

Wykorzystanie budek lęgowych na siedliskach borowych w Puszczy Augustowskiej

Using nest-boxes in pine stands of the Augustów Forest

Grzegorz Zawadzki¹, Jerzy Zawadzki², Dorota Zawadzka³, Anna Sołtys¹

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa;

²Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Radomiu, ul. 25 Czerwca 68b, 26-600 Radom; ³Instytut Nauk Leśnych, Uniwersytet Łódzki, Filia w Tomaszowie Mazowieckim, ul. Konstytucji 3 Maja 65/67, 97-200 Tomaszów Mazowiecki

*Tel. + 48 694951221, e-mail: grzesiekgfz@op.pl

Abstract. In 2011–2014, the occupancy of nest-boxes by secondary hole-nesting birds and their breeding success was investigated in pine stands of the Augustów Forest (North-Eastern Poland). In the studied area of 12600 ha, the share of Scots Pine *Pinus sylvestris* L. in the stands was 92%. On average, birds occupied 54% and bats 3% of the 224–317 nest boxes controlled yearly. Nest boxes were also used by the Pygmy Owl *Glaucidium passerinum* L. as food caches. In total, broods of nine secondary hole-nesting species were observed, but only four bird species nested in each year of study. The most numerous species, occupying 53–60% of all boxes each year was the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* Pall. The Great Tit *Parus major* L. occupied 15–24% and the Coal Tit *Periparus ater* L. 10–12% of available nest-boxes, while the Redstart *Phoenicurus phoenicurus* L. used 2–7% of nest boxes. The yearly breeding success was highest for tits (Great Tit – 52–84%, Coal Tit – 50–72%) and strongly variable for the Pied Flycatchers – 38–78%. Broods were lost due to predation by martens *Martes* sp. (38%) and great spotted woodpeckers *Dendrocopos major* L. (6%) as well as nest competition (2%). The nest-boxes were occupied at a constant rate during the following four years after their exposition. Over 67% of the new nest-boxes were occupied annually which means new nest-boxes (up to 4 years) were occupied significantly more often than boxes older than 4 years.

Keywords: breeding success, coniferous forest, North-Eastern Poland, secondary hole-nesting birds

Słowa kluczowe: dziuplaki, lasy iglaste, północno-wschodnia Polska, sukces lęgowy

1. Wstęp

W lasach gospodarczych dostępność miejsc lęgowych dla dziuplaków wtórnych jest ograniczona, szczególnie w drzewostanach młodszych klas wieku. Możliwość gniazdowania tej grupy ptaków uzależniona jest od obecności dziupli niezbędnych do założenia lęgów (Walankiewicz et al. 2014; Zawadzka et al. 2016; Zawadzka 2018). Liczba miejsc lęgowych dla dziuplaków wtórnych regularnie jest zwiększana poprzez tworzenie „sztucznych dziupli”, czyli wieszanie budek lęgowych (Jabłoński et al. 1979; Graczyk 1992; Zawadzka, Zawadzki 2005).

W lasach znajdujących się pod zarządem Lasów Państwowych obowiązek wywieszania budek lęgowych wynika z zapisów Instrukcji Ochrony Lasu (2012). Mimo regularnego ich wieszania w lasach, bardzo mało jest informacji dotyczących ich wykorzystania przez ptaki, czyli brakuje oceny skuteczności prowadzonych działań ochronnych. Polska li-

teratura ornitologiczna omawia głównie wyniki zasiedlania budek lęgowych wieszanych w miastach, ogrodach i parkach miejskich (Luniak 1992; Luniak et al. 1992; Nowicki 1992). Prace dotyczące terenów leśnych koncentrują się na kilku gatunkach sikor *Parus* sp. i muchołówek *Ficedula* sp. Poruszają one najczęściej wybrane aspekty biologii dziuplaków, takie jak: strategię rozrodcze, konkurencja gniazdowa (Merila, Wiggins 1995; Walankiewicz, Mitrus 1997; Mazgajski 2000), lęgi mieszane (Busse, Gotzman 1962; Nowakowski et al. 1997). Publikowane były prace omawiające szczegółowo parametry budek oraz sugerowaną metodykę prowadzenia badań (Lambrechts et al. 2010; Wesołowski 2011). Lęgi dziuplaków wtórnych w budkach badano w pracach dedykowanych konkretnym gatunkom ptaków (Alabrudzińska et al. 2003; Mitrus 2003; Czeszczewik 2004). Wykorzystanie budek oceniano w ramach planowanych kompensacji przyrodniczych przy wycinaniu lasu pod autostradę (Leniowski, Węgrzyn 2013). Większość danych dotyczących zasiedlania

