

Oddziaływanie dronów na ptaki oraz ich zastosowanie w badaniach ornitologicznych i ochronie

Adam Zbyryt

Postęp w zakresie robotyki i miniaturyzacji oraz coraz niższe ceny urządzeń sprawiły, że od kilku lat możemy obserwować coraz powszechniejsze wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych (BSP) (ang. *Unmanned Aerial Vehicles* – UAV, *Unmanned Aerial Systems* – UAS, *Remotely Piloted Aircraft* – RPA), zwyczajowo zwanych dronami, zarówno w celach rekreacyjnych, sportowych, jak i komercyjnych. Liczba użytkowników dronów szybko rośnie, a rynek tego typu urządzeń należy do jednej z najlepiej rozwijających się branż technologicznych na świecie. Tylko w roku 2016 światowy rynek komercyjnie wykorzystywanych BSP (czyli z wyłączeniem wojskowych) wyniósł 6 mld dolarów, a szacuje się, że w roku 2022 wyniesie 23 mld dolarów (Joshi 2017). Według szacunkowych danych w Polsce w roku 2017 rynek dronów osiągnął wartość ponad 251 mln złotych (IBRKK 2017). Wraz ze wzrostem wartości rynku tych urządzeń gwałtownie rośnie liczba ich użytkowników. Tylko w USA pod koniec roku 2017 w Federalnej Administracji Lotnictwa (ang. *Federal Aviation Administration*) zostało zarejestrowanych ponad 900 000 użytkowników BSP, z czego ponad 800 000 to hobbyści (Michel & Gettinger 2018). Do końca ubiegłego roku w Urzędzie Lotnictwa Cywilnego (ULC), sprawującego nadzór nad lotnictwem cywilnym w Polsce, w tym nad BSP, było zarejestrowanych ponad 6400 osób posiadających licencje UAVO na komercyjne wykorzystanie tych urządzeń w zasięgu wzroku operatora (Zawadzak 2018). Liczba użytkowników dronów niekomercyjnych (sport i rekreacja) w naszym kraju, podobnie jak w USA, jest znacznie większa. Najnowsze podsumowania podają, że jest ich ponad 100 000, co oznacza, że stanowią oni ponad 95% wszystkich operatorów BSP (IBRKK 2017).

Tak duża liczba dronów wykorzystywanych w Polsce (ponad 200 operacji dziennie) może potencjalnie wpływać na zwierzęta, w szczególności ptaki – to właśnie ta grupa kregowców jest szczególnie silnie narażona na negatywne oddziaływanie BSP (Mulero-Pázmány et al. 2017). Poza tym spadające koszty tych urządzeń, przy jednoczesnym wzroście ich jakości, powodują, że coraz powszechniej wykorzystywane są one w badaniach przyrodniczych, w tym ornitologicznych (Chabot & Bird 2015). Potwierdzają to liczby publikacji skupiających się na ptakach, które razem z ssakami morskimi dominują wśród innych prac dotyczących oddziaływania dronów na zwierzęta. W szczególności badania te dotyczyły ptaków wodno-błotnych, przy czym głównie blaszkodziobych Anseriformes (Chabot & Bird 2015).

Niniejszy artykuł ma na celu zaprezentowanie i omówienie podstawowych zagadnień związanych z wykorzystaniem dronów w badaniach, monitoringach, inwentaryzacjach ornitologicznych i ochronie ptaków w Polsce. Pierwsza część dotyczy regulacji prawnych związanych z wykorzystaniem BSP, następnie ich wpływu na awifaunę, możliwości wykorzystania w badaniach i ochronie czynnej oraz omówienie przypadków kolizji ptaków z dronami. Zestawienia informacji dotyczących wymienionych zagadnień dokonano w oparciu o analizę dostępnej literatury i własne doświadczenia. Artykuł ten ma pomóc

przyszłym użytkownikom dronów w lepszym i bezpieczniejszym wykorzystaniu tych urządzeń w naszym kraju, w różnych aspektach działań ornitologicznych.

Uwarunkowania prawne użytkowania dronów w Polsce

Badania naukowe, monitoringi i inwentaryzacje ornitologiczne należą to działań komercyjnych i odbywają się często w różnego rodzaju strefach powietrznych, które zostały wyznaczone na terenie całego kraju (np. parki narodowe czy obszary przygraniczne; <https://droneradar.eu/mapa>), w związku z czym podlegają stosownym uregulowaniom prawnym. Aktualnie warunki i wymagania dotyczące używania BSP o maksymalnej masie startowej (MTOM) nie większej niż 25 kg, wykorzystywanych wyłącznie w operacjach w zasięgu wzroku (VLOS) są zawarte w załączniku nr 6 do rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 roku w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. 2013 poz. 440). Wykonywanie lotów dronem w zależności od strefy powietrznej wymaga posiadania zgody lub zgłoszenia lotu zarządcy oraz posiadania przez operatora stosownej licencji (VLOS) wydawanej przez ULC. Jej otrzymanie jest poprzedzone obowiązkowym kursem przygotowawczym oraz egzaminem państwowym. Poza tym każdy przyszły użytkownik BSP, ubiegając się o uzyskanie licencji musi posiadać ważne badania lotniczo-lekarskie oraz ubezpieczenie OC (odnawiane każdego roku).

Typy dronów wykorzystywane w badaniach przyrodniczych

Drony możemy podzielić na (1) duże, (2) średnie, (3) małe, (4) mini, (5) mikro i (6) nano, a ich podział opiera się na wielkości, sposobie startu i lądowania, zasięgu lotu, wysokości lotu, czasie działania baterii (Anderson & Gaston 2015). W badaniach biologicznych i ekologicznych wykorzystywane są najczęściej drony z klas 3–5, czyli urządzenia stosunkowo wolne i o bardzo ograniczonym zasięgu lotu, dość krótkim czasie działania baterii (do kilku godzin) i wadze poniżej 20 kg (Hardin & Jensen 2011). Ze względu na kształt do najczęściej wykorzystywanych w badaniach przyrodniczych BSP należą wielowirnikowce (np. quadcopter, hexacopter, octocopter) i stałopłaty (ang. *fix-wing*) (Anderson & Gaston 2015). Ponieważ największy udział w rynku dronów ma aktualnie firma DJI (Shenzhen, Chiny), a jej flagowym BSP jest stosunkowo tani Phantom (cena w zależności od modelu od ok. 2000 do 7000 PLN – stan na 31.03.2018), który posiada obecnie najwięcej użytkowników na całym świecie (www.dronesbuy.net/drones-for-sale-amazon), należy się spodziewać, że większość badań będzie opierać się właśnie na tego typu urządzeniach – małych wielowirnikowcach o masie do 5 kg, co już daje się zauważyć, w oparciu o analizę dostępnej literatury (Weissensteiner et al. 2014, Vas et al. 2015, McEvoy et al. 2016, Wilson et al. 2016, Zbyryt & Menderski 2017, Weimerskirch et al. 2018).

