

Biologia lęgowa bączka *Ixobrychus minutus* w warunkach stawów rybnych

Breeding biology of Little Bittern *Ixobrychus minutus*
in a fishpond habitat

Adam Flis



Kraków, 2022

Autor:

mgr inż. Adam Flis

Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk
al. Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków

Promotor:

dr hab. Robert Gwiazda, prof. IOP PAN

Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk
al. Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków

Spis treści

Spis publikacji	4
Finansowanie badań.....	5
Podziękowania	6
Streszczenie	7
Summary	8
Wstęp	9
Cele i hipotezy badawcze	11
Teren badań	14
Metody	15
Wyniki.....	18
Weryfikacja hipotez.....	22
Podsumowanie.....	24
Literatura	25
Artykuł 1	30
Artykuł 2	54
Artykuł 3	55
Artykuł 4	56
Artykuł 5	57

Spis publikacji

1. **Flis A.**, Skórka P., Król W. (202x) Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding on fishponds in south-eastern Poland. Journal of Ornithology: submitted
(IF = 1.745, 140 pkt MEiN)
2. **Flis A.** (2016) Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. Polish Journal of Ecology 64 (2): 268-276, DOI: 10.3161/15052249PJE2016.64.2.010
(IF = 0.431, 40 pkt MEiN)
3. **Flis A.**, Gwiazda R. (2018) Diet and feeding of nestling Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at fishponds: testing a new method for studying a difficult-to-monitor species. Bird Study 65 (2): 257-260, DOI: 10.1080/00063657.2018.1446128
(IF = 0.819, 70 pkt MEiN)
4. **Flis A.**, Gwiazda R., Krztoń W. (2020) Sex differences in Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* parental care: a pilot study. Bird Study 67 (3): 393-397,
DOI: 10.1080/00063657.2020.1863334
(IF = 0.819, 70 pkt MEiN)
5. **Flis A.** (202x) Vocal Activity of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) during the Breeding Season. Waterbirds: artykuł zaakceptowany do druku
(IF = 0.534, 70 pkt MEiN)

Finansowanie badań

Badania były częściowo finansowane przez Instytut Ochrony Przyrody PAN w Krakowie w ramach dotacji dla młodych pracowników naukowych oraz uczestników studiów doktoranckich.

Podziękowania

W szczególności dziękuję Agacie za nieopisaną pomoc i motywację do pracy, bez których przygotowanie tej rozprawy doktorskiej byłoby niemożliwe.

Dziękuję Rodzicom za olbrzymie wsparcie w dążeniu do wyznaczonego celu.

Za poświęcony czas oraz opiekę merytoryczną, wyrazy wdzięczności kieruję do Promotora dr hab. Roberta Gwiazdy.

Serdecznie dziękuję wszystkim koleżankom i kolegom z Instytutu Ochrony Przyrody PAN za wszystkie dobre słowa, pomocne komentarze i sugestie na wielu etapach przygotowywania tej rozprawy.

Streszczenie

Głównymi czynnikami determinującymi wielkość populacji wielu gatunków ptaków i ich przyszły sukces lęgowy są dostępność odpowiednich siedlisk oraz zasobna baza pokarmowa. Dostępność siedlisk podmokłych, czyli jednych z najbardziej zagrożonych na degradację obszarów na świecie, sprzyja występowaniu różnych gatunków ptaków wodno-błotnych. W zmieniającym się środowisku niektóre z tych gatunków wykazują większą plastyczność środowiskową, zmieniając swoje preferencje siedliskowe i zasiedlając obszary stworzone przez człowieka, np. stawy rybne. Prowadzenie badań naukowych nad gatunkami ptaków w zmienionych i stworzonych przez człowieka siedliskach przyczynia się do ich lepszej ochrony.

Celem rozprawy doktorskiej było zbadanie wybranych aspektów biologii lęgowej bączka *Ixobrychus minutus*, słabo poznanego gatunku czapli. Badania przeprowadzone w latach 2010–2013 na stawach rybnych położonych w Parku Krajobrazowym Lasy Janowskie (południowo-wschodnia Polska) obejmowały zagadnienia dotyczące szczegółowych preferencji siedliskowych, diety i częstotliwości karmienia piskląt, międzyptociowych różnic w opiece nad lęgiem oraz aktywności głosowej samca w trakcie sezonu lęgowego. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że: 1) bączek wybiera siedlisko lęgowe na podstawie jakości płata roślinności szuwarowej, tj. o odpowiedniej wysokości, szerokości i powierzchni; 2) parametry siedliskowe dla gniazd lęgowych (breeding nest) i niełgowych (mock nest) częściowo różnią się między sobą; 3) bączek jest oportunistą pokarmowym korzystającym z najbardziej dostępnego źródła pokarmu; 4) zarówno samiec jak i samica mają duży wkład rodzicielski w opiekę nad lęgiem; 5) samiec bączka wykazuje najwyższą aktywność wokalną przed wschodem i zachodem słońca.

Przeprowadzone badania przyczyniły się do poszerzenia wiedzy na temat biologii lęgowej bączka, a uzyskane wyniki mają znaczenie praktyczne i mogą być wykorzystane w przyszłych badaniach naukowych, monitoringu populacji lub czynnej ochronie gatunku.

Summary

The most important factors determining the population size of many bird species and their future breeding success are the availability of suitable habitat and an abundant food supply. The availability of wetlands, which are among the most threatened areas in the worldwide, influences the occurrence of various waterbirds. In a changing environment, some of these habitat specialists show greater environmental plasticity, changing their habitat preferences and colonising man-made areas such as fishponds. The scientific study of bird species in modified and man-made habitats contributes to their better conservation.

The aim of the dissertation was to investigate selected aspects of the breeding biology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus*, a little-known heron species. The study was conducted between 2010 and 2013 at fishponds located in the Lasy Janowskie Landscape Park (south-eastern Poland). The scientific questions of this work concerned the specific habitat preferences, diet and feeding frequency of nestlings, intersexual differences in parental care and vocal activity of male during the breeding season. Based on the results obtained, it was concluded that: 1) the Little Bittern selects breeding habitat based on the quality of emergent vegetation patches of appropriate height, width and surface area; 2) habitat parameters for breeding and non-breeding nests (mock nest) differ to some extent; 3) the Little Bittern is a food opportunist using the most available food source; 4) both males and females have a large parental contribution to brood care; 5) the male Little Bittern shows the highest vocal activity before sunrise and sunset.

The study has contributed to a better knowledge of the breeding biology of the Little Bittern. The results obtained are of practical importance and can be used for future scientific research, population monitoring or active conservation of this species.

Wstęp

Prowadzenie badań naukowych nad gatunkami ptaków zasiedlającymi różne siedliska znacząco zwiększa wiedzę ogólną na temat ich ekologii oraz przyczynia się do ich lepszej ochrony (Sutherland et al. 2004). Dostępność odpowiednich siedlisk oraz zasobna baza pokarmowa są jednymi z kluczowych czynników determinujących wielkość populacji wielu gatunków ptaków i ich przyszły sukces lęgowy (Newton 2013). Występowanie różnych gatunków ptaków wodno-błotnych w dużej mierze zależy od dostępności odpowiednich siedlisk podmokłych, czyli jednych z najbardziej zagrożonych i wrażliwych na degradację obszarów na świecie (Semlitsch & Bodie 1998; Leibowitz 2003; Davidson 2014; Amano et al. 2018). Obecnie niektóre z tych gatunków wykazują większą plastyczność środowiskową i mogą zasiedlać również różne siedliska pochodzenia antropogenicznego np. zbiorniki pokopalniane, zwirownie lub stawy rybne (Santoul et al. 2009; Kloskowski et al. 2010; Sebastián-González et al. 2010; Ledwoń et al. 2014; Pérez-García et al. 2014). W Europie Środkowej wiele dużych kompleksów stawów rybnych wyglądem przypomina półnaturalny ekosystem, który jest cennym i bogatym w pokarm siedliskiem dla wielu gatunków ptaków rybożernych, w tym również dla licznych populacji czapli (Polak & Kasprzykowski 2009; Wilk et al. 2010; Flis 2013; Kasprzykowski & Goławski 2014; Filipiuk 2018; Trnka 2020).

Bączek *Ixobrychus minutus* jest jednym z najmniejszych przedstawicieli rodziny czaplowatych Ardeidae (Kushlan & Hancock 2005). Nominatywny podgatunek bączka *I. minutus minutus* jest dalekodystansowym migrantem gniazdującym głównie w Europie i zachodniej Azji, a zimującym w Afryce (Voisin 1991; EBCC 2022). Bączek, pomimo szerokiego zasięgu występowania, nie jest gatunkiem liczny. Według Czerwonej Księgi Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody (IUCN) jest gatunkiem najmniejszej troski (kategoria LC), a liczebność populacji europejskiej szacuje się na 171 000 – 301 000 dorosłych osobników (BirdLife International 2021, 2022). Według Czerwonej listy ptaków Polski bączek jest gatunkiem niedostatecznie rozpoznany (kategoria DD), a jego populację szacuje się na 2 600 dorosłych osobników (Wilk et al. 2020). Głównym zidentyfikowanym zagrożeniem dla bączka są wszelakie zmiany w naturalnym środowisku, np. osuszanie terenów podmokłych, które skutkują zanikiem miejsc lęgowych (Kushlan & Hafner 2000; Zawadzka et al. 2013). Z drugiej strony, bączek jest gatunkiem plastycznym, wykazującym dużą tolerancję środowiskową i oprócz naturalnych siedlisk, tj. zalanych dolin rzecznych czy eutroficznych jezior, równie chętnie zasiedla sztuczne siedliska, takie jak: stawy rybne, glinianki lub małe zarośnięte zbiorniki wodne w pobliżu osiedli ludzkich (Voisin 1991; Kushlan & Hancock 2005). Skryty tryb życia, kamuflujące ubarwienie, trudne środowisko występowania gatunku (trzciniowiska,

łozowiska) oraz duże rozproszenie stanowisk lęgowych, na których gniazduje głównie samotnie powodują, że monitoring bączka jest bardzo trudny, a badania naukowe nad nim są nielicznie prowadzone (Morin & Bommé 2006; García 2009; Flis & Betleja 2015; Trnka 2020). Pomimo tych trudności podstawowa biologia lęgowa bączka jest stosunkowo dość dobrze poznana (Cempulik 1994; Martinez-Abraín 1994; Marion et al. 2006; Fazili et al. 2010; Pardo-Cervera et al. 2010; Samraoui et al. 2012; Flis 2013; Filipiuk 2018). Brakuje natomiast szczegółowych danych dotyczących preferencji siedlisk zajmowanych przez ten gatunek (np. wielkość płata szuwaru), udziału samca i samicy w opiece nad lęgiem czy wzoru aktywności wokalne samca w trakcie sezonu lęgowego i funkcji pełnionych przez głoś godowy (Kushlan & Hancock 2005).

Cele i hipotezy badawcze

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było poszerzenie wiedzy na temat wybranych, mało poznanych aspektów biologii lęgowej bączka w warunkach stawów rybnych. Zakres podjętych tematów badawczych obejmuje:

I

Określenie preferencji siedliskowych badanej populacji bączka w środowisku stawów rybnych poprzez bezpośrednie porównanie obszarów z i bez lęgowych ptaków

[Artykuł 1: Flis A., Skórka P., Król W. (202x) Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding on fishponds in south-eastern Poland. Journal of Ornithology: submitted]

Hipoteza badawcza I: Bączek, jako gatunek ptaka ściśle związanego z roślinnością szuwarową, wybiera siedlisko lęgowe na podstawie jakości płata szuwaru, tj. o odpowiedniej wysokości, szerokości i powierzchni.

W przypadku wielu gatunków ptaków wodno-błotnych powierzchnia płatów szuwaru oraz zagęszczenie roślinności szuwarowej decyduje o tym, które siedliska będą wykorzystywane do rozrodu lub żerowania (Pezzo & Benocci 2001; Martinez-Vilalta et al. 2002; Polak 2007b; Paracuellos 2008; Polak et al. 2008). Gatunki te, w tym bączek, są bardzo wrażliwe na różne zmiany w siedlisku ich występowania, np. koszenie trzcinowisk (Szlivka 1958; Tschardtke 1992; Benassi et al. 2009; Flis & Betleja 2015). Ogólny trend liczebności populacji bączka w całym zasięgu jego występowania jest malejący, głównie ze względu na zmiany lub utratę naturalnych siedlisk (BirdLife International 2022). Szczegółowa wiedza na temat struktury przestrzennej preferowanych siedlisk przez bączka w okresie lęgowym jest bardzo ograniczona (Pezzo & Benocci 2001; Scheckenhofer 2013), dlatego prowadzenie badań wielkoskalowych związanych z wybiórczością siedliskową w zmienionych lub stworzonych przez człowieka siedliskach (np. stawach rybnych) może istotnie przyczynić się do jego czynnej ochrony (Amano et al. 2018).

II

Określenie parametrów siedliskowych dwóch rodzajów gniazd bączka: gniazdo lęgowe (breeding nest) vs gniazdo nielęgowe (mock nest) **[Artykuł 2: Flis A. (2016) Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. Polish Journal of Ecology 64 (2): 268-276]**

Hipoteza badawcza II: Parametry siedliskowe w miejscu położenia gniazda bączka różnią się w zależności od jego rodzaju.

Bączek posiada niezwykłą i słabo poznaną strategię rozrodczą, która wyróżnia go spośród wszystkich gatunków czapli (Kushlan & Hancock 2005). Po przybyciu na tereny lęgowe samiec w wybranym miejscu na zajęty terytorium zaczyna samotnie budować gniazdo, jednocześnie wydając cyklicznie głos godowy, którego jedną z funkcji jest wabienie samicy. Jeżeli samcowi uda się zwabić samicę, obie płcie kończą wspólnie budowę gniazda, które będzie wykorzystane do odbycia lęgu (gniazdo lęgowe - breeding nest). Jeżeli jednak samcowi nie uda się zwabić samicy, budowane gniazdo zostaje opuszczone (gniazdo niełęgowe - mock nest), a samiec zaczyna budować kolejne gniazdo w innym miejscu, jednocześnie ciągle wydając głos godowy. Samiec nie powraca już do wcześniej opuszczonego gniazda (Cramp & Simmons 1977; Voisin 1991). W związku z powyższym nasuwają się następujące pytania: 1) czy rodzaj gniazda zależy tylko od zdolności wabiących samca?; 2) czy rodzaj gniazda zależy również od miejsca, w którym jest ono położone?

III

Określenie diety i częstotliwości karmienia piskląt bączka w warunkach stawów rybnych
[Artykuł 3: Flis A., Gwiazda R. (2018) Diet and feeding of nestling Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at fishponds: testing a new method for studying a difficult-to-monitor species. Bird Study 65 (2): 257-260]

Hipoteza badawcza III: Bączek, podobnie jak inne gatunki czapli, jest oportunistą pokarmowym korzystającym z najbardziej dostępnego źródła pokarmu, którym na badanych stawach rybnych był karp.

Dostępność odpowiednich zasobów pokarmowych przez cały sezon lęgowy jest jednym z głównych czynników decydujących o przyszłym sukcesie lęgowym wielu populacji tego samego gatunku gniazdujących w różnych siedliskach (Sutherland et al. 2004; Newton 2013). Czaple specjalizują się w żerowaniu na różnorodnych ofiarach: rybach, płazach, bezkręgowcach czy ssakach (Voisin 1991; Kushlan & Hancock 2005). Dieta bączka została dobrze zbadana na naturalnych zbiornikach, terenach bagiennych i w deltach rzek (Dementiev & Gladkov 1951; Holmes & Hatchwell 1991; Martínez-Abraín 1994; Kayser 2010; Pardo-Cervera et al. 2010; Samraoui et al. 2012), natomiast w sztucznych siedliskach, np. na stawach rybnych, takie badania były nielicznie prowadzone (Melikyan 2008; Filipiuk 2018; Trnka 2020).

IV

Określenie międzypłciowych różnic w opiece nad lęgiem u bączka [Artykuł 4: Flis A., Gwiazda R., Krztoń W. (2020) Sex differences in Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* parental care: a pilot study. *Bird Study* 67 (3): 393-397]

Hipoteza badawcza IV: Bączek, jako gatunek terytorialny i monogamiczny, wykazuje mniejszy udział samca w opiece nad lęgiem z uwagi na większe zaangażowanie czasowe w obronę terytorium i pilnowanie samicy.

