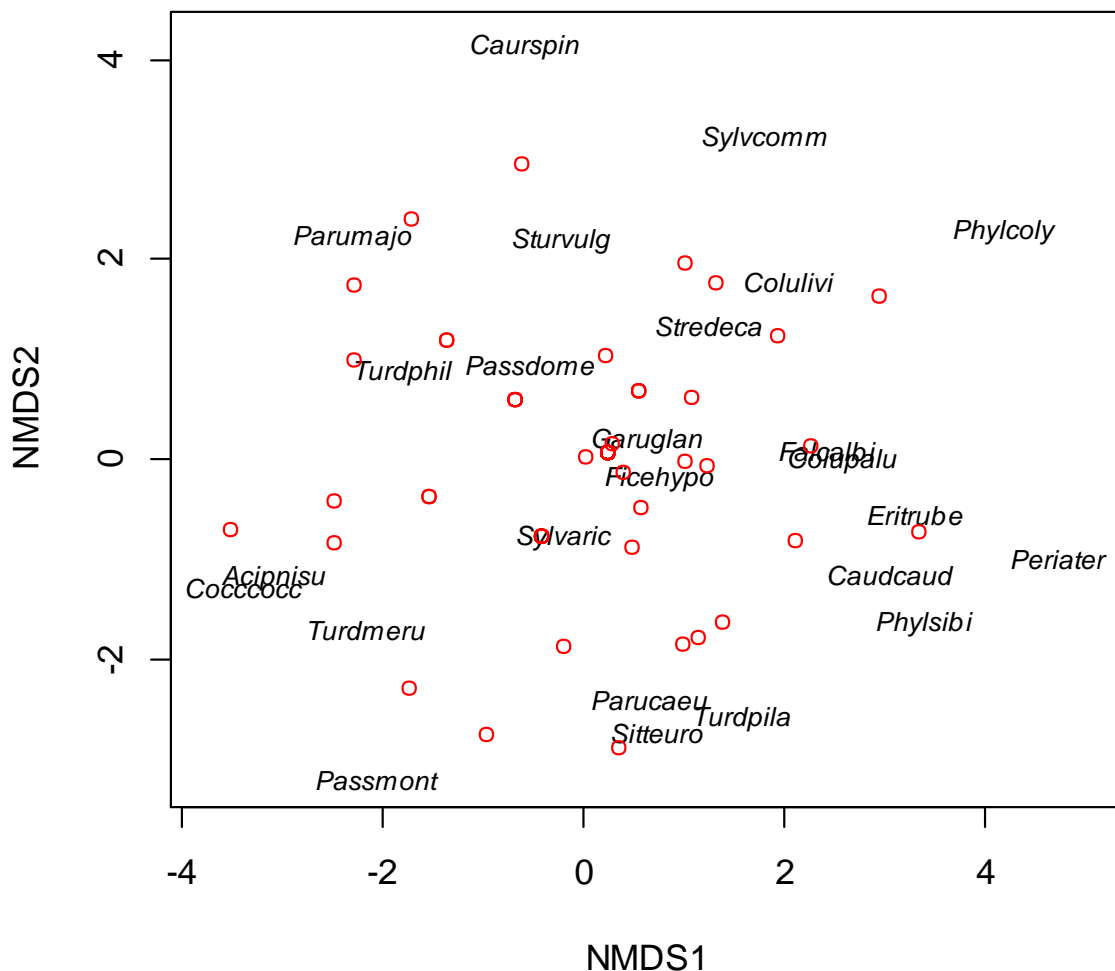
Rodzina		Gatunek		Liczba	%
gołębiowate	<i>Columbidae</i>	Gołąb skalny	<i>Columba livia</i>	3	2,9
		Gołąb grzywacz	<i>Columba palumbus</i>	3	2,9
		Sierpówka	<i>Streptopelia decaocto</i>	4	3,9
drozdowate	<i>Turdidae</i>	Kos zwyczajny	<i>Turdus merula</i>	23	22,5
		Drozd śpiewak	<i>Turdus philomelos</i>	4	3,9
		Kwiczół zwyczajny	<i>Turdus pilaris</i>	1	1,0
sikory	<i>Paridae</i>	Sikora bogatka	<i>Parus major</i>	22	21,6
		Sikora modra	<i>Parus caeruleus</i>	9	8,8
		Sikora sosnowka	<i>Periparus ater</i>	1	1,0
muchołówki	<i>Muscicapidae</i>	Muchołówka białoszyjna	<i>Falconi albicollins</i>	2	2,0
		Muchołówka żałobna	<i>Ficedula hypoleuca</i>	1	1,0
		Rudzik zwyczajny	<i>Erithacus rubecula</i>	2	2,0
wróble	<i>Passeridae</i>	Wróbel zwyczajny	<i>Passer domesticus</i>	2	2,0
		Mazurek	<i>Passer montanus</i>	1	1,0
pokrzewkowate	<i>Sylviidae</i>	Cierniówka	<i>Sylvia communis</i>	2	2,0
		Kapturka	<i>Sylvia articapilla</i>	3	2,9
świstunki	<i>Phylloscopidae</i>	Pierwiosnek	<i>Phylloscopus collybita</i>	1	1,0
		Świstunka leśna	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	2	2,0
kowalikowate	<i>Sittidae</i>	Kowalik zwyczajny	<i>Sitta europea</i>	4	3,9
krurowate	<i>Corvidae</i>	Sójka zwyczajna	<i>Garullus glandarius</i>	1	1,0
łuszczeniaki	<i>Fringillidae</i>	Szczygieł	<i>Caudrius caudrius</i>	1	1,0
		Grubodziób	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	5	4,9
		Czyż zwyczajny	<i>Caurelus spinus</i>	1	1,0
szpakowate	<i>Sturnidae</i>	Szpak zwyczajny	<i>Sturnus vulgaris</i>	3	2,9
jastrzębiowate	<i>Accipitidae</i>	Krogulec zwyczajny	<i>Accipiter nisus</i>	1	1,0