Wpływ dronów na ptaki

Ze względu na dzielenie wspólnej przestrzeni użytkowej, ptaki potencjalnie należą do najsilniej narażonej grupy zwierząt na obecność dronów. Stale wzrastająca liczba użytkowników BSP i podejmowanych operacji może powodować daleko idące konsekwencje, które jak na razie nie były przedmiotem szerszych badań. Wstępne analizy dostępnej literatury wskazują, że różne czynniki i cechy dronów mogą różnie oddziaływać na

awifaunę, a należą do nich: wielkość BSP, kształt (wielowirnikowce czy stałopłaty), rodzaj napędu (silnik spalinowy czy elektryczny), sposób i charakter wykonywanego lotu (np. rekreacyjny czy ukierunkowany w stronę konkretnego osobnika lub stada), wysokość przelotu, prędkość, kolor i kąt nalotu (Vas et al. 2015, McEvoy et al. 2016, Mulero-Pázmány et al. 2017). Wszystkie badania podkreślają jednak, że mimo obserwowanego zjawiska płoszenia i niepokojenia ptaków oddziaływanie to jest bardzo niewielkie, a w wielu przypadkach minimalne. Przegląd literatury dokonany przez Mulero-Pázmány et al. (2017) wskazuje, że największe płoszenie powodują drony z silnikiem spalinowym oraz większe urządzenia, a najbardziej wrażliwe na obecność BSP są osobniki nieleęgowe, duże stada, nietoty i ptaki o dużych rozmiarach ciała. Loty hobbystyczne (rekreacyjne) wywołują najmniejsze zaniepokojenie ptaków, a to dlatego, że rzadko są skierowane wprost na obiekt, a ptaki znacznie bardziej reagują negatywnie na tego typu ukierunkowane działania (Stankowich & Blumstein 2005, McEvoy et al. 2016, Mulero-Pázmány et al. 2017).

Ptaki wodno-błotne i morskie

Wśród przedstawicieli awifauny ta grupa ptaków należy do jednych z najbardziej wrażliwych na płoszenie i niepokojenie (Madsen 1995, Bregnballe et al. 2009, Borrelle & Fletcher 2017). Vas et al. (2015) przeprowadzili badania pokazujące, że lot wielowirnikowcem (quadcopter Phantom) niezależnie od koloru (biały, niebieski, czarny) oraz prędkości nalotu (2, 4, 6, 8 m/s) w kierunku trzech gatunków ptaków wodno-błotnych – krzyżówki *Anas platyrhynchos*, flaminga różowego *Phoenicopterus roseus* i kwokacza *Tringa nebularia* – w 80% przypadków nie miały istotnego wpływu na zachowanie ptaków. Jedynym czynnikiem silnie modyfikującym behavior tych gatunków był prostopadły kąt nalotu (90°), czyli opadanie BSP bezpośrednio nad obserwowanymi osobnikami. W przypadku ptaków wodnych niepokojenie powodowane przez różne modele dronów (trzy stałopłaty i dwa wielowirnikowce) było ogólnie niewielkie (McEvoy et al. 2016). Najsilniejsze reakcje w odniesieniu do wszystkich typów urządzeń powodowało bezpośrednie skierowanie BSP w kierunku badanego stada, lot na niewielkiej wysokości oraz przy bliskiej odległości startu wynoszącej 10–15 m. Również kształt drona różnie oddziaływał na ptaki wodne – największe zaniepokojenie wzbudzał ten przypominający ptaka drapieżnego (stałopłat) oraz szybkie zmiany wysokości lotu (np. z 70 na 60 m), czyli zdarzenia odwzorowujące zachowanie podejmującego atak ptaka drapieżnego. Przy czym nawet w tym wypadku reakcja na drony była odmienna od tej gdy pojawiał się prawdziwy drapieżnik – wówczas ptaki reagowały silniej, płoszyła się większa liczba osobników, ptaki dłużej latały zaniepokojone i przemieszczały się na dalsze odległości (McEvoy et al. 2016).

Badania przeprowadzone na jedenastu gatunkach ptaków (albatrosy, wydryki, pingwiny, petrele i kormorany) zasiedlających południowe obszary okołobiegunowe wykazały, że reakcje behawioralne i fizjologiczne były silnie zróżnicowane zarówno w obrębie poszczególnych gatunków, jak i w odniesieniu do ptaków młodych i dorosłych oraz w zależności od statusu danego osobnika (lęgowy vs. nielęgowy), a także poszczególnych osobników (Weimerskirch et al. 2018). Najważniejszym czynnikiem wpływającym na płoszenie i niepokojenie miała wysokość nalotu – najsilniej ptaki reagowały przy wysokości poniżej 25 m. Reakcje behawioralne najmocniej eksponowane były przez ptaki młodociane i nieleęgowe, co różniło je istotnie od ptaków lęgowych. Mimo ogromnych różnic w zachowaniu pomiędzy ptakami młodymi a dorosłymi, te ostatnie nie wykazy-

wały prawie żadnych reakcji na obecność drona. Badania tętna udowodniły, że ptaki te reagowały fizjologicznie podobnie jak młode, choć słabiej. Ptaki gniazdujące w dużych i średnich koloniach prezentowały znacznie słabsze reakcje na obecności BSP niż osobniki silnie terytorialne i lęgące się w niewielkich otwartych koloniach. Lot na wysokości 50 m powodował brak lub bardzo słabe reakcje behawioralne u wszystkich gatunków, grup wiekowych i bez względu na status lęgowy.

Analiza zachowań ptaków wodno-błotnych w Australii podczas 60 godzin lotów dronem wykazała niewielki wpływ na zachowanie i płoszenie ptaków (Lyons et al. 2017). Badania przeprowadzone w ponad stutysięcznej kolonii lęgowej ibisów żółtoszyich *Threskiornis spinicollis* wykazały nieznaczne negatywne oddziaływanie na zachowanie osobników lęgowych. Inne badania wodnych ptaków kolonijnych, np. śmieszki *Chroicocephalus ridibundus*, czapli siwej *Ardea cinerea* i czapli białej *A. alba*, wskazały jedynie na minimalne płoszenie – od 1% do 7% wysiadujących osobników i niepokojenie ptaków (Sarda-Palomera et al. 2012, Borrelle & 2017, Zbyryt & Menderski 2017). Także zachowania rybitw rzecznych *Sterna hirundo* w czasie dni z użyciem drona i bez lotów nad kolonią lęgową nie wykazywały żadnych istotnych różnic świadczących o zaniepokojeniu (Chabot et al. 2015).