U większości monogamicznych gatunków czapli występuje ogólny wzorzec opieki rodzicielskiej: obie płcie uczestniczą w budowaniu gniazda, wysiadywaniu jaj, opiece i karmieniu piskląt (Kushlan & Hancock 2005). Międzypłciowe różnice w tych podstawowych czynnościach rodzicielskich zależą głównie od strategii rozrodu poszczególnych gatunków, a jeśli istnieją, mogą różnić się w zależności od pory dnia i różnych faz lęgu (Voisin 1991). Spośród ponad 60 gatunków czapli różne aspekty międzypłciowych różnic w opiece rodzicielskiej zostały zbadane jedynie u kilku gatunków (Weller 1961; Werschkul 1982; van Vessem & Draulans 1986; Fujioka 1989; McKilligan 1991; Kushlan & Hancock 2005), w tym, w bardzo niewielkim zakresie, u bączka (Groebbels 1935).

V

Określenie wzorów aktywności głosowej samca bączka w trakcie sezonu lęgowego [Artykuł 5: Flis A. (202x) Vocal Activity of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) during the Breeding Season. *Waterbirds*: artykuł zaakceptowany do druku]

Hipoteza badawcza V: Samiec bączka, podobnie jak wiele gatunków ptaków, wykazuje okołodobową aktywność wokalną ze szczytami o świcie i zmierzchu.

Głos godowy samca w okresie lęgowym pełni kilka funkcji, takich jak obrona terytorium czy wabienie samicy i jest to jedna z głównych strategii doboru płciowego u wielu gatunków ptaków (Emlen & Oring 1977; Kroodsma & Byers 1991; Clutton-Brock 2007; Catchpole & Slater 2008). Jednym z najslabiej zbadanych aspektów biologii czapli jest aktywność wokalna i jej funkcje behawioralne (Kushlan & Hancock 2005), które zostały zbadane tylko dla kilku gatunków, np. dla bąka *Botaurus stellaris* (Puglisi et al. 1997; Polak 2006).

W przypadku bączka takie badania nie były nigdy prowadzone.

Teren badań

Badania były prowadzone w trakcie sezonu lęgowego (maj–sierpień) w latach 2010–2013 na stawach rybnych położonych w Parku Krajobrazowym Lasy Janowskie w południowo-wschodniej Polsce (50°40' N 22°20' E; ryc. 1). Łączny obszar ośmiu kompleksów stawów rybnych wynosił 1 380 ha: Stawy Małe 60 ha, Stawy Duże 140 ha, Pieńki 90 ha, Imielty Ług 110 ha, Brzeziny 150 ha, Maliniec 220 ha, Osówek 240 ha, Świdry 370 ha. Powierzchnia stawów na badanych kompleksach wahała się od 0,5 do 90 ha. Głębokość wody w stawach wynosiła od 90 do 180 cm. Stawy były częściowo lub całkowicie porośnięte roślinnością wynurzoną (szuwarową), w której dominowała trzcina pospolita *Phragmites australis*, pałki *Typha* spp., oczerety *Schoenoplectus* spp. i turzyce *Carex* spp. Głębokość wody w roślinności szuwarowej wahała się w przedziale 0–150 cm. Karp *Cyprinus carpio* był najliczniejszym gatunkiem hodowlanym, stanowiąc 95% biomasy wszystkich ryb (dane uzyskane od właścicieli i pracowników stawów). Na większości kompleksów prowadzona jest półintensywna hodowla karpia w trzyletnim cyklu produkcyjnym. Karpie hodowane są w odrębnych kategoriach stawów w trzech klasach wiekowych: narybek – ryby w pierwszym roku życia (0+), kroczek – ryby dwuletnie (1+) oraz ryby handlowe – ryby w trzecim roku życia (2+) (Dobrowolski 1995).

Wszystkie powyższe kompleksy stawów rybnych stanowią ważną ostoję ptaków wodno-błotnych IBA (Important Bird Area), w tym również dla bączka, oraz znajdują się na obszarze chronionym włączonym do sieci Natura 2000 (Wilk et al. 2010).



Ryc. 1. Stawy rybne na obszarze Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie (SE Polska), na których prowadzono badania terenowe nad biologią lęgową bączka

Metody

I

Określenie preferencji siedliskowych badanej populacji bączka w środowisku stawów rybnych poprzez bezpośrednie porównanie obszarów z i bez lęgowych ptaków

[Artykuł 1: Flis A., Skórka P., Król W. (202x) Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding on fishponds in south-eastern Poland. Journal of Ornithology: submitted]

Kompleksy stawów rybnych podzielono na dwie grupy: A – z lęgowymi ptakami; B – bez lęgowych ptaków. W każdej grupie na 30 wylosowanych powierzchniach badawczych zostało zmierzonych 20 parametrów siedliskowych, m.in. szerokość płata szuwaru, głębokość wody. Na podstawie wykonanych pomiarów porównano obszary z i bez lęgowych ptaków.

II

Określenie parametrów siedliskowych dwóch rodzajów gniazd bączka: gniazdo lęgowe (breeding nest) vs gniazdo niełęgowe (mock nest) **[Artykuł 2: Flis A. (2016) Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. Polish Journal of Ecology 64 (2): 268-276]**

Dla każdego rodzaju gniazda zmierzono siedem parametrów siedliskowych w miejscu jego położenia, m.in. wysokość pasa trzciny pospolitej, odległość od brzegu. Na podstawie wykonanych pomiarów zostały porównane miejsca położenia gniazd lęgowych i niełgowych.

III

Określenie diety i częstotliwości karmienia piskląt bączka w warunkach stawów rybnych **[Artykuł 3: Flis A., Gwiazda R. (2018) Diet and feeding of nestling Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at fishponds: testing a new method for studying a difficult-to-monitor species. Bird Study 65 (2): 257-260]**

Dietę piskląt wielu gatunków czapli określa się na podstawie spontanicznie zwracanych próbek pokarmu (bolusy), ponieważ zwykle młode czaple w sytuacji zaniepokojenia wykrztuszają wcześniej przyjęty pokarm (Voisin 1991; Polak 2007a; Kim & Yoo 2012). Ze względu na to, że podczas prowadzonych badań pisklęta bączka nie zwracały bolusów, do zbadania ich diety zastosowano fotopułapki zainstalowane w pobliżu gniazda, tym samym testowano nową metodę w badaniu składu pokarmu piskląt bączka (ryc. 2). Bączek jest

najbardziej aktywny rano, wieczorem i w nocy (Kushlan & Hancock 2005). Na podstawie filmów nagrywanych przez fotopułapki w trzech przedziałach dobowych: rano (05:00–10:00), wieczorem (15:00–20:00) i w nocy (22:00–03:00), analizowano pokarm piskląt. Dodatkowym plusem wynikającym z zastosowania tej metody była możliwość oceny częstotliwości karmienia piskląt przez ptaki dorosłe. Łącznie analizie poddano 129 h 36 min filmów.



Ryc. 2. Fotopułapka zainstalowana w pobliżu gniazda bączka

IV

Określenie międzyplciowych różnic w opiece nad lęgiem u bączka [Artykuł 4: Flis A., Gwiazda R., Krztoń W. (2020) Sex differences in Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* parental care: a pilot study. *Bird Study* 67 (3): 393-397]

Za pomocą fotopułapek zainstalowanych koło gniazda nagrywano filmy, na podstawie których analizowano następujące zachowania ptaków dorosłych dotyczące opieki nad lęgiem: wysiadywanie jaj, opieka nad pisklętami, poprawa konstrukcji gniazda, karmienie piskląt. Filmy nagrywano w trzech przedziałach dobowych: rano (05:00–10:00), wieczorem (15:00–20:00) i w nocy (22:00–03:00). Łącznie analizie poddano 118 h 31 min filmów.

V

Określenie wzorów aktywności głosowej samca bączka w trakcie sezonu lęgowego [Artykuł 5: Flis A. (202x) Vocal Activity of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) during the Breeding Season. *Waterbirds*: artykuł zaakceptowany do druku]

Na badanych stawach rybnych prowadzono nasłuch głosu godowego samca bączka w trakcie sezonu lęgowego. Określono sezonową aktywność wokalną samca na podstawie danych zebranych w następujących przedziałach czasowych: 9–20 maja, 21 maja – 1 czerwca, 2–13 czerwca, 14–25 czerwca, 26 czerwca – 7 lipca, 8–19 lipca, 20–31 lipca, 1–12 sierpnia. Na podstawie danych zebranych w poszczególnych godzinach w przeciągu całej doby określono również dobową aktywność wokalną samca. Łącznie analizie poddano 192 h nasłuchu głosu godowego.

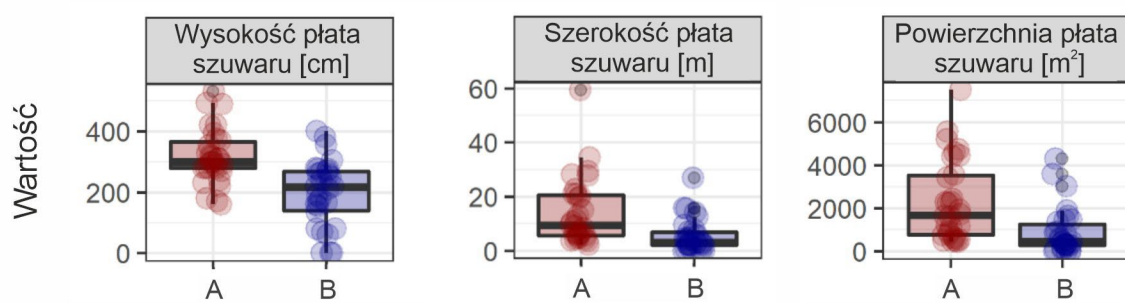
Wyniki

I

Określenie preferencji siedliskowych badanej populacji bączka w środowisku stawów rybnych poprzez bezpośrednie porównanie obszarów z i bez lęgowych ptaków

[Artykuł 1: Flis A., Skórka P., Król W. (202x) Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding on fishponds in south-eastern Poland. *Journal of Ornithology*: submitted]

Bączek gniazdował na dwóch z ośmiu badanych kompleksów stawów rybnych (Stawy Małe i Stawy Duże). Przeprowadzona analiza regresji cząstkowych najmniejszych kwadratów (PLS) wyjaśniała 53% zmienności danych dotyczących występowania bączka. Procedura selekcji wykazała następujące parametry siedliskowe, które były pozytywnie związane z obecnością bączka w warunkach badanych stawów rybnych (o malejącym znaczeniu): wysokość płata szuwaru, głębokość wody, powierzchnia grobli stawowych, powierzchnia płata szuwaru, powierzchnia doprowadzalników i odprowadzalników, szerokość płata szuwaru oraz powierzchnia stawu. Procedura selekcji wykazała również następujące parametry siedliskowe, które były negatywnie związane z obecnością bączka w warunkach badanych stawów rybnych (o malejącym znaczeniu): długość krawędzi płata szuwaru, występowanie turzyc, powierzchnia stawu bez wody, powierzchnia otwartego lustra wody, występowanie pałki oraz powierzchnia terenów otwartych. Wysokość, szerokość i powierzchnia płatów szuwaru były wyższe dla kompleksów stawów rybnych z lęgowymi bączkami (ryc. 3).



Występowanie bączka

Ryc. 3. Porównanie wartości (punkty) wybranych parametrów siedliskowych pozytywnie związanych z obecnością bączka w warunkach badanych stawów rybnych.

A – kompleksy stawów z lęgowymi bączkami; B - kompleksy stawów bez lęgowych bączków.

Wykresy przedstawiają: medianę (linia pogrubiona), przedział międzykwartyłowy (pudełko), wartości min-max (wąsy) oraz wartości odstające (punkty za wąsami)

II

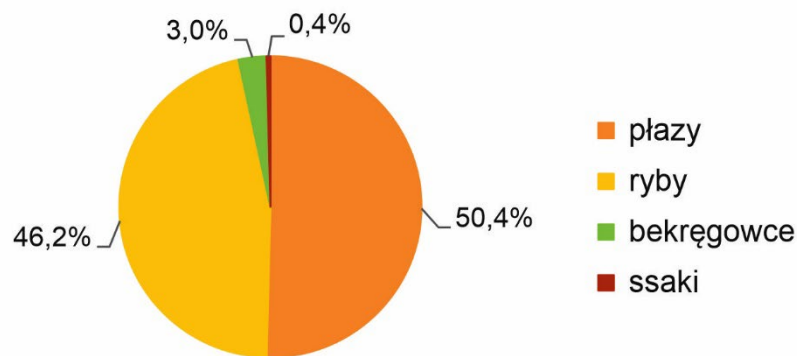
Określenie parametrów siedliskowych dwóch rodzajów gniazd bączka: gniazdo lęgowe (breeding nest) vs gniazdo niełęgowe (mock nest) [Artykuł 2: Flis A. (2016) Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. Polish Journal of Ecology 64 (2): 268-276]

Wszystkie gniazda (zarówno lęgowe jak i niełęgowe) zostały zbudowane w jednolitych płatach trzciny pospolitej. Spośród siedmiu zbadanych parametrów siedliskowych istotne różnice pomiędzy rodzajami gniazd zostały stwierdzone jedynie dla wysokości pasa trzciny pospolitej oraz średnicy łodyg. Wartości tych parametrów siedliskowych były wyższe dla gniazd lęgowych. Wartości pozostałych parametrów (szerokość pasa trzciny pospolitej, głębokość wody, wysokość nad powierzchnią wody, odległość od otwartego lustra wody, odległość od brzegu) dla obu rodzajów gniazd były zbliżone.

III

Określenie diety i częstotliwości karmienia piskląt bączka w warunkach stawów rybnych [Artykuł 3: Flis A., Gwiazda R. (2018) Diet and feeding of nestling Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at fishponds: testing a new method for studying a difficult-to-monitor species. Bird Study 65 (2): 257-260]

Płazy i ryby były głównymi składnikami diety piskląt bączka na badanych kompleksach stawów rybnych (ryc. 4). Bezkręgowce i ssaki miały znacząco mniejszy udział w diecie piskląt. Spośród gatunków płazów pokarmem bączka były żaba trawna *Rana temporaria* i gatunki żab zielonych *Pelophylax* spp. Spośród gatunków ryb najczęstszą ofiarą w diecie piskląt był karp (37,9%). Z bezkręgowców zostały stwierdzone niezidentyfikowane gatunki ważek (Odonata), pływakowatych (Dytiscidae) i pijawek (Hirudinea). Gatunki ssaków były reprezentowane przez jednego osobnika karczownika ziemnowodnego *Arvicola amphibious*. Spośród trzech badanych przedziałów czasowych, karmienie piskląt odbywało się tylko rano i wieczorem. Częstotliwość karmienia rano była większa niż wieczorem, jednak różnice pomiędzy przedziałami nie były istotne.



Ryc. 4. Skład diety piskląt bączka na badanych stawach rybnych.
Łączna liczba oznaczonych ofiar n=264

IV

Określenie międzypłciowych różnic w opiece nad lęgiem u bączka [Artykuł 4: Flis A., Gwiazda R., Krztoń W. (2020) Sex differences in Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* parental care: a pilot study. *Bird Study* 67 (3): 393-397]

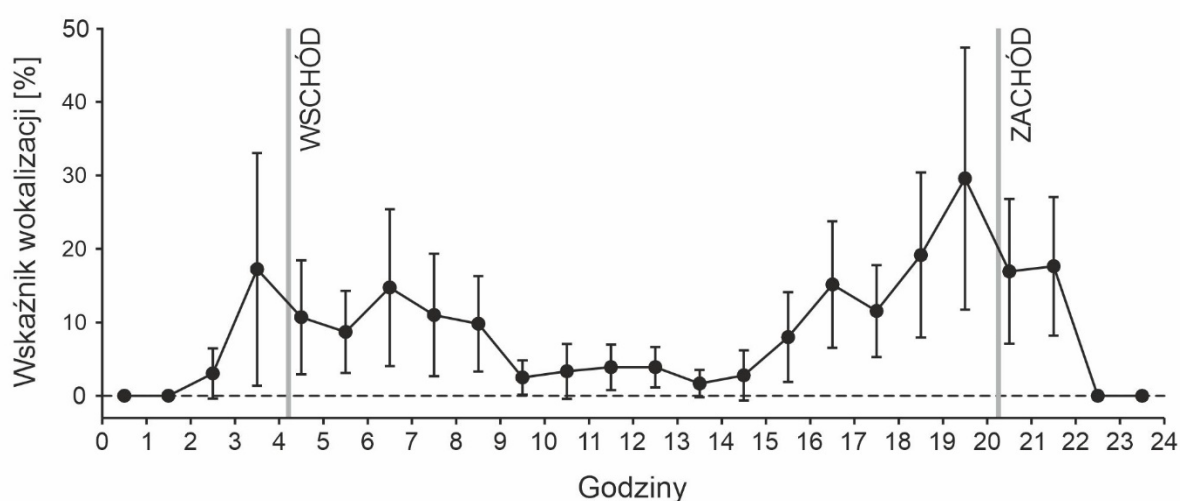
Obie płcie uczestniczyły we wszystkich badanych czynnościach opieki nad lęgiem. Udział samicy w wysiadywaniu jaj był niższy na początku okresu inkubacji, ale wzrastał bliżej terminu klucia. Odwrotna sytuacja wystąpiła u samców, gdzie na początku okresu inkubacji zaangażowanie w wysiadywanie jaj było wyższe a następnie malało. Udział samicy w opiece nad pisklętami był wyższy zaraz po wykluciu i zmniejszał się wraz ze wzrostem piskląt, podczas gdy udział samca w tej czynności zwiększał się wraz z upływem czasu. Nie stwierdzono różnic w karmieniu piskląt pomiędzy płciami. Podczas wysiadywania jaj udział samca w poprawie konstrukcji gniazda był wyższy niż udział samicy, natomiast po wykluciu piskląt nie odnotowano różnic pomiędzy płciami.