W przypadku gatunków ptaków stwierdzono współwystępowanie niektórych gatunków np. kos zwyczajny i wróbel domowy lub krogulec i grubodziób (Rys. 2).

Stwierdzono istotność różnic w liczbie kolizji w zależności od miesiąca i stadium rozwojowego (Rys. 3). Najwięcej śmiertelnych kolizji wystąpiło w czerwcu, kiedy zaobserwowano 29 ofiar. W tym miesiącu określono też największą liczbę osobników młodych (imm.) – 17 ofiar. Najmniej zderzeń było pod koniec okresu lęgowego, czyli we wrześniu i październiku, kiedy liczba kolizji nie przekroczyła 7 ofiar. Najwięcej kolizji wystąpiło z udziałem osobników dorosłych (ad.) – łączna liczba ofiar w ciągu całego okresu lęgowego wynosiła 68 (w maju 17, w czerwcu 12). Podczas całego okresu zaobserwowano 34 młode ofiary, z czego: 1 podlot, 28 niedojrzałych oraz 5 prawie dorosłych. Najbardziej aktywne młode ptaki były w czerwcu, kiedy znaleziono 17 ofiar kolizji.

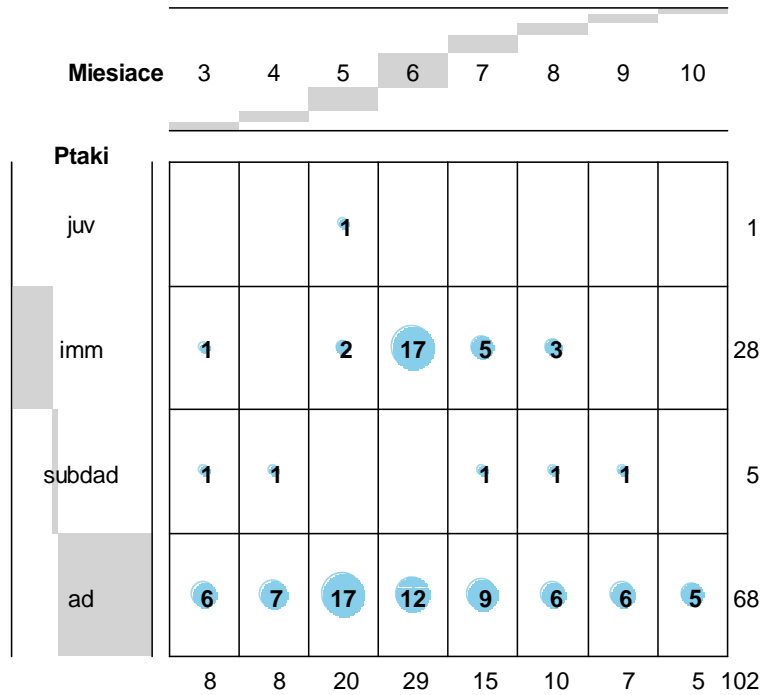
Jeśli chodzi zaś o płeć osobników, to najczęściej prawdopodobnie było osobników męskich – 42, zaś samic było 28. Jednak możliwe, że płeć nie ma wpływu na ilość kolizji ptaków z ekranami, gdyż osobników bez dymorfizmu płciowego było aż 32, przez co liczba zderzeń samic i samców mogłaby być dość wyrównana (Rys. 4).