Dulava et al. (2015) pokazali, że w przypadku ptaków wodnych niskie loty BSP w zakresie wysokości 17–27 metrów powodowały ich największe płoszenie i niepokojenie. Drever et al. (2015) zaobserwowali w czasie przeprowadzonych nalotów, że najintensywniej na drona reagowały mewy *Larus* sp., słabiej biegusy zmienne *Calidris alpina*, które po spłoszeniu powracały do żerowania po 1–2 minutach, a z czasem szybko ulegały habituacji i przestawały reagować na BSP. Kaczki nie wykazywały właściwie żadnej reakcji na nadlatującego drona. Także inne blaszkodziobe, jak bernikle kanadyjskie *Branta canadensis* i śnieżyce duże *Anser caerulescens*, nie reagowały ucieczką na obecność BSP (Chabot & Bird 2012). W trakcie badań nad pingwinami białobrewymi *Pygoscelis papau* i pingwinami maskowymi *P. antarcticus* stwierdzono, że przy lotach do wysokości 30 m brak było reakcji fizjologicznych i behawioralnych tych gatunków (Goebel et al. 2015). Jednakże badania na pingwinie białołokim *P. adeliae* dały zupełnie odmienne wyniki – silne zaniepokojenie i brak habituacji na obecność BSP, gwałtowane reakcje na drona znajdującego się nawet na dużych wysokościach, czego nie notowano w przypadku obecności naturalnych drapieżników latających (Rümmeler et al. 2015).

W czasie badań ptaków morskich gnieźdzących się na klifach (mewy i nurzyki *Uria* sp.) zaobserwowano, że tylko 8,5% osobników odlatywało na skutek obecności drona, wśród których 99% stanowiły osobniki niełęgowe (Brisson-Curadeau et al. 2017). Poza tym ptaki wykazywały niskie zdolności do habituacji na drona, ale jego użycie nie miało wpływu na sukces lęgowy, za wyjątkiem miejsc gdzie ptasie drapieżniki podążały za BSP i atakowały gniazda, z których odleciały wysiadujące osobniki. Większość mew opuściła gniazda, ale wracała do nich w czasie około 5 minut.

Ptaki szponiaste

Ptaki szponiaste, poza ptakami wodno-błotnymi, wydają się być grupą szczególnie wrażliwą na niepokojenie i płoszenie przez BSP. Jako pierwsi reakcje ptaków z tej grupy badali Potapov et al. (2013), w odniesieniu do bielików olbrzymich *Haliaeetus pelagicus*. W czasie kontroli gniazd ptaki dorosłe odlatywały bez atakowania drona, a młode pozostawały nieruchome. Szeroko zakrojone badania przeprowadzane przez Junda et al. (2016) na rybołowie *Pandion haliaetus*, bieliku amerykańskim *H. leucocephalus*, myszołowie kró-

lewskim *Buteo regalis* i myszokolwie rdzawosternym *B. jamaicensis* wykazały, że reakcje na drona były uzależnione od indywidualnych cech osobniczych (bardziej agresywne zdradzały wyraźniejsze oznaki zaniepokojenia), ale wszystkie ptaki reagowały najsilniej tuż przy gnieździe. Każdy z gatunków reagował w odmienny sposób, ale ich zachowania były zbliżone do tych wykazywanych w czasie kontroli gniazda przez człowieka. Wyjątek stanowił bielik amerykański, który był bardziej zaniepokojony i agresywny, ale nigdy nie zaatakował urządzenia. Rybołowcy były najbardziej agresywne ze wszystkich badanych gatunków, przy czym najmocniej na etapie wychowywania piskląt. W jednym przypadku na 77 skontrolowanych gniazd tego gatunku, ptak dokonał ataku na BSP, strącając go na ziemię i powodując jego uszkodzenie. Pozostałe gatunki uciekały z gniazda w czasie kontroli przy użyciu drona i latały nad nim do czasu jej zakończenia.

Inne gatunki

Weissensteiner et al. (2015) w czasie inspekcji gniazd wrony siwej z użyciem BSP zaobserwowali, że osobniki dorosłe i młodociane wydają głosy alarmowe, jak w przypadku zagrożenia ze strony naturalnych drapieżników. Lyons et al. (2017) odnotowali, że ptaki wróblowe Passeriformes wykazywały niewielkie reakcje behawioralne na obecność drona.

Uwagi do interpretacji zachowań

Nowe obiekty w powietrzu przypominające lub symulujące obecność drapieżnika (sylwetka) mogą powodować zaniepokojenie ptaków (Tinbergen 1939). Reakcja ta jednak zmienia się z czasem na skutek procesu habituacji (Schleidt et al. 2011). Zaniepokojenie ptaków może być wywołane nie tylko samą obecnością BSP, ale także wytwarzanym przez niego dużym hałasem (Shannon et al. 2015). Jeden z najpopularniejszych dronów wykorzystywanych aktualnie w badaniach, Phantom 4 (DJI), emituje hałas o natężeniu 83 dB, co może przyczynić się do zwiększonego niepokojenia ptaków. Junda et al. (2016) wykazali silną reakcję rybołowców na obecność BSP w czasie inspekcji ich gniazd. W pracy nie zwrócili jednak uwagi na potencjalnie istotny czynnik jaki mógł mieć wpływ na tak agresywne zachowanie rybołowca, a mianowicie poziom hałasu (Trimper et al. 1998). Ostatnie badania dotyczące analizy zachowań śnieżycy dużej na obecność drona wskazują, że prawidłowa ich ocena powinna być bardzo ostrożna i wnikliwa, gdyż ekspresja zachowań może być spowodowana wieloma zmiennymi, które na ogół są niedostrzegane lub pomijane (Barnas et al. 2018). Autorzy badania wskazują na trudności we właściwym odczytywaniu reakcji behawioralnych w związku z możliwością przebywania w okolicy drapieżników nie wykrytych przez operatora drona, czy zdolnością do wcześniejszego wykrywania głośnego dźwięku przez ptaki, a nie bezpośrednią reakcją na widok BSP (reakcja na hałas). Także zmiany w intensywności hałasu, co jest bardziej typowe dla silników benzynowych niż elektrycznych, powodują większe zaniepokojenie ptaków (Mulero-Pázmány et al. 2017), co również należy mieć na uwadze. W związku z powyższym badania z użyciem BSP wymagają precyzyjnego planowania, aby uniknąć nadinterpretacji zachowań niektórych osobników lub gatunków.

Wyniki badań nad wpływem dronów na ptaki nie są jednoznaczne i należy traktować je z pewną dozą ostrożności, gdyż niektóre z nich mogą zawierać błędy interpretacyjne. Dlatego potrzeba więcej badań i eksperymentów, aby zrozumieć jak wykorzystywanie BSP będzie długoterminowo wpływało na awifaunę na różnych obszarach. W wielu przypadkach użycie dronów wydaje się znacznie lepszą alternatywą w badaniach pta-

ków aniżeli klasyczne techniki badania, monitoringu i inwentaryzacji, choćby poprzez zmniejszenie niepokojenia ptaków oraz znacznie krótszy czas prowadzonych kontroli (Zbyryt & Menderski 2017).