Obie płcie wykazywały podobne zaangażowanie w wysiadywanie jaj w nocy, ale rano i wieczorem samica była bardziej zaangażowana w tę czynność. Udział samca w opiece nad pisklętami był znacznie wyższy w nocy niż udział samicy. Rano i wieczorem udział obu płci w opiece nad pisklętami był podobny. Karmienie piskląt stwierdzono tylko rano i wieczorem, natomiast udział obu płci w tej czynności był podobny. Poprawa konstrukcji gniazda odbywała się tylko rano i wieczorem, gdzie podczas okresu wysiadywania jaj nie stwierdzono różnic pomiędzy płciami, a podczas okresu opieki nad pisklętami samiec był bardziej zaangażowany w poprawę konstrukcji gniazda.

V

Określenie wzorów aktywności głosowej samca bączka w trakcie sezonu lęgowego [Artykuł 5: Flis A. (202x) Vocal Activity of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) during the Breeding Season. Waterbirds: artykuł zaakceptowany do druku]

Samce były aktywne wokalnie od 10 maja do 28 lipca. Wyróżniono dwa szczyty aktywności wokalne w przedziałach: 21 maja – 1 czerwca i 14 czerwca – 7 lipca. Dobowa aktywność wokalna była zmienna i zależała od pory dnia (ryc. 5). Szczyty aktywności wokalne występowały przed wschodem i zachodem słońca. W nocy nie stwierdzono aktywności wokalne samców.



Ryc. 5. Wzór dobowej aktywności wokalne samców bączka ($n=8$).
Wykres przedstawia wartości średnie oraz odchylenia standardowe

Weryfikacja hipotez

I

Hipoteza badawcza I: Bączek, jako gatunek ptaka ściśle związanego z roślinnością szuwarową, wybiera siedlisko lęgowe na podstawie jakości płata szuwaru, tj. o odpowiedniej wysokości, szerokości i powierzchni [Artykuł 1: Flis A., Skórka P., Król W. (202x) **Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding on fishponds in south-eastern Poland. Journal of Ornithology: submitted**].

Hipoteza została potwierdzona. Wysokość, szerokość i powierzchnia płata szuwaru wpływają na występowanie bączka. Wartości tych parametrów siedliskowych były istotnie wyższe dla kompleksów stawów rybnych z lęgowymi bączkami.

II

Hipoteza badawcza II: Parametry siedliskowe w miejscu położenia gniazda bączka różnią się w zależności od jego rodzaju [Artykuł 2: Flis A. (2016) **Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. Polish Journal of Ecology 64 (2): 268-276**].

Hipoteza została częściowo potwierdzona. Jedynie w przypadku dwóch z siedmiu parametrów siedliskowych, tj. wysokości pasa trzciny pospolitej oraz średnicy łodyg, zostały stwierdzone istotne różnice pomiędzy rodzajami gniazd.

III

Hipoteza badawcza III: Bączek, podobnie jak inne gatunki czapli, jest oportunistą pokarmowym korzystającym z najbardziej dostępnego źródła pokarmu, którym na badanych stawach rybnych był karp [Artykuł 3: Flis A., Gwiazda R. (2018) **Diet and feeding of nestling Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at fishponds: testing a new method for studying a difficult-to-monitor species. Bird Study 65 (2): 257-260**].

Hipoteza została częściowo potwierdzona. Na badanych stawach płazy dominowały w diecie piskląt. Karp był jednak zdecydowanie najczęstszą ofiarą wśród ryb, co było związane z proporcjami gatunków ryb hodowanych w stawach.

IV

Hipoteza badawcza IV: Bączek, jako gatunek terytorialny i monogamiczny, wykazuje mniejszy udział samca w opiece nad lęgiem z uwagi na większe zaangażowanie czasowe

w obronę terytorium i pilnowanie samicy [Artykuł 4: Flis A., Gwiazda R., Krztoń W. (2020) **Sex differences in Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* parental care: a pilot study. Bird Study 67 (3): 393-397**].

Hipoteza nie została potwierdzona. Samiec brał udział we wszystkich badanych czynnościach opieki nad lęgiem. Ponadto w niektórych czynnościach jego udział był większy niż udział samicy, m.in. w opiece nad pisklętami w nocy.

V

Hipoteza badawcza V: Samiec bączka, podobnie jak wiele gatunków ptaków, wykazuje okołodobową aktywność wokalną ze szczytami o świcie i zmierzchu [Artykuł 5: Flis A. (202x) **Vocal Activity of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) during the Breeding Season. Waterbirds: artykuł zaakceptowany do druku**].

Hipoteza została potwierdzona. Dobowy rozkład wokalizacji samca wskazuje najwyższą aktywność przed wschodem i zachodem słońca, co można częściowo wytłumaczyć zmierzchową aktywnością bączka.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania przyczyniły się do poszerzenia wiedzy na temat mało poznanych aspektów biologii lęgowej bączka. Gatunek ten posiada bardzo ciekawy i równie bardzo słabo zbadany system kojarzenia, który nie został do tej pory stwierdzony u innych gatunków czapli, a uzyskane wyniki uzupełniają wiedzę na temat strategii rozrodczych bączka (**Artykuł 2**). Ponadto, niektóre wyniki, np. szczegółowe dane na temat preferencji siedliskowych czy wzór aktywności głosu godowego samca w sezonie lęgowym, mają aspekt praktyczny i mogą być wykorzystane w przyszłych badaniach naukowych, monitoringu populacji lub czynnej ochronie tego gatunku (**Artykuł 1; Artykuł 2; Artykuł 5**).

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można również stwierdzić, że bączek bardzo chętnie wybiera stawy rybne jako miejsce do odbywania lęgów, pod warunkiem występowania na nich odpowiednio jakościowego siedliska lęgowego, jakim są wieloletnie płaty roślinności szuwarowej np. trzciny pospolitej. W innym przypadku bączek takich miejsc unika (**Artykuł 1; Artykuł 2**). Ponadto, bączek jest bardzo wrażliwy na nawet niewielkie zmiany w siedlisku lęgowym, np. na częściowe wycinanie roślinności szuwarowej, czego skutkiem jest brak lęgowych ptaków (**Artykuł 2**).

Zastosowanie fotopułapek do określenia diety badanego gatunku umożliwiło przetestowanie nowej metody w prowadzeniu tego typu badań, ale nie była to metoda tak dokładna jak bezpośrednio zbieranie próbek pokarmu w terenie (Polak 2007a; Filipiuk 2018) (**Artykuł 3**). Z drugiej strony, w przypadku skrytych gatunków ptaków takich jak bączek, zastosowanie fotopułapki umożliwiło skuteczne zbadanie różnych zachowań behawioralnych np. częstotliwości karmienia piskląt czy międzyplciowych różnic w opiece nad lęgiem (**Artykuł 3; Artykuł 4**).

Literatura

- Amano T., Székely T., Sandel B., Nagy S., Mundkur T., Langendoen T., Blanco D., Soykan C. U., Sutherland W. J. 2018. Successful conservation of global waterbird populations depends on effective governance. *Nature* 553: 199–202.
- Benassi G., Battisti C., Luiselli L., Boitani L. 2009. Area-sensitivity of three reed bed bird species breeding in Mediterranean marshland fragments. *Wetlands Ecology and Management* 17: 555–564.
- BirdLife International. 2021. European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- BirdLife International. 2022. Species factsheet: *Ixobrychus minutus*. <http://www.birdlife.org> Accessed 25 May 2022
- Catchpole C. K., Slater P. J. B. 2008. Bird song: biological themes and variations. Cambridge University Press, New York.
- Cempulik P. 1994. Population trends, breeding biology and ecology of Little Bittern *Ixobrychus minutus* at fish ponds and industrial reservoirs in Upper Silesia, Poland. *Vogelwelt* 115: 19–27.
- Clutton-Brock T. 2007. Sexual selection in males and females. *Science* 318: 1882–1885.
- Cramp S., Simmons K. E. L. (red.). 1977. The Birds of the Western Palearctic. Vol. 1. Oxford University Press, Oxford.
- Davidson N. C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research* 65: 934–941.
- Dementiev G. P., Gladkov N. A. (red.) 1951. The Birds of the Soviet Union. Vol. 2. Sovetskaya Nauka, Moscow.
- Dobrowolski K. A. (red.). 1995. Przyrodniczo-ekonomiczna waloryzacja stawów rybnych w Polsce. Fundacja IUCN Poland, Warszawa.
- EBCC. 2022. European Breeding Bird Atlas 2 website. European Bird Census Council. <http://ebba2.info> Accessed 30 May 2022
- Emlen S. T., Oring L. W. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science* 197: 215–223.

- Fazili M. F., Shah G. M., Jan U., Ahangar F. A. 2010. On some breeding parameters of Little Bittern at Haigam Wetland, Kashmir (India). *Berkut* 19: 74–80.
- Filipiuk M. K. 2018. Biologia okresu lęgowego bączka *Ixobrychus minutus* (L., 1766) na stawach rybnych Lubelszczyzny. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Flis A. 2013. Stan populacji i biologia lęgowa bączka *Ixobrychus minutus* na stawach rybnych w Parku Krajobrazowym Lasy Janowskie. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 69: 96–105.
- Flis A., Betleja J. 2015. Bączek *Ixobrychus minutus*. W: Chylarecki P., Sikora A., Cenian Z., Chodkiewicz T. (red.). *Monitoring ptaków lęgowych. Poradnik metodyczny. Wydanie 2.* GIOŚ, Warszawa: 349–353.
- Fujioka M. 1989. Mate and nestling desertion in colonial Little Egrets. *Auk* 106: 292–302.
- García P. 2009. Assessment of two methods for estimating Little Bittern *Ixobrychus minutus* populations in fluvial habitats in Central Spain. *Revista Catalana d'Ornitologia* 25: 54–58.
- Groebbels F. 1935. Beobachtungen am Nest der Zwergrohrdommel (*Ixobrychus m. minutus* L.). *Journal für Ornithologie* 83: 525–531.
- Holmes P. R., Hatchwell B. J. 1991. Notes on the ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* at Haigam Rakh, Kashmir, India. *Forktail* 6: 25–33.
- Kasprzykowski Z., Goławski A. 2014. Elementy ekologii rozrodu bąka *Botaurus stellaris* i czapli siwej *Ardea cinerea* na stawach hodowlanych w Siedlcach. *Ornis Polonica* 55: 257–263.
- Kayser Y. 2010. Information concerning food resources of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in the Camargue, Southern France. *Nos Oiseaux* 57: 277–280.
- Kim M., Yoo J. C. 2012. Diet of Yellow Bitterns *Ixobrychus sinensis* during the breeding season in South Korea. *Journal of Ecology and Field Biology* 35: 9–14.
- Kloskowski J., Nieoczym M., Polak M., Pitucha P. 2010. Habitat selection by breeding waterbirds at ponds with size-structured fish populations. *Naturwissenschaften* 97: 673–682.
- Kroodsma D. E., Byers B. E. 1991. The function(s) of bird song. *American Zoologist* 31: 318–328.
- Kushlan J. A., Hafner H. 2000. *Heron conservation.* Academic Press, London.
- Kushlan J. A., Hancock J. A. 2005. *The Herons.* Oxford University Press, Oxford.

- Ledwoń M., Betleja J., Stawarczyk T., Neubauer G. 2014. The Whiskered Tern *Chlidonias hybrida* expansion in Poland: the role of immigration. *Journal of Ornithology* 155: 459–470.
- Leibowitz S. G. 2003. Isolated wetlands and their functions: an ecological perspective. *Wetlands* 23: 517–531.
- Marion L., Barbier L., Morin C. 2006. Statut du Blongios nain *Ixobrychus minutus* en France entre 1968 et 2004 et causes probables de l'évolution de ses effectifs. *Alauda* 74: 155–170.
- Martinez-Abraín A. 1994. Notes on the biology of Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* during the breeding season in eastern Spain. *Ardeola* 41: 169–171.
- Martinez-Vilalta J., Bertolero A., Bigas D., Paquet J.-Y., Martinez-Vilalta A. 2002. Habitat selection of passerine birds nesting in the Ebro Delta reed beds (NE Spain): management implications. *Wetlands* 22: 318–325.
- Melikyan K. A. 2008. Nesting biology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* on the fishponds of the Ararat Plain. *Biological Journal of Armenia* 60: 34–44.
- McKilligan N. G. 1991. The breeding biology of the Intermediate Egret. Part 2: parental behaviour and nesting investment by the male and female. *Corella* 15: 8–12.
- Morin C., Bommé S. 2006. Methodological contribution to monitoring Little Bittern *Ixobrychus minutus* in fish farming areas. *Alauda* 74: 143–150.
- Newton I. 2013. Bird populations. HarperCollins Publishers, London.
- Paracuellos M. 2008. Effects of long-term habitat fragmentation on a wetland bird community. *Revue d'Ecologie* 63: 227–238.
- Pardo-Cervera F., Sorensen I. H., Jensen C., Ruiz X., Sanchez-Alonso C. 2010. Breeding biology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in the Ebro Delta (NE Spain). *Ardeola* 57: 407–416.
- Pérez-García J. M., Sebastián-González E., Alexander K. L., Sánchez-Zapata J. A., Botella F. 2014. Effect of landscape configuration and habitat quality on the community structure of waterbirds using a man-made habitat. *European Journal of Wildlife Research* 60: 875–883.
- Pezzo F., Benocci A. 2001. Spatial behaviour of the Little Bittern *Ixobrychus minutus*, implications for conservation. *Avocetta* 25: 78.
- Polak M. 2006. Booming activity of male Bitterns *Botaurus stellaris* in relation to reproductive cycle and harem size. *Ornis Fennica* 83: 27–33.
- Polak M. 2007a. Food of nestling Great Bitterns *Botaurus stellaris* at fishpond complexes in eastern Poland. *Bird Study* 54: 280–283.