Biorąc pod uwagę stronę ekranu to od strony drogi zaobserwowano aż 60 ofiar śmiertelnych, natomiast od strony siedlisk – 42.



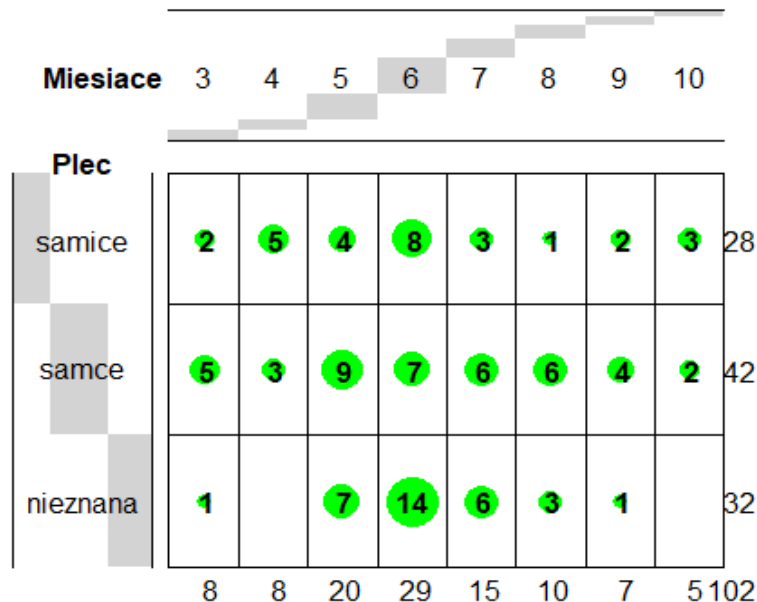
Rys. 2. Wykres ordynacji niemetrycznego wielowymiarowego skalowania NMDS, pokazujący relacje między zaobserwowanymi gatunkami ptaków. Objaśnienia: pierwsze cztery litery oznaczają nazwę rodzajową, a kolejne cztery epitet gatunkowy (Tab. 1).

Fig. 2. Ordination plot of nonmetrical multidimensional scaling NMDS showing relations among observed bird species. Explanations: first four letter denote genus name, next four ones – species name (Tab. 1).



Rys. 3. Frekwencja ptaków uderzających w ekrany akustyczne w zależności od wieku w poszczególnych miesiącach; są istotne różnice między miesiącami ($G = 39,78$; $p = 0,007899$).
 Objaśnienia: juv. – podloty, imm. – osobniki młodociane, subdad. – osobniki zdolne do prokreacji, które nie miały ostatecznej szaty, ad. – osobniki dorosłe.

Fig. 3. Frequency of birds hitting acoustic screens depending on age in particular months; there are significant differences among months ($G = 39.78$; $p = 0.007899$).
 Explanations: juv. – flying up, imm. – juveniles, subdad. – individuals capable of procreation, which did not have a final garment; ad.– adults.



Rys. 4. Frekwencja ptaków uderzających w ekrany akustyczne w zależności od płci w poszczególnych miesiącach; są istotne różnice między miesiącami (chi-kwadrat 35,126; $p = 0,02735$). Oznaczenia miesiący: 3 – marzec..., 10 – październik.

Fig. 4. Frequency of birds hitting noise barriers depending on sex in individual months; there are significant differences among months (chi-square test 35.126; $p = 0.02735$).
 Months: March – 3..., October – 10.