Spostrzeżenia autora

Moje doświadczenia z użyciem quadcoptera Phantom 4 wskazują, że ptaki w większości przypadków ignorują to urządzenie w czasie lotu, gdy nie jest on skierowany bezpośrednio w ich stronę, co potwierdzają zaprezentowane powyżej wyniki badań (Mulero-Pázmány et al. 2017). Silnie natomiast na obecność drona reagowały dymówki *Hirundo rustica*, które w obecności BSP wydawały odgłosy zaniepokojenia, takie jak głosy wydawane w przypadku pojawienia się w pobliżu krogulca *Accipiter nisus*. Reakcją taką zaobserwowałem 7 razy, a za każdym razem trwała ona około 5 sekund. Urządzenie to bardzo dobrze sprawdziło się w przypadku inspekcji gniazd bociana białego *Ciconia ciconia*. Jednak na etapie wysiadywania jaj i kilkudniowych piskląt ptaki, mimo bezpośredniego lotu w ich stronę, nie opuszczały gniazda, a nawet nie wstawały w przypadku zawiśnięcia urządzenia około 1 metra nad ich głowami. Tylko kilkukrotne prowokowanie osobnika poprzez lot nad gniazdem powodowało jego wstanie, co pozwalało na zajrzenie do gniazda i kontrolę lęgu. Ptaki wracały do wysiadywania średnio po 12 sekundach. Doświadczenia w czasie kontroli gniazd błotniaka stawowego *Circus aeruginosus* (14 gniazd) wskazują, że gatunek ten w żadnym przypadku nie wykazywał zachowań agresywnych w stosunku do drona. Również przelatujące myszotowy *Buteo buteo* (N=21) i puszczyk *Falco tinnuculus* (N=4) ignorowały obecność BSP. Gawrony *Corvus frugilegus* w kolonii lęgowej zdradzały tylko niewielkie oznaki zaniepokojenia w czasie lotów dronem, co na etapie składania i wysiadywania jaj utrudniało możliwości określenia wielkości zniesienia, pomimo pionowego schodzenia nad głowami wysiadujących osobników do odległości nawet 1 m. Eksperyment z różnymi wysokościami lotów (25, 50, 75, 100 m),



Fot. 1. Inspekcja gniazd bociana białego *Ciconia ciconia* z drona (fot. A. Zbyryt) – Inspection of the White Stork nests from a drone



Fot. 2. Kontrola gniazdujących łabędzi krzykliwych *Cygnus cygnus* pośród bagien (fot. A. Zbyryt) – *Checking of nests of Whooper Swans among marshes*

przy prędkości lotu 25 km/h z użyciem wielowirnikowca Phantom 4, przeprowadzony na stadzie około 350 grążyc potwierdził brak jakiejkolwiek reakcji ptaków na urządzenie na każdej z testowanych wysokości, co jest zgodne z wcześniejszymi obserwacjami dla tej grupy ptaków (Drever et al. 2015). To samo stado wykazało silną reakcję polegającą na spłoszeniu i przemieszczeniu się na odległość około 200 m na widok bielika, a następnie małego samolotu (w obu przypadkach obiekty te znajdowały się na wysokości około 200 m). Ten sam eksperyment z udziałem dwóch stad kaczek *Anas* sp. (kolejno 19 i 5 os.) oraz łabędzi niemych *Cygnus olor* (24 os.) i krzykliwych *C. cygnus* (56 os.) nie wykazał żadnych lub bardzo niewielkie oznaki zaniepokojenia i płoszenia na widok BSP (np. unoszenie głowy, wejście do wody).

Przeprowadzone loty w pobliżu łęgowych czajek *Vanellus vanellus* i kulików wielkich *Numenius arquata* powodowały ich zaniepokojenie i wzbijanie się w powietrze nawet z odległości ponad 200 metrów od drona. Ptaki jednak nie wykazywały typowej reakcji jak na przelatującego drapieżnika, np. kruka *Corvus corax*, wronę siwą *C. cornix* czy błotniaka stawowego, polegającej na jego nękanii i grupowym przeganiu, a jedynie krążyły w powietrzu i wdawały odgłosy zaniepokojenia.

Wykorzystanie dronów w badaniach ornitologicznych

Inwentaryzacja populacji łęgowej

Monitoring populacji łęgowej ptaków ma kluczowe znaczenie w planowaniu skutecznej ich ochrony. Wiele metod ma jednak duże ograniczenia, co jest związane ze znacznym nakładem finansowym i czasowym, szczególnie w przypadku gatunków trudno wykrywalnych lub zasiedlających trudno dostępne siedliska. Drony mogą stanowić bardzo skuteczną metodę monitoringu i inwentaryzacji, znacznie podnosząc jakość zebranych danych. Dotyczy to w szczególności ptaków o dużych i średnich rozmiarach ciała i dużym



Fot. 3. Dron to doskonałe narzędzie do wyszukiwania gniazd czapli białej *Ardea alba* w trzcinowiskach (fot. A. Zbyryt) – *A drone is a perfect tool for searching for the Great Egret nests in reeds*

kontraście w odniesieniu do tła, np. łabędzi czy czapli białych. Poza tym metoda ta jest znacznie mniej czasochłonna i znacząco redukuje płoszenie i niepokojenie ptaków w stosunku do klasycznych metod kontroli, polegających np. na wejściu do kolonii lęgowej i liczeniu gniazd z ziemi (Sarda-Palomera et al. 2012, Zbyryt & Menderski 2017).

Badania ptaków gniazdujących na klifach pokazały, że liczba par lęgowych oceniona z użyciem drona była zbliżona do liczeń z ziemi, ale wykorzystanie drona pozwalało na wykrycie 52% więcej młodych; dobrze kamuflujące się pisklęta były trudno do dostrzeżenia i policzenia z powierzchni ziemi (Brisson-Curadeau et al. 2017). Sarda-Palomera et al. (2012) wykazali, że BSP są bardzo szybką, małoinwazyjną i precyzyjną metodą do określania liczebności kolonii śmieszki. Badania w kolonii rybitw żółtodziobych *Thalasseus bergii* udowodniły, że liczenia z wykorzystaniem drona pozwalają na uzyskanie podobnych lub wyższych wyników w porównaniu do badań wykonanych metodą liczeń naziemnych i powodują ich mniejszą kumulatywną zmienność (Hodgson et al. 2016). Chociaż metoda ta nie zapewniała większej dokładności oszacowania liczebności, to zwiększała jednak moc testów statystycznych w celu lepszego określania trendów populacyjnych. Autorzy ci zalecają tę metodę w programach monitoringowych (Hodgson et al. 2016).