- Polak M. 2007b. Nest-site selection and nest predation in the Great Bittern *Botaurus stellaris* population in eastern Poland. *Ardea* 95: 31–38.
- Polak M., Kasprzykowski Z. 2009. Liczebność i zagęszczenie bąka *Botaurus stellaris* na wybranych stawach rybnych Lubelszczyzny i Południowego Podlasia. *Notatki Ornitologiczne* 50: 155–164.
- Polak M., Kasprzykowski Z., Kucharczyk M. 2008. Micro-habitat nest preferences of the great bittern, *Botaurus stellaris*, on fishponds in central-eastern Poland. *Annales Zoologici Fennici* 45: 102–108.
- Puglisi L., Cima O., Baldaccini N. E. 1997. A study of the seasonal booming activity of the Bittern *Botaurus stellaris*; what is the biological significance of the booms? *Ibis* 139: 638–645.
- Samraoui F., Nedjah R., Boucheker A., Alfarhan A. H., Samraoui B. 2012. Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study* 59: 496–503.
- Santoul F., Gaujard A., Angélibert S., Mastrorillo S., Céréghino R. 2009. Gravel pits support waterbird diversity in an urban landscape. *Hydrobiologia* 634: 107–114.
- Scheckenhofer C. 2013. Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus minutus* breeding in wetlands embedded in an urban habitat matrix: a case study from Vienna, Austria. MSc dissertation. University of Vienna, Vienna.
- Sebastián-González E., Sánchez-Zapata J. A., Botella F. 2010. Agricultural ponds as alternative habitat for waterbirds: spatial and temporal patterns of abundance and management strategies. *European Journal of Wildlife Research* 56: 11–20.
- Semlitsch R. D., Bodie J. R. 1998. Are small, isolated wetlands expendable? *Conservation Biology* 12: 1129–1133.
- Sutherland W. J., Newton I., Green R. 2004. *Bird ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press, Oxford.
- Szlivka A. 1958. The little bittern breeding in a colony. *Aquila* 65: 339.
- Trnka A. 2020. Nestling diet and breeding success of Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at two artificial fishpond complexes in south-western Slovakia. *Ardea* 108: 161–169.
- Tscharntke T. 1992. Fragmentation of Phragmites habitats, minimum viable population size, habitat suitability, and local extinction of moths, midges, flies, aphids and birds. *Conservation Biology* 6: 530–536.

van Vessem J., Draulans D. 1986. Nest attendance by male and female gray herons. *Journal of Field Ornithology* 57: 34–41.

Voisin C. 1991. *The Herons of Europe*. T. & A. D. Poyser, London.

Weller M. W. 1961. Breeding biology of the Least Bittern. *Wilson Bulletin* 73: 11–35.

Werschkul D. F. 1982. Parental investment: influence of nest guarding by male Little Blue Herons *Florida caerulea*. *Ibis* 124: 343–347.

Wilk T., Jujka M., Krogulec J., Chylarecki P. (red.). 2010. *Ostoje ptaków o znaczeniu międzynarodowym w Polsce*. OTOP, Marki.

Wilk T., Chodkiewicz T., Sikora A., Chylarecki P., Kuczyński L. 2020. *Czerwona lista ptaków Polski*. OTOP, Marki.

Zawadzka D., Ciach M., Figarski T., Kajtoch Ł., Rejt Ł. 2013. *Materiały do wyznaczania i określania stanu zachowania siedlisk ptasich w obszarach specjalnej ochrony ptaków Natura 2000*. GDOŚ, Warszawa.

Artykuł 1

Flis A., Skórka P., Król W. (202x) Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding on fishponds in south-eastern Poland. Journal of Ornithology: submitted (IF = 1.745, 140 pkt MEiN)

Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding on fishponds in south-eastern Poland

Adam Flis^{1*}, Piotr Skórka¹, Wiesław Król¹

¹Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences, al. Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków, Poland

*e-mail: flis@iop.krakow.pl

Flis A ORCID 0000-0003-4707-2629

Skórka P ORCID 0000-0002-3221-296X

Król W ORCID 0000-0002-1217-1654

Abstract

Many marsh birds, like bitterns or rails, are endangered species inhabiting only natural habitats and dependent exclusively on different types of emergent vegetation. In a changing environment, some of these habitat specialists are becoming more flexible, shifting their preferences by colonizing man-made habitats. We studied habitat selection by Little Bitterns *Ixobrychus m. minutus* breeding in a fishpond landscape in south-eastern Poland. Applying a large-scale research approach, we examined several habitat features in order to predict the presence of the Little Bittern from a direct comparison of areas with and without breeding birds. Partial least squares (PLS) regression identified two components of several variables that explained 53% of the variation in the presence of the Little Bittern in a fishpond habitat. The occurrence of the Little Bittern was limited to high-quality patches of emergent vegetation, the height, width and area of which were all significantly greater in the area with breeding birds than in unoccupied patches. Patches with a highly variable edge line in the form of fringes or indentations were less favoured. An optimal water level throughout the breeding season was crucial for nest-site selection and ensured access to food. The heterogeneity of the pond dykes and pond canals positively predicted the presence of the Little Bittern by creating potential nesting or foraging sites. Interestingly, the proportion of bulrushes *Typha* spp. in the emergent vegetation patches had a negative effect on the presence of the Little Bittern. The main threat to this habitat-sensitive species was the cutting of perennial emergent vegetation, in particular the Common Reed *Phragmites australis*.

Keywords: spatial scale, habitat selection, Ardeidae, reedbed-nesting heron, emergent vegetation, water depth.

Introduction

The availability of high-quality habitat patches and sufficient amounts of food resources during the breeding season are key factors governing the population sizes of many bird species and their future breeding success (Newton 2013). Marsh birds depend largely on the availability of suitable wetland habitats, the most limited and degraded areas worldwide (Leibowitz 2003; Davidson 2014; Amano et al. 2018). Currently, some marsh bird species exhibiting greater plasticity may be living in anthropogenic habitats (Tscharntke 1992; Ledwoń et al. 2014; Pérez-García et al. 2014). Artificial fishponds, post-mining lakes or gravel pits are assumed to be suitable alternative breeding habitats for many waterbirds, including piscivorous species such as herons (Santoul et al. 2009; Kloskowski et al. 2010; Sebastián-González et al. 2010; Trnka 2020). Therefore, studying the habitat choice of waterbird species in these altered and man-made habitats may improve their conservation prospects (Amano et al. 2018).

The Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* is a long-distance migrating heron species which breeds in Eurasia and winters in Africa (Kushlan and Hancock 2005). Despite its widespread distribution, this small heron is a difficult-to-study species because it is mostly uncommon, usually nests solitarily in inaccessible habitat (dense emergent vegetation or shrubs), and is generally difficult to observe because of its camouflaging plumage (Voisin 1991; Flis and Betleja 2015; Flis and Gwiazda 2018). The IUCN Red List classifies the conservation status of the Little Bittern as Least Concern, but the overall population trend is still a decreasing one, mainly as a result of changes to or loss of its natural habitats, e.g. old riverbeds (BirdLife International 2022). On the other hand, this secretive marsh bird is highly adaptive, displaying great environmental tolerance, and may occupy different natural and artificial habitats, such as flooded river valleys, eutrophic lakes, fishponds or small overgrown waterbodies close to human settlements (Voisin 1991; Kushlan and Hancock 2005). Detailed knowledge about the Little Bittern's habitat preferences during the breeding season is limited and varies depending on the habitat studied and the spatial scale. Small-scale research has focused only on nest-site location in different habitats (Cempulik 1994; Delelis and Boin 2006; Pardo-Cervera et al. 2010; Samraoui et al. 2012; Flis 2013, 2016; Fazili 2014a; Filipiuk 2018). Such few large-scale studies as have been conducted have addressed habitat use by Little Bitterns on urban waterbodies (Scheckenhofer 2013), and these birds' spatial behaviour in the breeding period in a shallow lake (Pezzo and Benocci 2001). But it was Pezzo and Benocci (2001) who were the first to publish data on the spatial distribution pattern of the Little Bittern's home range. They found that tracked individuals used the marshland habitat selectively, and that the location and quality of emergent vegetation patches (area, height, density) determined which of them would be used for nesting or feeding. In addition, Scheckenhofer (2013) showed that

if the chances of attracting Little Bitterns to breed in an urban landscape were to increase by 50%, the emergent vegetation patch would have to be no smaller than 0.65 ha.

In central Europe, many large fishpond complexes continue to represent a semi-natural ecosystem which is a valuable, food-rich habitat that is significant for Little Bittern populations (Wilk et al. 2010; Flis and Betleja 2015; Filipiuk 2018; Trnka 2020). It is generally believed that this elusive heron often nests in different types of emergent vegetation along pond dykes and that it forages along the edges of aquatic vegetation and pond canals, but more detailed information about its habitat requirements in such a man-made habitat is not available (Flis 2016). In the present paper, based on large-scale research, we investigated which habitat features predict the presence of the Little Bittern in a fishpond landscape by comparing the areas with and without breeding birds.

Methods

Study area

The study was conducted in the breeding season (May–August) of 2010–2012 on fishponds situated in the Lasy Janowskie Landscape Park, south-eastern Poland (50°40' N 22°20' E; Fig. 1). The total area of the eight fishpond complexes was 1380 ha: Stawy Małe 60 ha, Stawy Duże 140 ha, Pieńki 90 ha, Imielty Ług 110 ha, Brzeziny 150 ha, Maliniec 220 ha, Osówek 240 ha, Świdry 370 ha. The areas of the fishponds in the studied complexes varied from 0.5 to 90 ha, and the ponds had a similar depth (90–180 cm). The fishponds were partially or wholly covered by emergent vegetation, with dominant Common Reed *Phragmites australis* and bulrush *Typha* spp. The water depth in the emergent vegetation varied from 0 to 150 cm. Common Carp *Cyprinus carpio* was the most abundant fish species reared in these ponds (95% of the total fish biomass) (local fishponds managers – pers. comm.). The management of these fishponds involves a semi-intensive production system and a three-year rearing cycle. Three Carp age cohorts were distinguished: Carp fry (0+), Carp after first wintering (1+), and market-size Carp (2+) (Dobrowolski 1995). These fishponds are an Important Bird Area (IBA) for many other species, not only the Little Bittern, and a designated Natura 2000 site (Wilk et al. 2010).

Monitoring the Little Bittern population

Field procedures were carried out according to the methodology used for monitoring and assessing the population of breeding Little Bitterns in fish farming areas (Morin and Bommé 2006; García 2009). Poland lies in the northern part of the Little Bittern's distribution in Europe (EBCC 2022), and the first birds arrive at the breeding sites in early May when the new emergent vegetation is starting to appear (Betleja 2009). In each breeding season, from May

to August, all the pond complexes were monitored regularly, at least once every two weeks. Fieldwork took place mostly in the morning and evening hours or at night. The research was performed using the point-station methodology, where birds were recorded for 30 minutes at selected control points, by walking at 1 km/h along the pond dyke, or by using an inflatable dinghy in areas otherwise hard to reach. The surveys were conducted using a loudspeaker broadcasting the male's advertising call. All Little Bittern activities were recorded on a 1:5000 map. Potential nesting sites were located by listening for calling males in their territories and observing birds flying over particular reedbed areas. Nests were located by systematically searching all potential breeding sites, wading through patches of emergent vegetation (for detailed information, see Flis 2013, 2016).

Relationships between habitat features and Little Bittern distribution

The fishpond complexes were divided into two groups: (A) with breeding Little Bitterns, and (B) without breeding Little Bitterns (Fig. 1). Using ArcGIS software, a grid of squares 100x100 m was superimposed on the area of each group (ESRI 2006). From all the squares located along the pond dykes, selected as the most suitable Little Bittern habitats, 30 study plots were randomly selected for each group (see Supplementary material Fig. S1). At the end of August 2012, all the study plots were visited in order to assess their current state and compatibility with high-resolution satellite imagery. During these field visits, selected habitat parameters were measured, such as Reed cover or Emergent vegetation width (see Supplementary material Fig. S2; Table 1). The other habitat parameters were measured in the ArcGIS environment from satellite imagery, e.g. *n* patches or Emergent vegetation edge (see Supplementary material Fig. S3; Table 1). All the habitat parameters (environmental variables) are described in Table 1.

Data analyses

Our data set contained several explanatory environmental variables that were correlated with each other (see Supplementary material Fig. S4). Thus, we used partial least squares (PLS) regression to analyse which environmental factors were associated with Little Bittern presence. PLS is a technique used with data that contain correlated predictor variables. The big advantage of this method is that data can be analysed with a large number of predictors (larger than the number of observations). This technique constructs new predictor variables, known as components, as linear combinations of the original predictor variables. PLS constructs these components while maximizing covariance between the predictors and response variables (Esposito Vinzi et al. 2010).

To perform PLS we used the “plsdepot” package (Sanchez 2012); we chose this because it gives a good visualization of results. We used the optimization procedure of mean squared error examination to choose the optimal number of latent variables (pls components) implemented in the “pls” package (Mevik et al. 2016). In order to test which environmental variables had a statistically significant effect on Little Bittern presence, we carried out a regularized variable elimination procedure for parsimonious variable selection in the “plsVarSel” package (Mehmood et al. 2011). For each environmental variable we also calculated the variable importance based on PLS coefficients. All the calculations were done in R (R Core Team 2017).

Results

In 2010–2012, 8–13 pairs of Little Bittern nested on two of the eight fishpond complexes (Fig. 1). Interestingly, no Little Bittern presence was recorded on the other six fishpond complexes.

We found that two components were selected in the PLS regression (Fig. 2) and explained 53% of the variation in the Little Bittern presence data. The selection procedure indicated the environmental variables that were positively related to Little Bittern presence in the fishpond habitat (with the decreasing importance): Emergent vegetation height, Water depth, Pond dyke, Emergent vegetation area, Pond canal, Emergent vegetation width and Pond area (Fig. 3, 4; Table 2). The selection procedure identified six environmental variables that were negatively linked with the presence of Little Bittern (with the decreasing importance): Emergent vegetation edge, Sedge cover, Dry pond, Open water, Bulrush cover and Open area (Fig. 3, 5; Table 2).

Discussion

From a spatial point of view, comparison of different scales of research under the same environmental conditions offers a mechanistic understanding of habitat selection processes by many bird species (Pickens and King 2014; Jedlikowski et al. 2016). In our study, the results of large-scale research partially corresponded to those of the small-scale research (nest-site location) previously conducted in the same area (see Flis 2016). In both cases, the height of emergent vegetation (Common Reed) was crucial for nest location, because the height and density of aquatic vegetation are the key factors influencing brood survival in many marsh birds, including bitterns (Polak 2007; Polak et al. 2008; Fazili 2014b).

It is known that Little Bitterns often use quite small areas of emergent vegetation and shrubs to nest in, but the size of these patches can vary depending on the habitat occupied, e.g. 0.07

ha on urban waterbodies or 4.6 ha in natural wetlands (Benassi et al. 2009; Scheckenhofer 2013). We found that the surface area and width of emergent vegetation patches were larger in the study plots with breeding Little Bitterns. These emergent vegetation parameters may therefore be an indication of habitat quality for this species. On the other hand, the length of the emergent vegetation edge was a negative predictor of Little Bittern presence, which is in fact linked to the shape of emergent vegetation patches. On fishpond complexes, Little Bitterns preferred compact patches of a regular shape without any great variation in the edge in the form of indentations or fringes. Such regularly shaped patches can also be created by partially cutting the emerging vegetation, a common practice in fishponds, but in many cases, it leads to a significant reduction of the breeding habitat area and thus the disappearance of Little Bitterns (Szlivka 1958; Flis and Betleja 2015; Flis 2016).

In natural and semi-natural habitats like fishponds, nest predation is a major cause of brood losses among marshland birds so the presence of water below and around the nest is a significance hindrance to predators (Polak 2007; Polak et al. 2008; Jedlikowski et al. 2016). Furthermore, stable hydrological conditions throughout the breeding season ensure access to food (Kloskowski et al. 2010). In our study, too, the water level was a significant environmental factor affecting the distribution of Little Bitterns. Although the water depth ranges measured in both survey areas were only approximate, dry patches of pond bed were recorded on the study plots without breeding Little Bitterns, which was not the case on the plots with breeding birds.

The presence of pond dykes and pond canals creates many potential nesting and foraging sites for different bird species associated with aquatic vegetation (Sebastián-González et al. 2010; Filipiuk 2018). In our fishponds, both dykes and canals were covered by emergent vegetation, and they were also diverse as regards area and the presence of various hydrotechnical structures, such as monks or boat launch slipways. The existence of these habitat parameters had a significant and positive effect on the presence of Little Bitterns, which can use the edge of dykes or canals as a means of obtaining food.

Small-scale research showed that breeding Little Bitterns were closely associated with the Common Reed, because all nests found were located in perennial patches of this emergent plant (Flis 2016; Flis and Gwiazda 2018). Interestingly, this analysis showed that the actual proportion of Common Reed in emergent vegetation patches was not significant, which suggests that the availability of high-quality Common Reed patches was limited. It has been found that bulrushes are also frequently chosen as nesting sites in different habitats, including Carp fishponds (Pardo-Cervera et al. 2010; Samraoui et al. 2012; Filipiuk 2018), so it is hard to explain why in our research the bulrush cover negatively predicted the presence of Little Bitterns. There were fewer patches of other emergent plants, like club-rushes *Schoenoplectus*

spp. and sedges *Carex* spp.; as these do not grow very tall, they are a sub-optimal habitat for Little Bitterns.