3.2. Wzorce i przyczyny kolizji ptaków z ekranami akustycznymi

W niniejszym badaniu stwierdzono 102 ofiary należące do 25 gatunków. Dla porównania w Białymstoku zaobserwowano 269 ofiar z 43 gatunków [Zbyryt i in. 2012]. Jednakże tamte badania prowadzono przez dwa lata. Z kolei 12 gatunków ptaków (56 sztuk) zaobserwowano w zderzeniu z szybami budynków, które stanowią podobną barierę szklaną [Ogłęcki i Żabicka 2023]. Praktycznie wszystkie ptaki według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt są objęte ścisłą ochroną gatunkową. Wyjątkiem jest gołąb miejski, który jest objęty ochroną częściową. Wśród zaobserwowanych ptaków nie występują gatunki z Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt, ale stwierdzono dwie kolizje z gatunkiem wymienionym w załączniku I Dyrektywy Ptasiej – muchołówka białoszyja (*Ficedula albicollins*) (Rys. 5). Liczba martwych ptaków (102) mogła być większa, jednak podczas monitoringu w dużym stopniu przeszkadzała wysoka trawa (przez co trudno było dostrzec martwe ptaki) oraz drapieżniki (najczęściej koty), które mogły porywać martwe lub oszołomione ptaki. Na różnice między stadiami rozwojowymi mógł mieć wpływ fakt, że znacznie szybciej usuwane są ptaki o małych rozmiarach ciała, czyli te, które stanowią przeważającą liczbę ofiar kolizji, niż średnie lub duże [Young i in. 2003]. W kolizji bierze udział dużo ptaków młodych, które są niedoświadczone i w większym stopniu narażone na tego typu zagrożenie. Monitoring był prowadzony podczas trwania okresu lęgowego, przez co dorosłe ptaki, które zginęły poprzez uderzenie w szybę, mogły osierocić swoje młode lub porzucić lęgi.



Rys. 5. Samiec (na górze) i samica (na dole) muchołówki białoszyjej (*Ficedula albicollins*) (fot. M. Adamczyk).

Fig. 5. Male (top) and female (bottom) collared flycatcher (*Ficedula albicollins*) (photo by M. Adamczyk).

Analiza ordynacyjna wykazała (Rys. 2), że gatunki na przykład *Accipiter nisus* i *Coccythyrastes coccythyrastes* współwystępują ze sobą, tak jak *Ficedula ablicollins* z *Columba palumbus*, zaś *Accipiter nisus* oraz *Phylloscopus collybita* rzadko współwystępują. Miało by to słuszność tym bardziej, że w pierwszym przypadku, czyli grubodzioba oraz krogulca, preferują one tereny lekko zurbanizowane, ale także lasy. Jeżeli chodzi zaś o drugi przypadek, czyli muchołówkę białoszyją oraz grzywacze, raczej trzymają się one lasów. Jednak jest to jedynie przypuszczenie – danych jest zbyt mało, by móc określić współwystępowanie gatunków na podstawie zderzeń ptaków z ekranami. Kolizje te mogły być nie tylko przypadkowe, ale ptaki mogły nadlatywać z całkowicie różnych stron. Aby móc wykonać dokładniejszą analizę, potrzeba kilku lat, a nawet wieloletnich badań. Wg analizy częstości zderzeń skąd ptaki uderzały, to więcej kolizji było od strony drogi. W podobnych badaniach dotyczących zderzeń ptaków z oknami budynków największą liczbę kolizji zaobserwowano dla budynków zlokalizowanych w pobliżu enklaw zielonej roślinności, charakteryzujących się dużą różnorodnością biologiczną [Ogłęcki i Żabicka 2023]. W naszym przypadku dokładna analiza prawdopodobnie również wykazałaby związek częstości kolizji z siedliskami wybieranymi przez ptaki.

Ptaki, w odróżnieniu od człowieka, nie są w stanie rozpoznać elementu przezroczystego, takiego jak szkło, czy tworzywo sztuczne, jako bariery. Rozróżnia się trzy podstawowe mechanizmy prowadzące do zderzenia: efekt lustra, efekt przezroczystości elementów szklanych, efekt latarni morskiej (zanieczyszczenie sztucznym światłem nocą). Do tego można również dodać efekt polaryzacji światła i kolizje będące wynikiem pomyłki tafli szkła z taflą wody [Szurlej-Kiełańska i in. 2020]. Są różne sposoby, aby uczynić ekrany nieprzezroczystymi, aby były one widoczne dla ptaków (naklejki, pasy, folie). Metodą, która cieszy się największą popularnością są naklejane na przezroczyste powierzchnie nalepki ukazujące sylwetkę ptaka drapieżnego, jednak muszą one być odpowiedniej wielkości i odpowiednio rozmieszczone [Bartczak 2021]. Badania np. w Wiedniu wskazały, że efektywność nalepek ptaków jest bardzo niska [Trybus 2003]. W przypadku nalepek ptaki często odbierają je jako plamę lub jakąś przeszkodę, którą należy ominąć (Rys 6). Jest to dla ptaka sytuacja taka sama jak omijanie gałęzi drzew, dlatego też kolizje ptaków bardzo często są blisko tych sylwetek [Rössler i in. 2009]. Znacznie bardziej skuteczne jest umieszczanie czarnych pasów o szerokości 2 cm w odległości nie większej niż 10 cm od siebie albo gęstej sieci kropek. Podobne rozwiązania dotyczą okien w biurach [Pilacka i in. 2019]. Można też w ogóle odejść od szklanych ekranów akustycznych na rzecz ekranów roślinnych lub wałów ziemnych [Zbyryt 2012].