Liczenia dużej kolonii rybitwy rzecznej *Sterna hirundo* (powyżej 6 000 gniazd) z wykorzystaniem BSP wykazały, że uzyskana w ten sposób liczebność gniazd stanowiła 93–96% wartości uzyskanych podczas liczenia z ziemi (Chabot et al. 2015). Główną przyczyną zaniżania liczby par był słaby kontrast wysiadujących ptaków w stosunku do tła, w tym przypadku jasnych partii obumarłych roślin oraz silne oświetlenie słoneczne. Natomiast w przypadku kolonii rybitwy żółtodziobej liczącej około 1 000 par wykazano, że rozpoznawanie wysiadujących ptaków ze zdjęć wykonanych z BSP, niezależnie od wysokości, z pomocą programów do rozpoznawania pikseli i specjalnych algorytmów uczących, dało znacznie większą dokładność niż liczenia naziemne (Hodgson et al. 2018). Liczebność kolonii określona za pomocą ręcznego liczenia wysiadujących osobników ze zdjęć i z wykorzystaniem programów komputerowych była bardzo zbliżona, jednak ta druga metoda zajmowała znacznie mniej czasu.

Jednym z najnowszych testowanych pomysłów jest próba oceny liczebności ptaków lęgowych z wykorzystaniem metody punktowej, polegająca na rejestrowaniu głosów ptaków za pomocą drona zaopatrzonego w urządzenie do nagrywania dźwięków (Wilson et al. 2017). Porównanie wyników liczenia ptaków przez człowieka i z BSP dało zbliżone wyniki w każdym z badanych punktów. Istotne niedoszacowanie dotyczyło jedynie gatunków, których śpiew cechują bardzo niskie częstotliwości oraz występujących w bardzo dużych zagęszczeniach. Największym utrudnieniem przy stosowaniu tego typu metody był hałas powodowany przez drona. Autorzy badań sugerują jednak, że szybki rozwój technologii pozwoli w najbliższym czasie na wyeliminowanie tego problemu. Metoda ta może okazać się przełomem w monitoringu bioakustycznym ptaków zasiedlających trudno dostępne tereny, np. rozległe obszary wodno-błotne. Jednym z wyzwań jakie stoi przed ornitologami w naszym kraju jest próba oceny populacji lęgowej wodniczki *Acrocephalus paludicola* na bagnach biebrzańskich z wykorzystaniem tej metody.

Badanie sukcesu lęgowego

Badania nad wroną siwą wykazały, że drony stanowią dobrą alternatywę w przypadku kontroli stanu zasiedlenia gniazd, liczby młodych i stopnia zaawansowania rozwoju piskląt (Weissensteiner et al. 2015). W porównaniu do tradycyjnego sposobu kontroli gniazd, polegającego na wspinaniu się na drzewa, pozwala ona na oszczędność do 85% czasu, nie niszczy drzew i wyklucza możliwość kontuzji lub śmierci człowieka na skutek upadku. Badania z wykorzystaniem BSP pozwoliły również na zbadanie przestrzennych i czasowych czynników wpływających na dynamikę formowania się kolonii lęgowej oraz sukces lęgowy śmieszki (Sarda-Palomera et al. 2017). Drony są również bardzo dobrym narzędziem do inspekcji gniazd wielu gatunków ptaków drapieżnych (Potapova et al. 2013, Junda et al. 2015). Metoda ta jest skuteczna w przypadku badania sukcesu lęgowego czapli siwej i białej, gdyż ptaki, mimo że nie opuszczają zazwyczaj gniazd, wstają, ukazując wielkość zniesienia, natomiast w przypadku gawrona okazała się bardzo problematyczna ze względu na małą płochliwość wysiadujących osobników (A. Zbyryt, obs. własne).



Fot. 4. Monitoring sukcesu lęgowego czapli siwej *Ardea cinerea* (fot. A. Zbyryt) – Monitoring of the breeding success of the Grey Heron

Badanie siedlisk wykorzystywanych przez ptaki

Drony wykorzystywane były z dużym powodzeniem do monitorowania i wykrywania siedlisk ptaków, np. przybrzeżnych zatok zajmowanych przez stada zimujących ptaków wodno-błotnych (Drever et al. 2015), biotopów zagrożonych gatunków, np. bączka amerykańskiego *Ixobrychus exilis* (Chabot & Bird 2013) i oceny wybiórczości siedliskowej żerujących puszczyk *Falco naumanni* (Rodríguez et al. 2012). BSP wykorzystywano również do mapowania siedlisk dubelta *Gallinago media* na obszarze Natura 2000 OSO Dolina Górnej Narwi (PLB200007) w ramach projektu Life+ realizowanego przez Polskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (PTOP, dane własne).

Monitoring populacji przelotnej i zimującej

Dotychczasowe badania wskazują, że drony mogą być z dużym powodzeniem wykorzystywane do badania liczebności populacji zimujących i przelotnych ptaków wodno-błotnych o dużych rozmiarach ciała (Chabot & Bird 2012, Drever et al. 2015). W niektórych przypadkach metoda ta wymaga zachowania ostrożności, gdyż jak wykazano na przykładzie bernikli kanadyjskiej ocena jej liczebności z wykorzystaniem BSP prowadziła do заниżenia jej liczebności nawet do 30% w porównaniu do liczenia prowadzonego z ziemi (Chabot & Bird 2012). Natomiast w przypadku śnieżycy dużej użycie drona pozwoliło na wykrycie nawet o 60% osobników więcej. Różnice te wynikały głównie z różnic w kontraście obu gatunków w stosunku do podłoża (niskiego u bernikli i dużego u śnieżycy).

Monitoring pierzowisk

W przypadku trudno dostępnych pierzowisk ptaków blaszkodziobych, zwłaszcza o dużym kontraście upierzenia, jak np. łabędzie, BSP dają możliwość zebrania bardziej precyzyjnych informacji dzięki możliwości wykrywania osobników przebywających w gęstej roślinności.

Potrzeba dalszych badań reakcji ptaków na drony

Nadal brakuje wystarczającej wiedzy na temat reakcji wielu grup ptaków na drony lub jest ona niejednoznaczna. Dotychczasowe badania skupiają się głównie na ptakach wodno-błotnych i drapieżnych, jako potencjalnie najbardziej wrażliwych. Brakuje danych dotyczących małych ptaków wróblowych, które mogą potencjalnie postrzegać BSP jako poważne zagrożenie. Drony mogą być bardzo przydatnym narzędziem w monitorowaniu sukcesu lęgowego wielu rzadkich gatunków ptaków, których duże gniazda są łatwo widoczne z powietrza (położone na szczycie koron drzew lub na półkach skalnych), np. bielika, orła przedniego *Aquila chrysaetos*, orlika krzykliwego *Clanga pomarina*, orlika grubodziobego *C. clanga*, sokoła wędrownego *F. peregrinus*, bociana czarnego *Ciconia nigra*). Przed podjęciem takich prób należałoby zbadać reakcje ptaków dorosłych na BSP oraz jego ewentualny wpływ na sukces lęgowy.