The Little Bittern has a wide food spectrum (Voisin 1991), but like other heron species it is also an opportunist that uses the most readily available food source, which in our case was the Common Carp (Flis and Gwiazda 2018). The predominance of fry ponds in particular fishpond complexes could have a positive influence on the Little Bittern presence. In the fishponds surveyed, the proportion of Carp age cohorts was similar in both areas, and fish age had no influence on the presence of the Little Bittern.

Conclusions

Fishpond complexes with extensive or semi-intensive fish farming systems are human-managed habitats known for their high biodiversity. The maintenance of relatively small patches of tall perennial emergent vegetation offers potential breeding sites for Little Bitterns. There was some contrast in the Little Bittern's habitat preferences compared to other studies conducted in natural and man-made habitats, indicating that this species exhibits environmental plasticity. Its comparatively undemanding breeding requirements enable it to nest in various anthropogenic habitats, an aspect that may be important for arresting its decline right across its breeding range.

Acknowledgements

We would like to thank Prof. Zbigniew Głowaciński for inspiring this work and Agata Flis for her assistance with the fieldwork. We greatly appreciate the cooperation of the local fish farmers. The fieldwork was carried out with the permission of the General Directorate for Environmental Protection (DOPozgiz-4200/III-162/2212/10/dl). The research methods met all the ethical guidelines for the study of wild birds and were in compliance with the current standards and policies of Polish law.

Authors' contributions

AF conceived the study, designed the methodology, carried out the field work, data analysis and drafted the manuscript. PS performed the data analysis and drafted the manuscript. WK took part in designing the methodology, data analysis and drafted the manuscript.

Funding

The research was carried out without funding sources.

References

- Amano T, Székely T, Sandel B, Nagy S, Mundkur T, Langendoen T, Blanco D, Soykan CU, Sutherland WJ (2018) Successful conservation of global waterbird populations depends on effective governance. *Nature* 553:199–202. <https://doi.org/10.1038/nature25139>
- Benassi G, Battisti C, Luiselli L, Boitani L (2009) Area-sensitivity of three reed bed bird species breeding in Mediterranean marshland fragments. *Wetl Ecol Manag* 17:555–564. <https://doi.org/10.1007/s11273-009-9135-9>
- Betleja J (2009) Little Bittern *Ixobrychus minutus*. In: Chylarecki P, Sikora A, Cenian Z (eds) Monitoring of breeding birds. Methodological guide. Chief Inspectorate of Environmental Protection, Warsaw, Poland, pp 109–112. (In Polish)
- BirdLife International (2022) Species factsheet: *Ixobrychus minutus*. <http://www.birdlife.org> Accessed 5 May 2022
- Cempulik P (1994) Population trends, breeding biology and ecology of Little Bittern *Ixobrychus minutus* at fish ponds and industrial reservoirs in Upper Silesia, Poland. *Vogelwelt* 115:19–27. (In German)
- Davidson NC (2014) How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Mar Freshwater Res* 65:934–941. <https://doi.org/10.1071/MF14173>
- Delelis N, Boin S (2006) Typology of Little Bittern *Ixobrychus minutus* habitat in the Audomarois marshes (Pas-de-Calais). *Alauda* 74:65–75. (In French)
- Dobrowolski KA (1995) Environmental-economic evaluation of fish ponds in Poland. IUCN Poland, Warsaw. (In Polish)
- EBCC (2022) European Breeding Bird Atlas 2 website. European Bird Census Council. <http://ebba2.info> Accessed 4 April 2022
- Esposito Vinzi V, Chin WW, Henseler J, Wang H (2010) Handbook of Partial Least Squares: concepts, methods and applications. Springer, Heidelberg
- ESRI (2006) ArcGIS, version 9.2. Environmental Systems Research Institute, Redlands
- Fazili MF (2014a) Nesting ecology and breeding success of Little Bittern in Wular Lake Kashmir, India. *N Y Sci J* 7:109–118
- Fazili MF (2014b) Clutch predation in relation to mean vegetation height and reed density at the nest in Little Bittern (*Ixobrychus minutus minutus*). *Journal of Global Biosciences* 3:516–519

- Filipiuk MK (2018) Breeding biology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* (L., 1766) on fish ponds in the Lublin region. PhD dissertation. Maria Curie-Skłodowska University, Lublin. (In Polish)
- Flis A (2013) Population status and breeding biology of Little Bittern *Ixobrychus minutus* on the fishponds in Janowskie Forests Landscape Park (SE Poland). *Chrońmy Przyr Ojcz* 69:96–105. (In Polish)
- Flis A (2016) Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. *Pol J Ecol* 64:268–276. <https://doi.org/10.3161/15052249PJE2016.64.2.010>
- Flis A, Betleja J (2015) Little Bittern *Ixobrychus minutus*. In: Chylarecki P, Sikora A, Cenian Z, Chodkiewicz T (eds) *Monitoring of breeding birds. Methodological guide, edition II*. Chief Inspectorate of Environmental Protection, Warsaw, Poland, pp 349–353. (In Polish)
- Flis A, Gwiazda R (2018) Diet and feeding of nestling Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at fishponds: testing a new method for studying a difficult-to-monitor species. *Bird Study* 65:257–260. <https://doi.org/10.1080/00063657.2018.1446128>
- García P (2009) Assessment of two methods for estimating Little Bittern *Ixobrychus minutus* populations in fluvial habitats in Central Spain. *Rev Cat Ornitol* 25:54–58
- Jedlikowski J, Chibowski P, Karasek T, Brambilla M (2016) Multi-scale habitat selection in highly territorial bird species: Exploring the contribution of nest, territory and landscape levels to site choice in breeding rallids (Aves: Rallidae). *Acta Oecol* 73:10–20. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2016.02.003>
- Kloskowski J, Nieoczym M, Polak M, Pitucha P (2010) Habitat selection by breeding waterbirds at ponds with size-structured fish populations. *Naturwissenschaften* 97:673–682. <https://doi.org/10.1007/s00114-010-0684-9>
- Kushlan JA, Hancock JA (2005) *The Herons*. Oxford University Press, Oxford
- Ledwoń M, Betleja J, Stawarczyk T, Neubauer G (2014) The Whiskered Tern *Chlidonias hybrida* expansion in Poland: the role of immigration. *J Ornithol* 155:459–470. <https://doi.org/10.1007/s10336-013-1027-3>
- Leibowitz SG (2003) Isolated wetlands and their functions: an ecological perspective. *Wetlands* 23:517–531
- Mehmood T, Liland KH, Snipen L, Sæbø S (2011) A review of variable selection methods in Partial Least Squares Regression. *Chemometr Intell Lab* 118:62–69. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2012.07.010>

Mevik B-H, Wehrens R, Liland KH (2016) pls: Partial Least Squares and Principal Component Regression. R package version 2.6-0. <https://CRAN.R-project.org/package=pls>

Morin C, Bommé S (2006) Methodological contribution to monitoring Little Bittern *Ixobrychus minutus* in fish farming areas. *Alauda* 74:143–150. (In French)

Newton I (2013) Bird populations. HarperCollins Publishers, London

Pardo-Cervera F, Sorensen IH, Jensen C, Ruiz X, Sanchez-Alonso C (2010) Breeding biology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in the Ebro Delta (NE Spain). *Ardeola* 57:407–416

Pérez-García JM, Sebastián-González E, Alexander KL, Sánchez-Zapata JA, Botella F (2014) Effect of landscape configuration and habitat quality on the community structure of waterbirds using a man-made habitat. *Eur J Wildl Res* 60:875–883. <https://doi.org/10.1007/s10344-014-0854-8>

Pezzo F, Benocci A (2001) Spatial behaviour of the Little Bittern *Ixobrychus minutus*, implications for conservation. *Avocetta* 25:78

Pickens BA, King SL (2014) Multiscale habitat selection of wetland birds in the Northern Gulf Coast. *Estuar Coast* 37:1301–1311. <https://doi.org/10.1007/s12237-013-9757-2>

Polak M (2007) Nest-site selection and nest predation in the Great Bittern *Botaurus stellaris* population in eastern Poland. *Ardea* 95:31–38. <https://doi.org/10.5253/078.095.0104>

Polak M, Kasprzykowski Z, Kucharczyk M (2008) Micro-habitat nest preferences of the great bittern, *Botaurus stellaris*, on fishponds in central-eastern Poland. *Ann Zool Fenn* 45:102–108. <https://doi.org/10.5735/086.045.0202>

R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Samraoui F, Nedjah R, Bouchecker A, Alfarhan AH, Samraoui B (2012) Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study* 59:496–503. <https://doi.org/10.1080/00063657.2012.733335>

Sanchez G (2012) plsdepot: Partial Least Squares (PLS) Data Analysis Methods. R package version 0.1.17. <https://CRAN.R-project.org/package=plsdepot>

Santoul F, Gaujard A, Angélibert S, Mastrorillo S, Céréghino R (2009) Gravel pits support waterbird diversity in an urban landscape. *Hydrobiologia* 634:107–114. <https://doi.org/10.1007/s10750-009-9886-6>

Scheckenhofer C (2013) Habitat preferences of Little Bitterns *Ixobrychus minutus* breeding in wetlands embedded in an urban habitat matrix: a case study from Vienna, Austria. MSc dissertation. University of Vienna, Vienna.

Sebastián-González E, Sánchez-Zapata JA, Botella F (2010) Agricultural ponds as alternative habitat for waterbirds: spatial and temporal patterns of abundance and management strategies. *Eur J Wildl Res* 56:11–20. <https://doi.org/10.1007/s10344-009-0288-x>

Szlivka A (1958) The little bittern breeding in a colony. *Aquila* 65:339

Trnka A (2020) Nestling diet and breeding success of Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at two artificial fishpond complexes in south-western Slovakia. *Ardea* 108:161–169. <https://doi.org/10.5253/arde.v108i2.a2>

Tscharntke T (1992) Fragmentation of *Phragmites* habitats, minimum viable population size, habitat suitability, and local extinction of moths, midges, flies, aphids and birds. *Conserv Biol* 6:530–536. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.06040530.x>

Voisin C (1991) *The Herons of Europe*. T&AD Poyser, London

Wilk T, Jujka M, Krogulec J, Chylarecki P (2010) Important Bird Areas of international importance in Poland. OTOP, Marki. (In Polish)

Figures and Tables

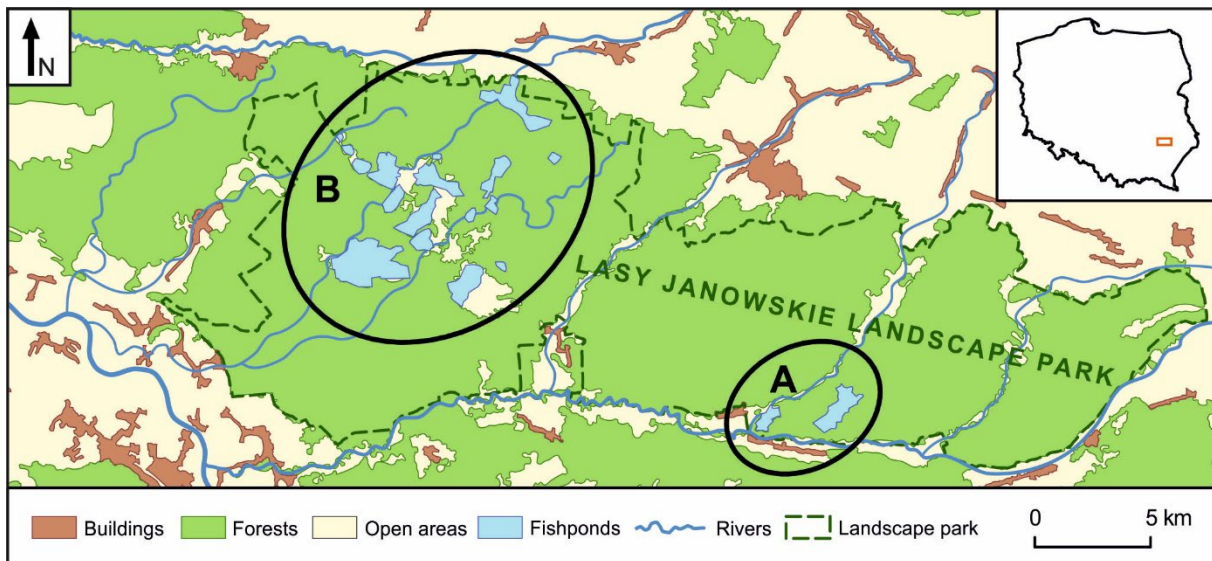


Fig. 1 Map of the study area in 2010–2012: A – two fishpond complexes with breeding Little Bitterns (Stawy Małe, Stawy Duże; total area 200 ha), B – six fishpond complexes without breeding Little Bitterns (Pieńki, Imielty Ług, Brzeziny, Maliniec, Osówek, Świdry; total area 1180 ha)

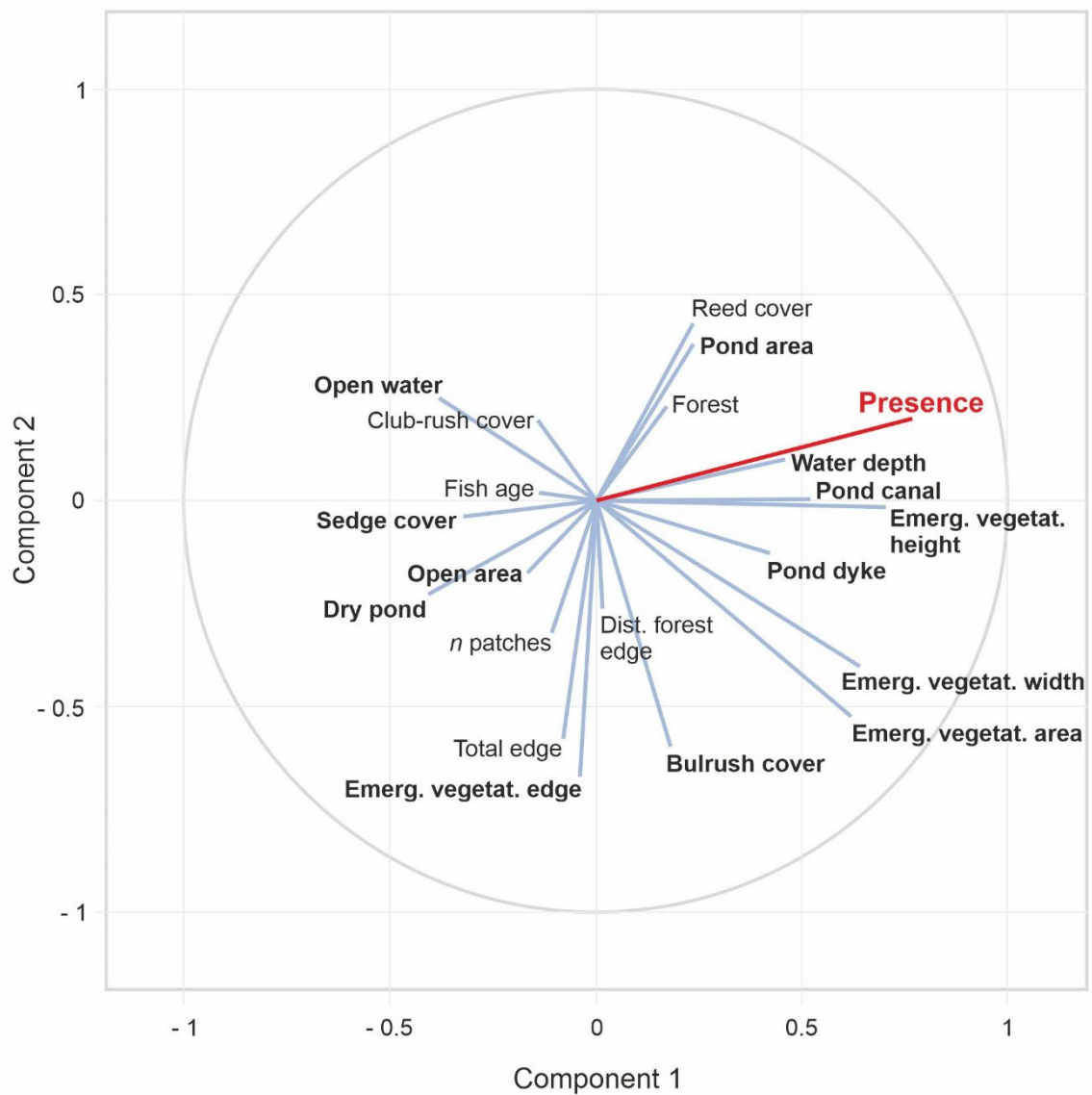


Fig. 2 Results of partial least squares (PLS) regression. Two latent variables (components) were identified that explained the presence (in red) of Little Bittern in the fishpond habitat. Environmental variables selected as statistically significant are emboldened