Rys. 6. Ekran oklepany sylwetkami ptaków drapieżnych wraz z miejscem uderzenia ptaka; zdjęcie to jest idealną ilustracją, że sylwetki odbierane są jako zwykłe plamy, które ptaki omijają (fot. M. Adamczyk).

Fig. 6. The screen is covered with silhouettes of birds of prey along with the place of the bird's impact; this photo is a perfect illustration that these silhouettes are perceived as ordinary spots that birds avoid (photo by M. Adamczyk).

4. WNIOSKI

1. Na podstawie obserwacji oraz różnych źródeł literaturowych można stwierdzić, że na zderzenia z różnymi obiektami szklanymi (ekrany akustyczne, okna, przystanki, wiaty) narażona jest większość gatunków ptaków. Wystarczy, że przezroczysty ekran akustyczny jest blisko miejsc lęgowych danego gatunku lub przecina trasy jego wędrówek.
2. Pod ekranami odnajduje się martwe ptaki o każdej porze roku, zarówno młode, jak i dorosłe osobniki. Są to zazwyczaj gatunki powszechnie spotykane, ptaki niewielkiej lub średniej wielkości (np. wróblowate Passeriformes).
3. Rozwiązaniem minimalizującym zderzenia ptaków powinna być budowa pełnych ekranów, ekranów oklejanych pasami lub zastąpienie ich wałami ziemnymi albo ekranami roślinnymi.

Informacja od Wydawcy

Temat prezentowany podczas II Konferencji Naukowo-Technicznej „Nauka-Technologia-Środowisko” w dniach 27-29 września 2023 r. w Wiśle. Konferencja finansowana przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Doskonała nauka” – moduł „Wsparcie konferencji naukowych” (projekt nr DNK/SP/546599/2022).



LITERATURA

- Bartczak M. 2021. Techniki stosowane w architekturze w celu minimalizacji kolizji ptaków z elementami szklanymi a ich faktyczna skuteczność. *Archiwum Wiedzy Inżynierskiej*, 6(2), 9–11.
- Erickson W.P., Johnson G.D., Young Jr. D.P. 2005. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191, 1029–1042.
- Klem D. Jr. 2009. Avian mortality at windows: the second largest human source of bird mortality on earth. *Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics*, 244–251.
- Ogłęcki P., Żabicka J.M. 2023. Mortality of birds as a result of collisions with glazing on the example of building structures in Warsaw. *Scientific Papers of the Main School of Fire Service*, 85, 43–58.
- Pilacka L., Szurlej-Kiełańska A., Rydzkowski P., Kurach E. 2019. Szklane budownictwo przyjazne ptakom. *Inżynier Budownictwa*, 168, 78–82.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. Dz.U. 2016, poz. 2183 (tekst jednolity Dz.U. 2022, poz. 2380).
- Rössler M., Laube W., Weihs P. 2009. Avoiding bird collisions with glass surfaces. Experimental investigations of the efficacy of markings on glass panes under natural light conditions in Flight Tunnel II (Final Report, March 2007). BOKU-Met Report 10, Wien.
- Svensson L., Mullaney K., Zetterström D. 2023. Ptaki. Przewodnik Collinsa. Multico.
- Szurlej-Kiełańska A., Pilacka L., Górecki D. 2020. Ochrona ptaków przed kolizjami ze szklanymi budynkami. Praktyczne i skuteczne rozwiązania. PTACom, Wrocław.
- Trybus T. 2003. Wirksamkeit von Greifvogelsilhouetten zur Verhinderung von Kleinvogelanprall an Glasfronten. Die These des Masters, der Universität Wien.
- Young D.P. Jr., Erickson W.P., Strickland M.D., Good R.E., Sernka K.J. 2003. Comparison of avian responses to UV-light-reflective paint on wind turbines. Subcontract Report 500-32840. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO.
- Zbyryt A. 2012. Poradnik ochrony ptaków przed kolizjami z przezroczystymi ekranami akustycznymi oraz oknami budynków. Pol. Tow. Ochrony Ptaków, Białystok.
- Zbyryt A., Suchowolec A., Siuchno R. 2012. Species composition of birds colliding with noise barriers in Białystok (north-eastern Poland). *Intern. Stud. Sparrows*, 36, 88–94.