Ochrona czynna

Wyszukiwanie gniazd przed rozpoczęciem prac rolnych

Metoda ta nawet przy wykorzystaniu kamer o dużej rozdzielczości nadaje się wyłącznie do wyszukiwania gniazd ptaków o średnich lub dużych rozmiarach ciała lub o dużym skontrastowaniu upierzenia z otoczeniem. W celu poprawy jej skuteczności można zastosować kamery termowizyjne, których skuteczność wykazano na przykładzie lęgów

czajki. To rozwiązanie pozwoliło wykryć 93% wszystkich gniazd, dzięki czemu można było ochronić je przed zniszczeniem na skutek wykonywanych prac polowych (Israel & Reinhard 2017). Zniesienia czajek są doskonale wykrywalne z wysokości 40 m, a sama kontrola przebiega bardzo szybko, co zwiększa jej efektywność. W celu lepszej widoczności (kontrastu) zniesień na zdjęciach termowizyjnych zaleca się ich wykonywanie w czasie pochmurnej i cieplej pogody. Z dużym prawdopodobieństwem metodę tę można również implementować do wyszukiwania gniazd innych gatunków ptaków łąkowych, np. rycyka *Limosa limosa* czy kulika wielkiego, przed rozpoczęciem koszenia. Trwają badania nad automatycznym rozróżnianiem żywych organizmów na podstawie powietrznych zdjęć termowizyjnych (Christiansen et al. 2014), co może przyczynić się do szybszego rozwoju tej metody i sprawić, że będzie bardziej skuteczna.

Kontrola stanu gniazd i piskląt

Zastosowanie BSP do kontroli stanu gniazd i piskląt dotyczy zwłaszcza bociana białego, który z racji gniazdowania w pobliżu człowieka podlega stałemu monitoringowi przez okolicznych mieszkańców. Wszelkie problemy związane z młodymi, np. zaplątanie się w sznurek czy padnięcie, zgłaszane są do służb ochrony przyrody i organizacji pozarządowych zajmujących się ochroną ptaków. Wstępne oględziny gniazda przed podjęciem jakichkolwiek dalszych, często kosztownych kroków (np. wynajęcie samochodu z podnośnikiem), powinny być weryfikowane za pomocą BSP, gdyż jak pokazuje doświadczenie wiele tego typu interwencji jest nieuzasadnionych (A. Zbyryt – obs. własne). Wynika to z błędnej interpretacji stanu faktycznego przez osoby zgłaszające problem, a nie z istniejącego rzeczywiście zagrożenia, które trudno zweryfikować z poziomu gruntu. Dużym problemem są także zawiadomienia o osobnikach, które nie chcą opuścić gniazda ze względu na potencjalne osłabienie. Zastosowanie drona pozwala sprowokować ptaka do opuszczenia gniazda w obecności osób zgłaszających problem, wskazując jednocześnie na dobrą kondycję ptaków. Działanie takie ma również duży walor edukacyjny (A. Zbyryt – obs. własne).

Montaż wizualnych znaczników na linie elektroenergetyczne

Kolizje ptaków z przewodami linii elektroenergetycznych mogą stanowić poważny problem dla wielu populacji ptaków (Bernardino et al. 2018). Jednym z rozwiązań mającym na celu ograniczenie tego negatywnego zjawiska jest montaż wizualnych znaczników na przewody odgromowe, np. kul lub obrotowych tabliczek odblaskowych FireFly montowanych na linach średniego i wysokiego napięcia. Zawieszanie tych elementów wiąże się zawsze z czasowym wyłączeniem sieci, którego koszt przy liniach 110 kV może wynosić od kilkudziesięciu do kilkuset tysięcy złotych. W celu ograniczenia kosztów i narażania ludzi na utratę życia lub zdrowia od kilku lat stosuje się w naszym kraju metodę zawieszania obrotowych tabliczek odblaskowych za pomocą drona – np. na fragmencie linii SN 15 kV Ostróda-Gietrzwałd (https://www.youtube.com/watch?v=zBYbJBjw_Aw), linii SN w okolicach Lipska nad rzeką Biebrzą w Biebrzańskim Parku Narodowym i w pobliżu miejscowości Wizna na rzeką Narew.

Monitoring obiektów planowanych do termomodernizacji

Drony mogą być bardzo wydajnym i praktycznym narzędziem wykorzystywanym do wyszukiwania i kontroli gniazd ptasich znajdujących się na wysokich budynkach planowanych do termomodernizacji. Dotyczy to szczególnie tych obiektów, do których nie ma dostępu z zewnątrz, np. gniazd pustulek zlokalizowanych w otworach na ścianach wyso-

kich budynków. Przydatność tych urządzeń w wyszukiwaniu gniazd innych, mniejszych gatunków, jak wróble czy mazurki, wymaga weryfikacji.

Zwalczanie kłusownictwa

BSP są wykorzystywane do zwalczania kłusownictwa w wielu krajach afrykańskich (Schiffman 2014). Problem ten na terenie naszego kraju w odniesieniu do ptaków jest raczej marginalny. Jednakże i tutaj drony mogą w niektórych przypadkach stać się bardzo przydatnym narzędziem, np. do patrolowania dużych obszarów w celu wyszukiwania pułapek na ptaki szponiaste (głównie jastrzębie *Accipiter gentilis*) czy trudno dostępnych miejsc na obszarze parków narodowych (obszary wodno-błotne), gdzie problemem jest nielegalny połów ryb. Obecność kłusowników może powodować płoszenie i niepokojenie ptaków, przyczyniając się do zwiększania strat w lęgach oraz powodować zmniejszenie bazy żerowej.

Kolizje ptaków z dronami

W literaturze brakuje aktualnie analizy tego problemu, a jedyne dostępne dane dotyczą pojedynczych doniesień na ten temat (Junda et al. 2016). Dokonana przeze mnie na potrzeby niniejszego artykułu analiza ponad 17 nagrań zamieszczonych na kanale YouTube wskazuje, że w odniesieniu do różnych grup ptaków kolizje dotyczą głównie ptaków szponiastych (N=6; 35%), a do kolizji dochodzi nie na skutek bezpośredniego zderzenia, ale w wyniku strącenia BSP przez atakującego ptaka (atak vs. zderzenie: N=15; 88% vs. 2; 12%). Poza tym dochodzi do nich przeważnie w okresie lęgowym, ale może to wynikać z powszechniejszego wykorzystania dronów w tym okresie. W mniejszym stopniu kolizje dotyczą wpadnięcia stada ptaków na drona, a jeszcze rzadziej – kolizji z pojedynczym osobnikiem. Interesujący jest fakt, że zgodnie z ogólną zasadą bezpieczeństwa przyjmowaną przez wszystkich pilotów statków powietrznych, w tym BSP, w przypadku lotu kolizyjnego należy uciekać w prawo i w dół, ruch ten może posiadać ewolucyjne uzasadnienie. Badania na papużkach falistych *Melopsittacus undulatus* wykazały, że w przypadku kolizyjnego lotu każdy z osobników ucieka w prawą stronę (Schiffner et al. 2016).