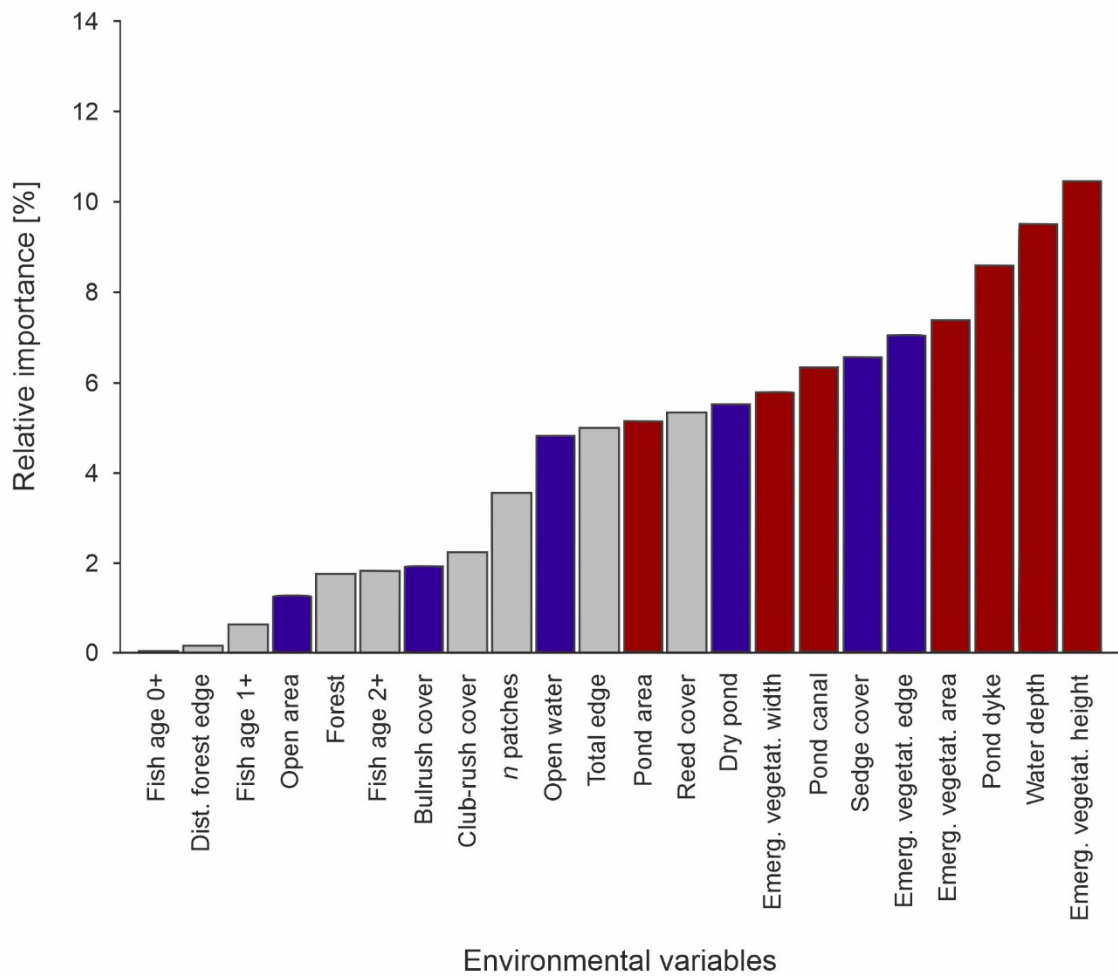
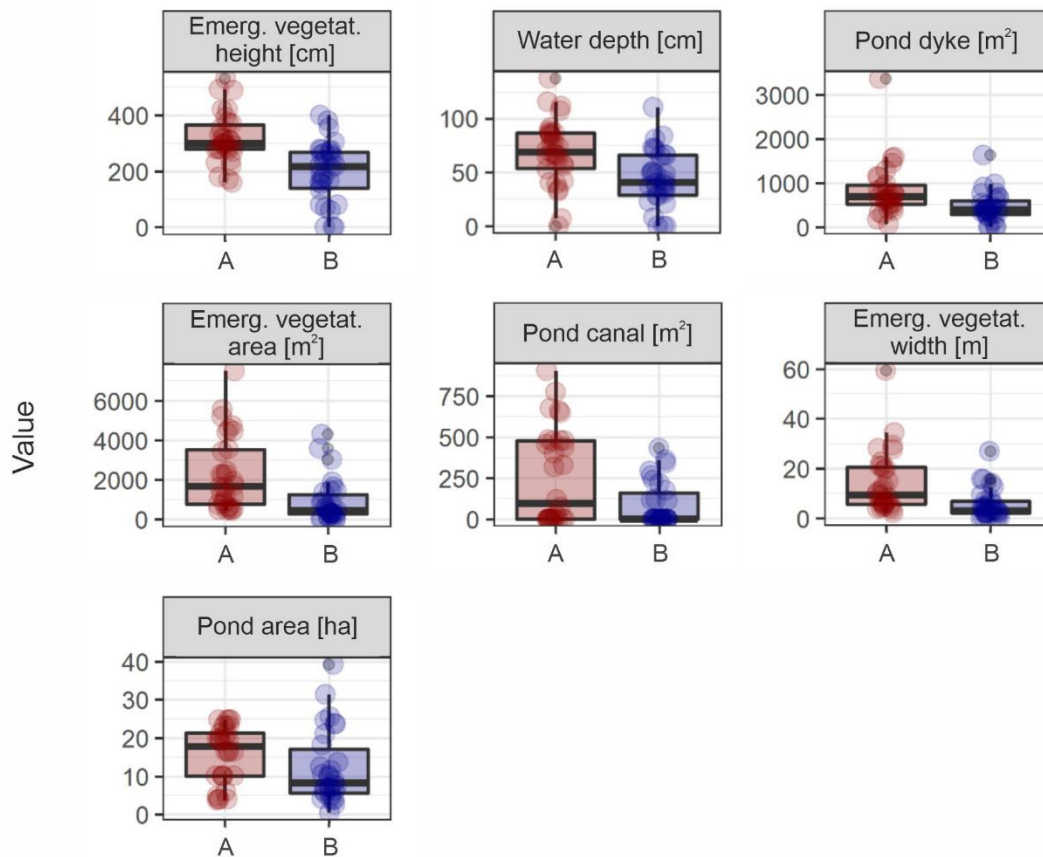


Fig. 3 The relative importance of environmental variables in PLS regression. Variables that were selected as statistically significant are shown in red (positive effect of the presence of Little Bittern) or in blue (negative effect of the presence of Little Bittern). Non-significant variables are in grey



Little Bittern presence

Fig. 4 Comparison of values (points) of environmental variables that positively predicted the Little Bittern presence. A/red: fishpond complexes with breeding Little Bitterns; B/blue: fishpond complexes without breeding Little Bitterns. The boxes show the median (bold line), interquartile range (box), min-max values (whiskers) and outliers (points beyond the whiskers)

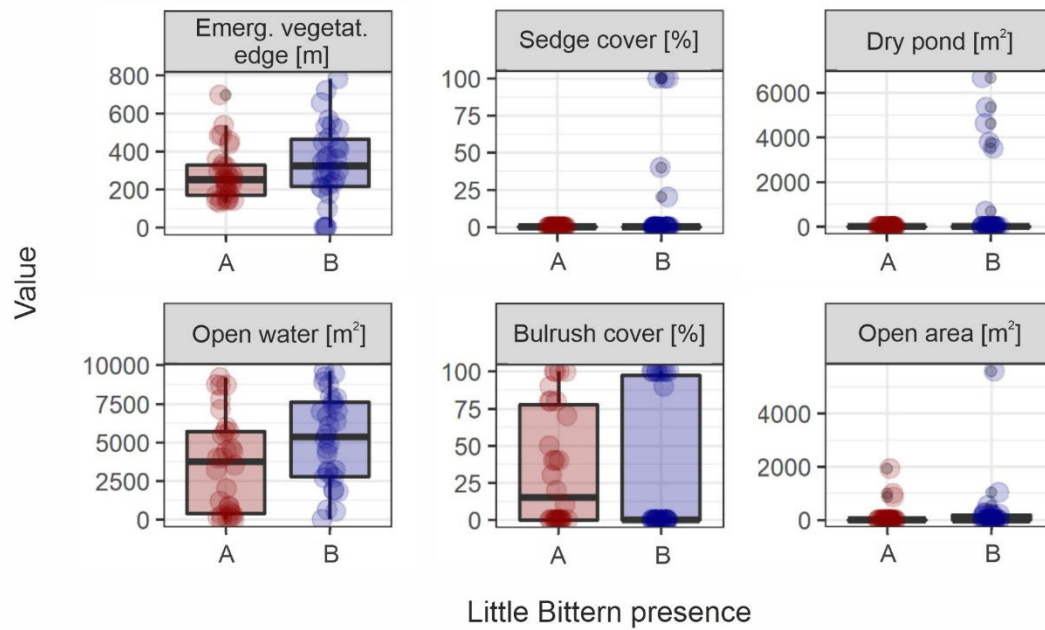


Fig. 5 Comparison of values (points) of environmental variables that negatively predicted the Little Bittern presence. A/red: fishpond complexes with breeding Little Bitterns; B/blue: fishpond complexes without breeding Little Bitterns. The boxes show the median (bold line), interquartile range (box), min-max values (whiskers) and outliers (points beyond the whiskers)

Table 1 Environmental variables (habitat parameters) selected as potential predictors of Little Bittern presence in the study area. The variables were measured in the study plots. A – fishpond complexes with breeding Little Bitterns; B – fishpond complexes without breeding Little Bitterns. The variables are presented as the mean \pm standard deviation (SD) and range

Variable	Description	Fishpond complexes	
		A	B
<i>n</i> patches	Total number of habitat patches. Counted using ArcGIS	6.2 \pm 2.1 (4–13)	6.8 \pm 2.4 (3–15)
Pond dyke	Total area of pond dyke patch. Measured using ArcGIS [m ²]	822.1 \pm 614.9 (59.3–3363.1)	447.9 \pm 336.7 (0–1629.3)
Pond canal	Total area of pond canal patch. Measured using ArcGIS [m ²]	258.2 \pm 290.6 (0–905.8)	89.1 \pm 134.9 (0–432.6)
Forest	Total area of forest patch. Measured using ArcGIS [m ²]	2903.7 \pm 2971.7 (0–8259.6)	2282.5 \pm 2870.9 (0–8746.3)
Open area	Total area of wasteland or open area patches. Measured using ArcGIS [m ²]	126.1 \pm 413.9 (0–1928.6)	294 \pm 1022.7 (0–5590.8)
Dry pond	Total area of dry pond patch (without emergent vegetation). Measured using ArcGIS [m ²]	0	813.3 \pm 1863.4 (0–6642.8)
Emergent vegetation area (Emerg. vegetat. area)	Total area of emergent vegetation patch. Measured using ArcGIS [m ²]	2298.6 \pm 1886.2 (426.5–7492.9)	870.5 \pm 1085.9 (0–4297.3)
Open water	Total area of open water patch (without emergent vegetation). Measured using ArcGIS [m ²]	3591.3 \pm 3152.3 (0–9189.3)	5197.6 \pm 2918.7 (0–9612.7)
Total edge	Total length of edge of habitat patches. Measured using ArcGIS [m]	452 \pm 179.8 (186.6–883.8)	503 \pm 204.1 (133.6–1068.4)
Emergent vegetation edge (Emerg. vegetat. edge)	Total length of edge of emergent vegetation patch. Measured using ArcGIS [m]	281.5 \pm 139.9 (131.7–695.3)	334.7 \pm 208.1 (0–778.9)
Distance to forest edge (Dist. forest edge)	Distance from the study plot to the nearest forest edge. Measured using ArcGIS [m]	67.3 \pm 111.1 (0–431.5)	65.7 \pm 88.4 (0–284.6)
Reed cover*	Proportion of emergent vegetation patch covered by Common Reed [%]	63.3 \pm 41.4 (0–100)	45.3 \pm 48.6 (0–100)

Bulrush cover*	Proportion of emergent vegetation patch covered by bulrushes [%]	34.3 ± 39.6 (0–100)	29.7 ± 46.1 (0–100)
Club-rush cover*	Proportion of emergent vegetation patch covered by club-rushes [%]	2.3 ± 12.8 (0–70)	3 ± 16.4 (0–90)
Sedge cover*	Proportion of emergent vegetation patch covered by sedges [%]	0	12 ± 30.9 (0–100)
Emergent vegetation height (Emerg. vegetat. height)	Mean height of emergent vegetation patch measured at the emergent vegetation edge and open water/dry pond surface. Mean of three equally spaced measurements located along the length of the emergent vegetation edge. Measured with an accuracy of 10 cm during the field visit [cm]	316.5 ± 90.8 (160–530)	197 ± 108.6 (0–400)
Emergent vegetation width (Emerg. vegetat. width)	Mean width of the emergent vegetation patch measured between the pond dyke edge and the open water/dry pond surface. Mean of three equally spaced measurements located along the length of pond dyke edge. Measured with an accuracy of 0.1 m during the field visit [m]	14.1 ± 12.5 (2.2–59.3)	5.5 ± 6 (0–26.8)
Water depth	Mean water depth measured at the emergent vegetation edge and the open water surface, or at the pond dyke edge and the open water surface. Mean of three equally spaced measurements located along the length of emergent vegetation/pond dyke edge. Measured with an accuracy of 1 cm during the field visit [cm]	69.1 ± 30.5 (0–138)	44.8 ± 26.6 (0–111)
Pond area	Total area of the pond where the study plot was located. Measured using ArcGIS [ha]	15.7 ± 7.4 (3.8–24.8)	12.1 ± 9.5 (0.5–39.2)
Fish age**	(0+), (1+), (2+) Carp age cohorts [%]. (Local fishpond managers – pers. comm.)	(0+) 16.7% (1+) 30% (2+) 53.3%	(0+) 6.7% (1+) 30% (2+) 63.3%

* Field measurements with a GPS receiver involved mapping all the emergent vegetation patches. Measured with an accuracy of 10%

** For Fish age, the percentage of ponds occupied (within the study plots) for each Carp age cohort is given

Table 2 Partial least squares (PLS) regression coefficients for each explanatory environmental variable. Variables selected as statistically significant are emboldened

Variable	Estimate
<i>n</i> patches	-0.079
Pond dyke	0.182
Pond canal	0.128
Forest	0.032
Open area	-0.033
Dry pond	-0.123
Emergent vegetation area	0.153
Open water	-0.091
Total edge	-0.109
Emergent vegetation edge	-0.149
Distance to forest edge	0.004
Reed cover	0.102
Bulrush cover	-0.034
Club-rush cover	0.051
Sedge cover	-0.134
Emergent vegetation height	0.213
Emergent vegetation width	0.117
Water depth	0.207
Pond area	0.117
Fish age	-0.089

Supplementary material

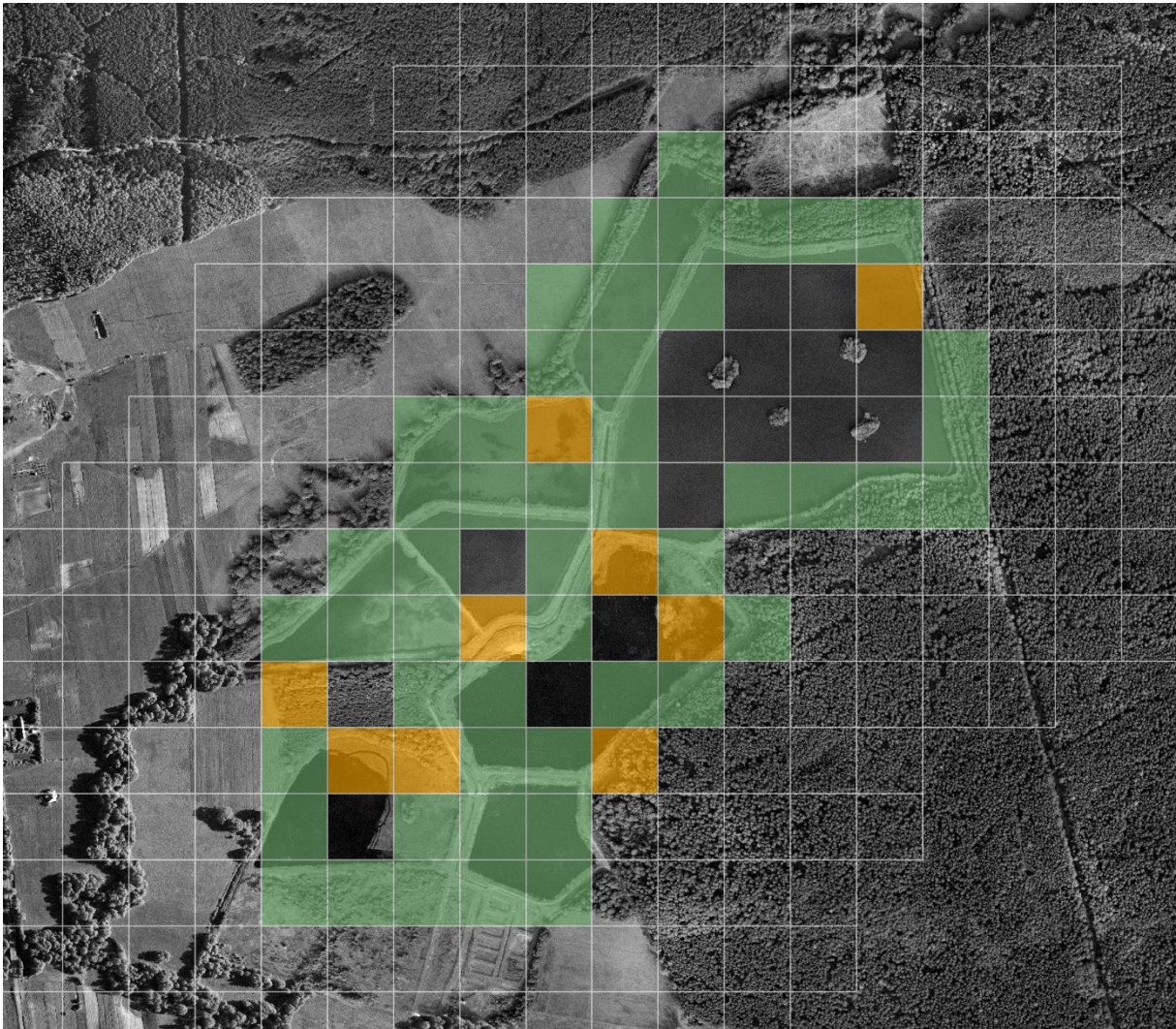


Fig. S1 An example of one of the fishpond complexes studied (Stawy Małe) with a 100x100 m square grid superimposed. The green squares, located along the pond dykes, were selected as the most suitable breeding habitats for Little Bittern on the entire the fishpond complex area. The orange squares (study plots) were randomly selected from among all the green squares. A total of 30 study plots were randomly selected for each group of fishpond complexes (Fig. 1)



Fig. S2 View of one study plot with a narrow riparian belt of perennial Common Reed, the Little Bittern's nesting site on fishponds in the Lasy Janowskie Landscape Park (south-eastern Poland)

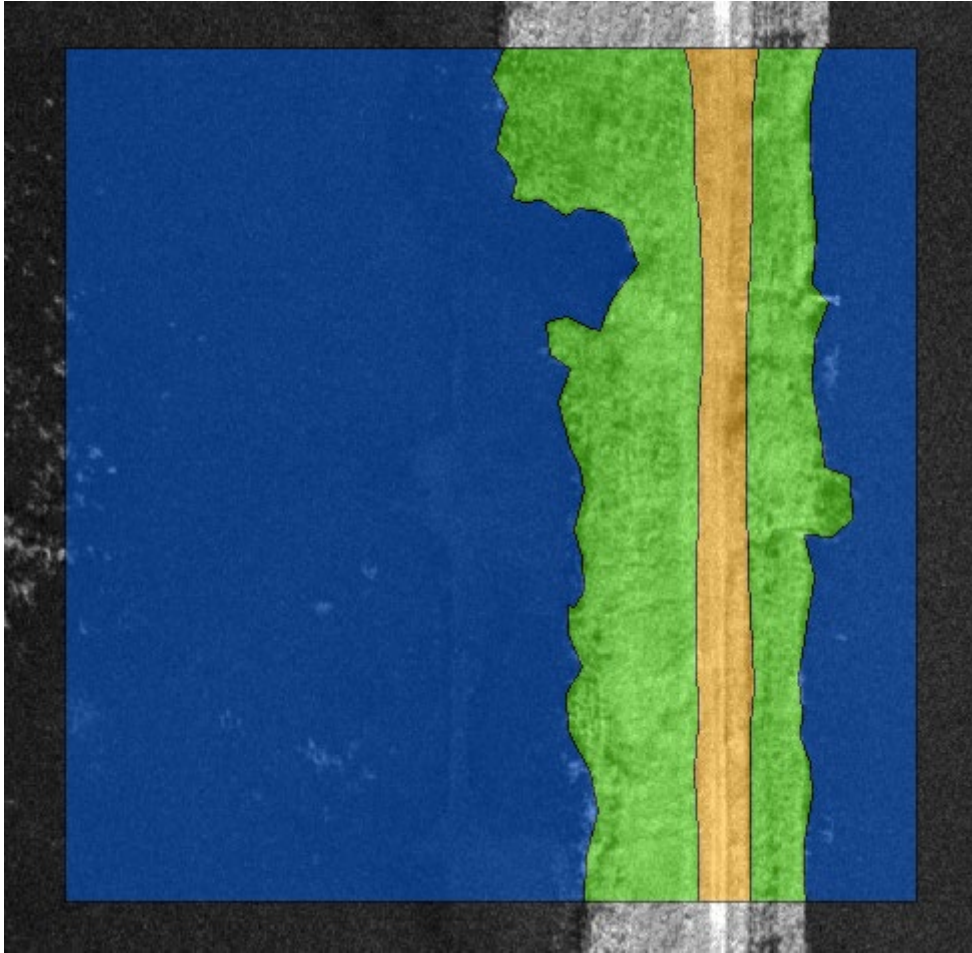


Fig. S3 An example of a study plot shown in satellite imagery with the habitat patches marked using ArcGIS: blue – Open water, green – Emergent vegetation area, orange – Pond dyke

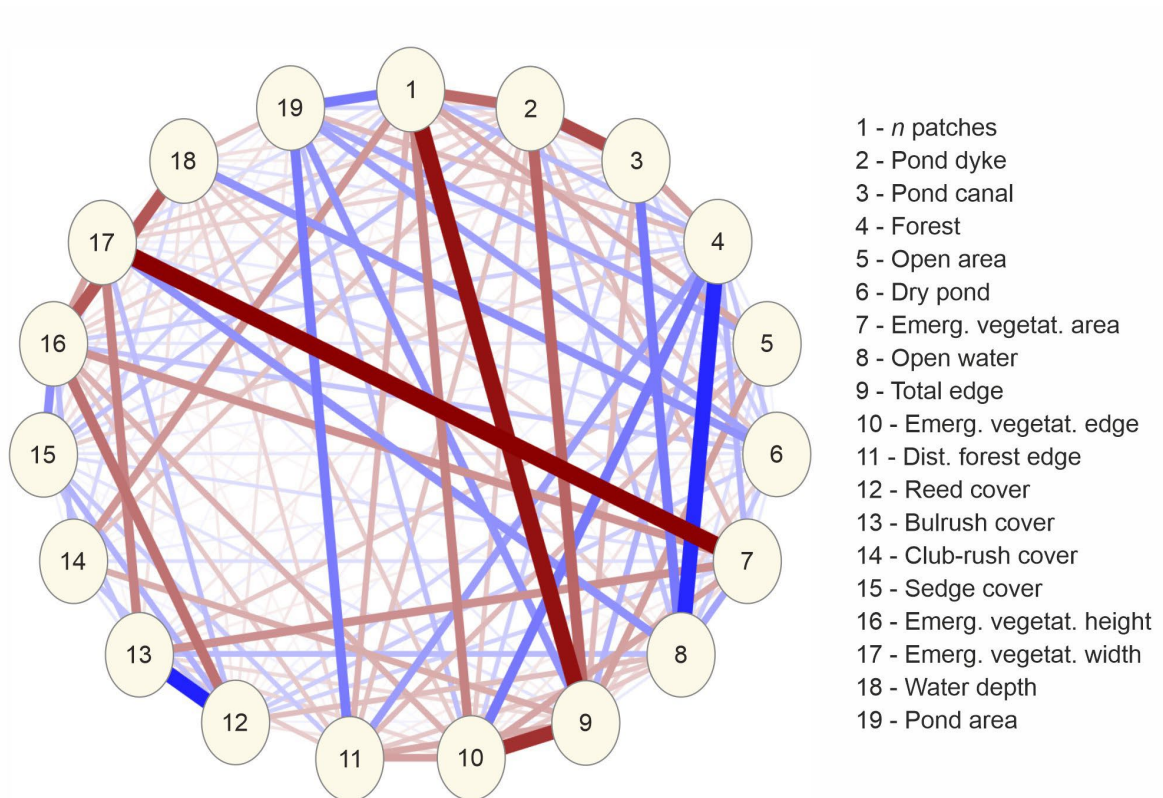


Fig. S4 Correlation structure among continuous explanatory environmental variables related to the presence of Little Bittern in the study area. The width and colour intensity of the lines indicate the strength of the correlation. The red lines are positive correlations, the blue ones are negative correlations. The numbers indicate the variable codes (explained in Table 1)

Artykuł 2

Flis A. (2016) Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. Polish Journal of Ecology 64 (2): 268-276, DOI: 10.3161/15052249PJE2016.64.2.010
(IF = 0.431, 40 pkt MEiN)

Ten artykuł jest chroniony prawem autorskim i wszystkie prawa należą do Muzeum i Instytutu Zoologii Polskiej Akademii Nauk. Pełna wersja artykułu dostępna na [stronie](#).

This article is protected by copyright and all rights are held by Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Science. The final publication is available at [website](#).

Artykuł 3

Flis A., Gwiazda R. (2018) Diet and feeding of nestling Little Bitterns *Ixobrychus minutus* at fishponds: testing a new method for studying a difficult-to-monitor species. *Bird Study* 65 (2): 257-260, DOI: 10.1080/00063657.2018.1446128
(IF = 0.819, 70 pkt MEiN)

Ten artykuł jest chroniony prawem autorskim i wszystkie prawa należą do Taylor & Francis. Pełna wersja artykułu dostępna na [stronie](#).

This article is protected by copyright and all rights are held by Taylor & Francis. The final publication is available at [website](#).

Artykuł 4

Flis A., Gwiazda R., Krztoń W. (2020) Sex differences in Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* parental care: a pilot study. *Bird Study* 67 (3): 393-397, DOI: 10.1080/00063657.2020.1863334 (IF = 0.819, 70 pkt MEiN)

Ten artykuł jest chroniony prawem autorskim i wszystkie prawa należą do Taylor & Francis. Pełna wersja artykułu dostępna na [stronie](#).

This article is protected by copyright and all rights are held by Taylor & Francis. The final publication is available at [website](#).

Artykuł 5

Flis A. (202x) Vocal Activity of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) during the Breeding Season. Waterbirds: artykuł zaakceptowany do druku

(IF = 0.534, 70 pkt MEiN)

Send proofs to:
Adam Flis
Institute of Nature Conservation
Polish Academy of Sciences
Adama Mickiewicza 33
31-120 Kraków, Poland
Phone: +48 12 370 35 02
E-mail: flis@iop.krakow.pl

**Vocal Activity of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) during the
Breeding Season**

ADAM FLIS

Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences,
Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków, Poland

Corresponding author; E-mail: flis@iop.krakow.pl

Abstract.—Heron vocalization and its behavioral functions are one of the least researched aspects of heron biology. The main aim of this study was to investigate the patterns of seasonal and daily vocal output of male Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*; $n = 8$) during the breeding season (May-August). The advertising call started on 10th May, and finished on 28th July. The first peak of calling activity occurred between 21st May and 1st June, and the second one was between 14th June and 7th July. The daily vocal activity fluctuated and depended on the time of day. The males were most active between 0300-0900 hours and 1600-2200 hours, with the highest peaks in vocal output occurring before sunrise and before sunset. Higher vocal activity was observed in the evening compared to the morning hours. Moreover, the vocal activity of males was not related to air temperature.

Key words.—advertising call, call functions, fishponds, herons, male vocalization, sexual functions, territorial behavior.

Running head: LITTLE BITTERN VOCAL ACTIVITY

Bird song during the breeding season has several functions such as territory defense, mate attraction, mate guarding, or communication between pair members, and it is one of the main strategies for sexual selection in many species (Emlen and Oring 1977; Kroodsma and Byers 1991; Clutton-Brock 2007). The role of song used by males during courtship display is variable and it can be divided into two major categories: 1) male-male intra-sexual territorial defending functions; and 2) male-female inter-sexual mate attracting and stimulating functions (Catchpole and Slater 2008).

Vocal activity and its behavioral functions are one of the least studied aspects of heron biology (Kushlan and Hancock 2005), and only a few species have been investigated, e.g., Great Bittern (*Botaurus stellaris*) (Puglisi *et al.* 1997; Polak 2006). The nominate subspecies of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) is a long-distance migrant which breeds mainly in Europe (May-August) and winters in Africa (Voisin 1991). This heron species is secretive and nests in emergent vegetation or shrubs in different natural and artificial habitats, such as eutrophic lakes, flooded river valleys and fishponds (Flis and Betleja 2015). The Little Bittern is a monogamous species which breeds solitarily, sometimes in semi-colonies (Voisin 1991; Flis 2016). After arriving at the breeding grounds, the male starts building a nest alone at a selected location in its territory, and also starts uttering the mating call (named as the advertising call) both by day and night (Cramp and Simmons 1977; Kushlan and Hancock 2005). Intra-sexual territory defense and inter-sexual female attraction are the main functions of advertising call (Voisin 1991; Kushlan and Hancock 2005). In many monogamous bird species, the call functions are related to the pattern of male vocal activity during the breeding season (Catchpole and Slater 2008), but in the case of Little Bittern this pattern has never been researched before.

The principal aim of this study was to determine the seasonal and daily patterns of vocal output of male Little Bittern during the breeding season.

METHODS

Study Area

This study was conducted in 2010-2012 (May-August) at the common carp (*Cyprinus carpio*) fishponds complex (Stawy Małe), situated in the Lasy Janowskie Landscape Park, Southeast Poland (50° 36' 29.64" N, 22° 24' 38.39" E). The area of the eight ponds in the study complex varied from 3.3 to 19.5 ha (total area of 60 ha). The number of pairs of Little Bittern nesting in these fishponds was estimated to be 8 in 2010, 12 in 2011, and 8 in 2012 (Flis 2013; A. Flis, unpubl. data). Poland is located in the northern range of Little Bittern's occurrence in Europe (BirdLife International 2015), and the first birds usually arrive at the breeding grounds in early May when new emergent vegetation appears (Flis and Betleja 2015).

Advertising Call Description

The advertising call consists of far-carrying low sounds which are repeated every 2 to 3 seconds (Fig. 1). These sounds have been described as croaking, frog-like voice or resembling a deep barking of a dog, rendered as 'hogh, hogh, hogh', or 'woof, woof, woof' (Voisin 1991). The advertising call is given in a very long series lasting up to 10 minutes. It is usually recorded from a distance of about 200 m, but can also be recorded from a distance of 600 m during windless weather (Flis and Betleja 2015). Little Bittern males are the most vocally active during late afternoon and evening (Voisin 1991). High temperature and muggy weather may increase vocal activity in males (Betleja 2009).

Fieldwork

The sampling methods were similar to those used to study the temporal pattern of vocal activity of the Water Rail (*Rallus aquaticus*) and Little Crane (*Zapornia parva*, formerly *Porzana* genus) (Polak 2005), and the seasonal booming activity of the Great Bittern (Puglisi *et al.* 1997).