Podsumowanie

Drony niosą ogromne możliwości w zakresie badań i ochrony przyrody, w tym ptaków, ale także nie do końca jeszcze zrozumiałe i w pełni rozpoznane zagrożenia. W oparciu o dane z szybko rosnącej liczby publikacji można stwierdzić, że wpływ BSP na ptaki, przy zachowaniu pewnych standardów i wytycznych, jest niewielki. Do najważniejszych zaleceń należą:

- bezpieczeństwo badanych ptaków powinno być na pierwszym miejscu, dlatego przed rozpoczęciem lotów należy dobrze zaplanować metodykę, dobrać rodzaj sprzętu i opracować trasy przelotu, aby ograniczyć do minimum potencjalny negatywny wpływ dronów na awifaunę,
- na potrzeby badań należy stosować sprzęt o dobrych parametrach z optyką umożliwiającą wykonanie nagrań i zdjęć w jak najlepszej jakości. W przypadku lotów realizowanych w pobliżu badanych ptaków należy stosować drony wyposażone w systemy antykolizyjne,
- w ramach badań prowadzonych na niedużym obszarze i w bliskiej odległości od obserwatora należy stosować wielowirnikowce o napędzie elektrycznym,

- loty należy prowadzić na jak największej wysokości dającej możliwość zebrania materiałów odpowiedniej jakości przy jednoczesnym maksymalnym ograniczeniu płoszenia i niepokojenia ptaków (najlepiej powyżej 50 m). Na rynku dostępne są aktualnie kamery z zoomem do 30x (<https://www.droney.net/zenmuse-z30-dji.html>), i choć są one obecnie bardzo kosztowne, to ich wykorzystanie może jeszcze bardziej ograniczać negatywny wpływ dronów na ptaki dzięki możliwości prowadzenia wysokich lotów (kamery te wymagają jednak użycia cięższych i większych BSP),
- należy wykonywać loty z prędkością do 10 km/h oraz ograniczać naloty pod kątem 90°, a także unikać gwałtownych zmian wysokości w czasie lotu (symulujących atak ptaka drapieźnego),
- w związku z tym, że BSP stanowią szybką i stosunkowo tanią metodę badania ptaków lęgowych, dając często dokładniejsze wyniki i znacznie ograniczając płoszenie i niepokojenie ptaków w stosunku do klasycznych metod, należy dążyć do ich standardowego wykorzystania w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w przypadku niektórych gatunków, np. łabędzia krzykliwego, czapli siwej (populacje gniazdujące w trzcinowiskach lub w koloniach mieszanych z czapłą białą), błotniaka stawowego, żurawia *Grus grus* (pary gniazdujące na otwartych terenach podmokłych), śmieszki, rybitwy rzecznej czy rybitwy czarnej *Chlidonias niger*.

Summary: The impact of drones on birds and their application in ornithological research and conservation. The paper presents a review of the literature and the author's experience on the impact of drones on birds, as well as examples of the use of drones in ornithological research and conservation. Examples of the potential use of drones in research have been presented, and basic guidelines have been proposed. The problem of bird collisions with drones has been discussed on the basis of available recordings from the web portal YouTube.

Literatura

- Anderson K., Gaston K.J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Front. Ecol. Environ.* doi:10.1890/120150
- Barnas A., Newman R., Felege C.J., Corcoran M.P., Hervey S.D., Stechmann T.J., Rockwell R.F., Ellis-Felege S.N. 2018. Evaluating behavioral responses of nesting lesser snow geese to unmanned aircraft surveys. *Ecol. Evol.* 8: 1328–1338.
- Bernardino J., Bevanger K., Barrientos R., Dwyere J.F., Marquesa A.T., Martins R.C., Shaw J.M., Silva J.P., Moreira F. 2018. Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biol. Conserv.* 222: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.029>
- Borrelle S.B., Fletcher A.T. 2017. Will drones reduce investigator disturbance to surface-nesting seabirds? *Mar. Ornithol.* 45: 89–94.
- Bregnballe T., Speich C., Horsten A., Fox A.D. 2009. An experimental study of numerical and behavioural responses of spring staging dabbling ducks to human pedestrian disturbance. *Wildfowl Special Issue 2*: 131–142.
- Brisson-Curadeau É., Bird D., Burke C., Fifield D.A., Pace P., Sherley R.B., Kyle H., Elliott K.H. 2017. Seabird species vary in behavioural response to drone census. *Scientific Reports* 7, 17884. doi:10.1038/s41598-017-18202-3
- Chabot D., Bird D.M. 2012. Evaluation of an off-the-shelf unmanned aircraft system for surveying flocks of geese. *Waterbirds* 35: 170–174. doi: 10.1675/063.035.0119
- Chabot D., Bird D.M. 2015. Wildlife research and management methods in the 21st century: Where do unmanned aircraft fit in? *J. Unmanned Veh. Syst.* 3: 137–155. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0021>
- Chabot D., Bird, D.M. 2013. Small unmanned aircraft: precise and convenient new tools for surveying wetlands. *J. Unmanned Veh. Syst.* 1: 15–24. [dx.doi.org/10.1139/juvs-2013-0014](https://doi.org/10.1139/juvs-2013-0014)