A preliminary study of Little Bittern vocalization was conducted from 2010 to 2011. The study involved recording of the calling males and the relationship between male vocal activity and air temperature. 40 listening sessions (20 each year) were conducted at 3 days intervals for a total of 20 males between 15th May and 15th July in 2010 and 2011. The listening sessions were held between 1800-2100 hours since higher vocal activity has been previously observed in males in the evening hours (Voisin 1991). During each listening session, vocal activity was recorded under two categories: active and inactive males were coded as 1 and 0, respectively. The air temperature was measured at the start and end of the session using a mercury thermometer with an accuracy of 1.0°C.

Male vocal activity was also studied in 2012 during the breeding season to understand the seasonal and daily patterns. 48 listening sessions at 2 days intervals were conducted on a total of eight males between 9th May and 12th August in 2012 (the study period was extended to capture the entire breeding season). Each standard session lasted 4 hours, and was successively started from: 0000-0400, 0400-0800, 0800-1200, 1200-1600, 1600-2000, 2000-2400 hours (six consecutive sessions equal one full day, and 48 sessions equal eight full days). During each session, the time of individual calling males was recorded separately for each hour. Vocalization rate was calculated as the percentage of time within an hour during

which at least one male was vocally active. Significantly higher vocal activity was defined as vocalization rate of greater than or equal to 10% for each study period/hour.

All listening sessions between 2010 and 2012 were carried out from a single point located centrally in the fishpond complex (see coordinates in Study Area). All call locations were plotted on a plan of the fishponds from a distance of 40-300 m. The research was conducted without voice playback and only spontaneous calls were recorded.

Data Analysis

The Mann-Whitney test was used to determine the effect of air temperature on male vocal activity. Mean air temperature of the session was chosen as the dependent variable, and vocal activity as the independent variable. The results were considered statistically significant when the probability of type I error was set at $P \leq 0.05$. The mean values were presented with standard deviation (\pm SD). The statistical analysis was performed using Statistica (StatSoft 2014).

RESULTS

The air temperature in listening sessions when the Little Bittern males ($n = 20$) were active vocally (mean = $19.3 \pm 3.4^\circ\text{C}$, range = $12\text{-}24.5^\circ\text{C}$, $n = 22$) and inactive vocally (mean = $18.7 \pm 4.3^\circ\text{C}$, range = $12\text{-}27^\circ\text{C}$, $n = 18$) was not statistically different ($Z = 0.802$, $P = 0.424$, $n = 40$).

The Little Bittern males ($n = 8$) were active vocally from May to July (Fig. 2). The advertising call started on 10th May, and finished on 28th July. The first peak of

vocal output occurred between 21st May and 1st June. The second peak was extended in time and occurred between 14th June and 7th July.

The daily vocal activity was variable and depended on the time of day (Fig. 3). The male's call the most intensively between 0300-0900 hours and 1600-2200 hours, with the highest peaks in vocal output occurring before sunrise and sunset. Higher vocal activity was in the evening hours than in the morning hours. Vocal production decreased between 0900-1600 hours, and completely ceased between 2200-0200 hours.

DISCUSSION

The breeding and wintering ranges of Little Bittern indicate that this species prefers a warm summer climate (Kushlan and Hancock 2005; BirdLife International 2015), and lower temperatures may effect it's behavior. In this preliminary study, air temperature did not have an observable adverse effect on male vocal activity during the breeding season, but it is possible that lower temperatures (< 12°C) in combination with other weather factors such as rainfall or strong wind may significantly affect the male's vocalization.

The Little Bittern is a rather silent heron species except during the breeding season, when the advertising call can be heard from May to July (Voisin 1991). Similar observations were also made during this study wherein the advertising call was recorded during most of the study period. In Poland, some very early arriving males can be vocally active at the very beginning of breeding season (late April), but they are usually silent until the growth of emergent vegetation. Territorial males are easy to identify by behaviors such as chasing other males from the occupied habitat patch and simultaneously uttering an advertising call (territorial function of call;

although see Flis *et al.* [2020] for male territorial behavior during the incubation period). The males were significantly less active vocally at the end of July and were inactive in August, but it may vary across years (e.g., one male was still calling on 2nd August 2010 in the Study Area; A. Flis, pers. obs.). Despite a short breeding season in Europe (Voisin 1991), the Little Bittern is a double-brooding species (Filipiuk and Kucharczyk 2016) and the second (late-season) broods occur in August (Kushlan and Hancock 2005; Flis 2013).

There were two major peaks of a male's vocal output during the breeding season. The first peak was short, in contrast to the second one which was extended in time, and they occurred respectively at the beginning and in the middle of the breeding season. The first peak occurred shortly before the first egg-laying dates in the Study Area (see Flis 2013). This suggests that the second peak may be related to the start of the second broods (Filipiuk and Kucharczyk 2016), and the advertising call is uttered only in the pre-laying period, where only unpaired males or males that failed in their breeding attempt are heard calling during the main egg-laying period (Flis 2013). The last statement may also be confirmed by observation (recording from the trail camera; Flis *et al.* 2020) of the nesting pair of Little Bitterns whose incubated eggs were predated: the male returned to the nest just a few hours later and started calling intensively again, which resulted in the arrival of female and a brief courtship display that ended with copulation (mate stimulation function of call).

The male's daily distribution of vocalization shows the highest activity before sunrise and sunset, which may be partially explained by the crepuscular behavior of Little Bittern (Flis *et al.* 2020). A similar pattern was reported for other birds living in dense marsh vegetation (e.g., Little Crake or Water Rail). Depending on the species' biology, their calling activity can be related with territoriality and intra-males/pairs long

distance communication only during the pair formation period or throughout the breeding season (Merilä and Sorjonen 1994; Polak 2005, 2006).

The quality of a male's advertising call testifies about individual condition, and is crucial in the case of secretive bird species (Polak 2005; Delgado and Penteriani 2007; Murphy *et al.* 2008). Furthermore, some males can use vocal activity in the pre-laying period as a signal of his territory and nest stand quality (Penteriani *et al.* 2002). The male Little Bittern has a unique mating system among all herons by building two nest types (breeding nest and mock nest; see Cramp and Simmons 1977; Flis 2016). The male mating strategy of starting to build a nest alone in its territory in the pre-laying period seems to be strongly related with the advertising call because this behavioral signal is usually the first step in enticing a female (mate attraction function of call and pair-bond formation).

The collected data suggests that the Little Bittern males vocalized in the pre-laying period, calling intensively after arrival and becoming silent at the start of egg-laying/incubation period. Such behavior indicates mainly an inter-sexual function of the advertising call. The territory defense function also occurs, but after egg-laying the male is probably more focused on defending and guarding only the nest site rather than the whole area of its territory, and this could explain how Little Bitterns can nest in semi-colonies (Flis *et al.* 2020).

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to acknowledge the editor and two anonymous referees for very important and helpful comments which improved this manuscript. I would also like to thank Agata Flis for help with the field work. I greatly appreciate the cooperation of local fish farmers. The field work was carried out under permission of the General

Directorate for Environmental Protection (DOPozgiz-4200/III-162/2212/10/dl). The research methods meet all ethical guidelines for the study of wild birds, and were in compliance with the current standards and policies of Polish law. This study was partly supported by statutory funds of the Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences.

LITERATURE CITED

- Betleja, J. 2009. Little Bittern *Ixobrychus minutus*. Pages 109-112 in Monitoring of Breeding Birds. Methodological guide (P. Chylarecki, A. Sikora and Z. Cenian, Eds.). Chief Inspectorate Of Environmental Protection, Warsaw, Poland. (In Polish)
- BirdLife International. 2015. European Red List of Birds. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Catchpole, C. K. and P. J. B. Slater. 2008. Bird song: biological themes and variations. Cambridge University Press, New York.
- Clutton-Brock, T. 2007. Sexual selection in males and females. *Science* 318: 1882-1885.
- Cramp, S. and K. E. L. Simmons (Eds.). 1977. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic. Vol. I: Ostrich to Ducks. Oxford University Press, Oxford.
- Delgado, M. M. and V. Penteriani. 2007. Vocal behaviour and neighbour spatial arrangement during vocal displays in eagle owls (*Bubo bubo*). *Journal of Zoology* 271: 3-10.
- Emlen, S. T. and L. W. Oring. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science* 197: 215-223.

Flis, A. 2013. Population status and breeding biology of Little Bittern *Ixobrychus minutus* on the fishponds in Janowskie Forests Landscape Park (SE Poland).

Chrońmy Przyrodę Ojczystą 69: 96-105. (In Polish)

Flis, A. 2016. Nest types and nest-site selection of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* breeding in fishpond habitat in south-eastern Poland. Polish Journal of Ecology 64: 268-276.

Flis, A. and J. Betleja. 2015. Little Bittern *Ixobrychus minutus*. Pages 349-353 in Monitoring of Breeding Birds. Methodological guide. Edition II (P. Chylarecki, A. Sikora, Z. Cenian and T. Chodkiewicz, Eds.). Chief Inspectorate Of Environmental Protection, Warsaw, Poland. (In Polish)

Flis, A., R. Gwiazda and W. Krztoń. 2020. Sex differences in Little Bittern *Ixobrychus m. minutus* parental care: a pilot study. Bird Study 67: 393-397.

Filipiuk, M. and M. Kucharczyk. 2016. A puzzling case of successful double-brooding in the Little Bittern *Ixobrychus m. minutus*. Ardea 104: 182-186.

Kroodsma, D. E. and B. E. Byers. 1991. The function(s) of bird song. American Zoologist 31: 318-328.

Kushlan, J. A. and J. A. Hancock. 2005. The herons. Oxford University Press, Oxford, UK.

Merilä, J. and J. Sorjonen. 1994. Seasonal and diurnal patterns of singing and song-flight activity in Bluethroats (*Luscinia svecica*). Auk 111: 556-562.

Murphy, M. T., K. Sexton, A. C. Dolan and L. J. Redmond 2008. Dawn song of the eastern kingbird: an honest signal of male quality? Animal Behaviour 75: 1075-1084.

Penteriani, V., B. Faivre, J. Mazuc and F. Cezilly. 2002. Pre-laying vocal activity as a signal of male and nest stand quality in goshawks. Ethology Ecology & Evolution 14: 9-17.

Polak, M. 2005. Temporal pattern of vocal activity of the Water Rail *Rallus aquaticus* and the Little Crake *Porzana parva* in the breeding season. Acta Ornithologica 40: 21-26.

Polak, M. 2006. Booming activity of male Bitterns *Botaurus stellaris* in relation to reproductive cycle and harem size. Ornis Fennica 83: 27-33.

Puglisi, L., O. Cima and N. E. Baldaccini. 1997. A study of the seasonal booming activity of the Bittern *Botaurus stellaris*; what is the biological significance of the booms? Ibis 139: 638-645.

StatSoft. 2014. Statistica (data analysis software system), v. 12.

<http://www.statsoft.pl>, accessed 15 October 2021.

Voisin, C. 1991. The herons of Europe. T & AD Poyser, London, UK.

Figure 1.

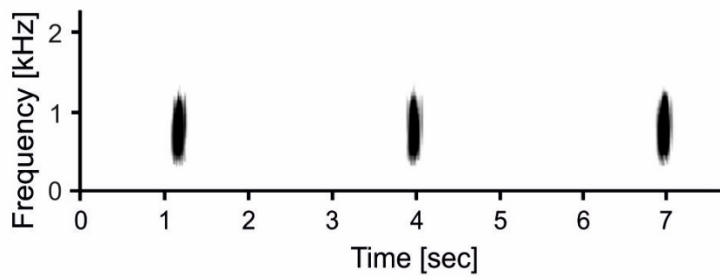


Figure 1. The example of a spectrogram of the advertising call of male Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*) recorded in May 2011 at the Stawy Małe fishponds (Southeast Poland).

Figure 2.

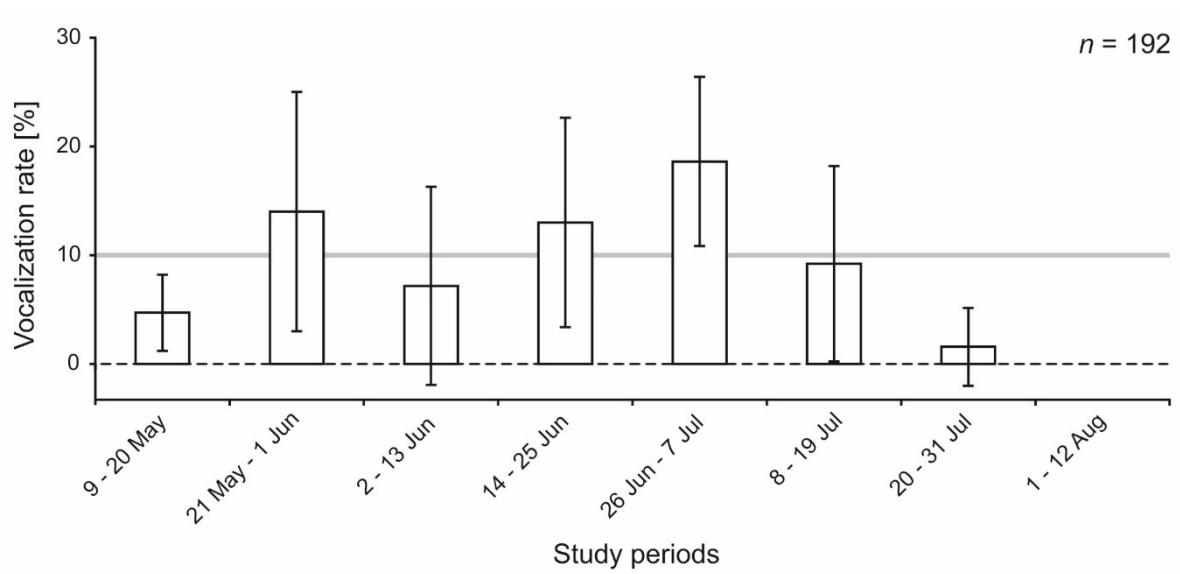


Figure 2. The vocal activity of the males of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*; $n = 8$) between 9th May and 12th August 2012 at the Stawy Małe fishpond complex (Southeast Poland). Means \pm SD are shown and the line determining the limit of significantly higher vocal activity is marked.

Figure 3.

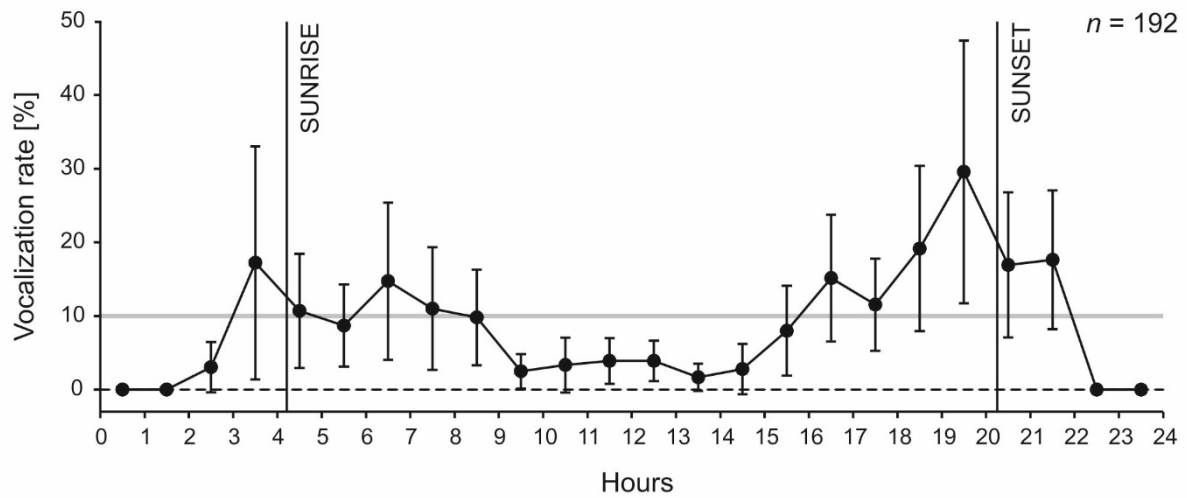


Figure 3. The daily pattern of vocal output of the males of Little Bittern (*Ixobrychus m. minutus*; *n* = 8) between 9th May and 12th August 2012 at the Stawy Małe fishponds (Southeast Poland). Means \pm SD are shown and the line determining the limit of significantly higher vocal activity is marked. The average times of sunrise and sunset during the studied period are reported.