- Chabot D., Craik S.R., Bird D.M. 2015. Population Census of a Large Common Tern Colony with a Small Unmanned Aircraft. *PLoS ONE* 10(4): e0122588. doi:10.1371/journal.pone.0122588
- Christiansen P., Steen K.A., Jørgensen R.N., Karstoft H. 2014. Automated detection and recognition of wildlife using thermal cameras. *Sensors (Basel)* 14 (8):13778–93. doi: 10.3390/s140813778
- Drever M.C., Chabot D., O'Hara P.D., Thomas J.D., Breault A., Millikin R.L. 2015. Evaluation of an unmanned rotorcraft to monitor wintering waterbirds and coastal habitats in British Columbia, Canada. *J. Unmanned Veh. Syst.* 3: 256–267. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0019>
- Dulava S., Bean W.T., Richmond O.M.W. 2015. Applications of Unmanned Aircraft Systems (UAS) for waterbird surveys. *Environ. Pract.* 17: 201–210. doi: 10.1017/S1466046615000186
- Goebel M.E., Perryman W.L., Hinke J.T., Krause D.J., Hann N.A., Gardner S., LeRoi D.J. 2015. A small unmanned aerial system for estimating abundance and size of Antarctic predators. *Polar Biol.* 38: 619–630. doi: 10.1007/s00300-014-1625-4.
- Hardin P.J., Jensen R.R. 2011. Small-scale unmanned aerial vehicles in environmental remote sensing: challenges and opportunities. *GISci Remote Sens* 48: 99–111.
- Hodgson J.C., Baylis S.M., Mott R., Herrod A., Clarke R.H. 2016. Precision wildlife monitoring using unmanned aerial vehicles. *Scientific Reports* 6: 22574. doi:10.1038/srep22574
- Hodgson J.C., Mott R., Baylis S.M., Pham T.T., Wotherspoon S., Kilpatrick A.D., Segaran R.R., Reid I., Terauds A., Koh L.P. 2018. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods Ecol. Evol.* 1: 1–19. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12974>
- IBRKK 2017. Rynek dronów w Polsce w badaniach Fundacji Instytut Mikromakro i IBRKK - PIB. Fundacja Instytut Mikromakro. Instytut Badań Rynku, Konsumpcji i Koniunktur – Państwowy Instytut Badawczy. Dostęp: 31.03.2018 r. <http://ibrkk.pl/images/dokumenty/Analiza-rynku-dronw-2017.pdf>
- Israel M., Reinhard A. 2017. Detecting nests of lapwing birds with the aid of a small unmanned aerial vehicle with thermal camera. 2017 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 1199–1207.
- Joshi D. 2017. Here are the world's largest drone companies and manufacturers to watch and invest in. <http://www.businessinsider.com/top-drone-manufacturers-companies-invest-stocks-2017-07?IR=T>
- Junda J., Greene E., Bird D.M. 2015. Proper flight technique for using a small rotary-winged drone aircraft to safely, quickly, and accurately survey raptor nests. *J. Unmanned Veh. Syst.* 3: 222–236. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0003>
- Lyons M., Brandis K., Callaghan C., McCann J., Mills C., Ryall S., Kingsford R. 2017. Bird interactions with drones, from individuals to large colonies. doi: <http://dx.doi.org/10.1101/109926>
- Madsen J. 1995. Impacts of disturbance on migratory waterfowl. *Ibis* 137: 67–74.
- McEvoy J.F., Hall G.P., McDonald P.G. 2016. Evaluation of unmanned aerial vehicle shape, flight path and camera type for waterfowl surveys: disturbance effects and species recognition. *PeerJ* 4, e1831.
- Michel A.H., Gettinger D. 2018. Drone Year in Review: 2017. Center for the Study of the Drone at Bard College. <http://dronecenter.bard.edu/drone-year-in-review-2017/>
- Mulero-Pázmány M., Jenni-Eiermann S., Strebel N., Sattler T., Negro J.J., Tablado Z. 2017. Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review. *PLoS ONE* 12(6): e0178448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178448>
- Potapov E., Utekhina I., McGrady M., Rimlinger D. 2013. Usage of UAV for Surveying Steller's Sea Eagle Nests. *Raptors Conservation* 27: 253–260.
- Rodríguez A., Negro J.J., Mulero M., Rodríguez C., Hernández-Pliego J., Bustamante J. 2012. The Eye in the Sky: Combined Use of Unmanned Aerial Systems and GPS Data Loggers for Ecological Research and Conservation of Small Birds. *PLoS ONE* 7:12, e50336.
- Rümmler M.-C., Mustafa O., Maercker J., Peter H.-U., Esefeld J. 2015. Measuring the influence of unmanned aerial vehicles on Adélie penguins. *Polar Biol.* 39: 1329–1334.
- Sarda-Palomera F., Bota G., Viñolo C., Pallarés O., Sazatornil V., Brotons L., Gomáriz S., Sarda F. 2012. Fine-scale bird monitoring from light unmanned aircraft systems. *Ibis* 154: 177–183.

- Sarda-Palomera F., Bota G., Padilla N., Brotons L., Sarda F. 2017. Unmanned aircraft systems to unravel spatial and temporal factors affecting dynamics of colony formation and nesting success in birds. *J. Avian Biol.* 48: 1273–1280. <https://doi.org/10.1111/jav.01535>
- Schiffman R. 2014. Drones Flying High as New Tool for Field Biologists. *Science* 6183: 459. DOI: 10.1126/science.344.6183.459
- Schiffner I., Perez T., Srinivasan M.V. 2016. Strategies for Pre-Emptive Mid-Air Collision Avoidance in Budgerigars. *PLoS ONE* 11 (9): e0162435. doi:10.1371/journal.pone.0162435
- Schleidt W., Shalter M.D., Moura-Neto H. 2011. The hawk/goose story: the classical ethological experiments of Lorenz and Tinbergen, revisited. *J. Comp. Psychol.* 125: 121–133. DOI 10.1037/a0022068.
- Shannon G., McKenna M.F., Angeloni L.M., Crooks K.R., Fristrup K.M., Brown E., Warner K.A., Nelson M.D., White C., Briggs J.P., McFarland S., Wittemyer G. 2015. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biol. Rev.* 91: 982–1005. <https://doi.org/10.1111/brv.12207>
- Stankowich T., Blumstein D.T. 2005. Fear in animals: a meta-analysis and review of risk assessment. *Proc R Soc. Biol. Sci.* 272: 2627–34. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3251>
- Tinbergen N. 1939. Why do birds behave the way they do? *Bird Lore* 41: 23–30.
- Trimper P.G., Standen, N.M., Lye L.M., Lemon D., Chubbs T.E., Humphries G.W. 1998. Effects of low-level jet aircraft noise on the behaviour of nesting osprey. *J. Appl. Ecol.* 35: 122–130. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.00290.x>
- Vas E., Lescroël A., Duriez O., Boguszewski G., Grémillet D. 2015 Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines. *Biol. Lett.* 11: 20140754. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2014.0754>
- Weimerskirch H., Prudor A., Schull Q. 2018. Flights of drones over sub-Antarctic seabirds show species- and status-specific behavioural and physiological responses. *Polar Biol.* 41: 259–266. <https://doi.org/10.1007/s00300-017-2187-z>
- Weissensteiner M.H., Poelstra J.W., Wolf J.B.W. 2015. Low-budget ready-to-fly unmanned aerial vehicles: An effective tool for evaluating the nesting status of canopy-breeding bird species. *J. Avian Biol.* 46: 425–430. <https://doi.org/10.1111/jav.00619>
- Wilson A.M., Barr J., Zagorski M. 2017. The feasibility of counting songbirds using unmanned aerial vehicles. *Auk* 134: 350–362. <https://doi.org/10.1642/Auk-16-216.1>
- Zawadzak M. 2018. Statystyki UAVO 2013–2017. Dostęp: 31.03.2018 r. <http://www.swiatdronow.pl/statystyki-uavo-2013-2017>
- Zbyryt A., Menderski S. 2017. Wskazówki metodyczne do inwentaryzacji gniazd czapli siwej *Ardea cinerea* i czapli białej *A. alba* w koloniach lęgowych. *Ornis Pol.* 58: 197–202.

Adam Zbyryt

Polskie Towarzystwo Ochrony Ptaków
Ciepła 17, 15-471 Białystok
adam.zbyryt@wp.pl