Wpłynęło: 1.03.2019 r., zrecenzowano: 17.06.2019 r., zaakceptowano: 10.07.2019 r.

budek lęgowych w środowisku leśnym opublikowano kilkadziesiąt lat temu (np. Borczyński, Sokołowski 1953; Busse, Gotzman 1962; Graczyk, Wąs 1966; Wąs 1966; Graczyk et al. 1968; Oko 1974; Klejnotowski, Sikora 1988). Słabo poznany pozostaje wpływ różnych parametrów skrzynek, np. ich wymiarów i wieku, na zajmowanie ich przez ptaki (Ekner-Grzyb et al. 2014). W publikacjach naukowych zbyt mało jest również praktycznych wniosków omawiających znaczenie i rolę budek w lasach gospodarczych (Mänd et al. 2005). Z nielicznych badań wynika, że wieszanie budek lęgowych sprzyja wzrostowi różnorodności gatunkowej zespołów dziuplaków leśnych (Sikora 2010; Sikora et al. 2013; Kudelska et al. 2017). Brakuje długookresowego monitoringu zasiedlania skrzynek i efektów wyprowadzanych w nich lęgów (Kudelska et al. 2017).

Celem pracy było zbadanie wykorzystania budek wieszanych przez leśników oraz składu gatunkowego zasiedlającego je zespołu ptaków na siedliskach borowych Puszczy Augustowskiej. Oceniano sukces lęgowy oraz zmiany w zasiedlaniu skrzynek w okresie trzech sezonów. Badania podjęto, aby określić rolę i znaczenie budek lęgowych dla ptaków w lasach użytkowanych gospodarczo. Oczekiwano, że pozwoli to na sformułowanie praktycznych zaleceń dotyczących wieszania budek w ramach działań dotyczących ochrony lasu w Lasach Państwowych. Uzyskane wyniki mogą stanowić dane porównawcze dla przyszłych badań, wobec braku publikowanych danych o zasiedlaniu budek w Puszczy Augustowskiej i ograniczonej liczbie informacji na ten temat z terenu Polski.

2. Materiały i metody

2.1. Teren badań

Puszcza Augustowska (23°15'E, 53°54'N) położona jest w województwie podlaskim, na Pojezierzu Wschodniosuwalskim i Równinie Augustowskiej. Cały kompleks leśny o powierzchni 115 000 ha leży na piaszczystej, płaskiej równinie sandrowej, urozmaiconej zagłębieniami, w których powstały jeziora lub bagna (Kondracki 1994). Wśród typów siedliskowych lasu największą powierzchnię pokrywają bór świeży (40%) i bór mieszany świeży (31%), a następnie las mieszany świeży (6%) i ols (5%). Udział pozostałych siedlisk jest mniejszy niż 5%. Dominującym gatunkiem jest sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L., która zajmuje 78% powierzchni leśnej. Olsza czarna *Alnus glutinosa* Gaertn. porasta 9% powierzchni, świerk pospolity *Picea abies* (L.) H.Karst. zajmuje 8%, brzoza *Betula* sp. – 5%. Średni wiek drzewostanów na obszarze badań wynosił 65 lat. Puszcza Augustowska leży na obszarze o najzimniejszym klimacie w nizinnej części kraju. Jest to obszar ochrony ptaków Natura 2000 PLB200002.

Badania prowadzono na północy kompleksu leśnego, na terenie 5 leśnictw Nadleśnictwa Pomorze (Okółek, Dworczyśko, Rygol, Muły, Szlamy) i 3 leśnictw Nadleśnictwa Głęboki Bród (Ostęp, Chylinki, Gulbin), o łącznej powierzchni około 12 600 ha. W obydwu nadleśnictwach przeważają siedliska borowe, stanowiące łącznie 86% powierzchni leśnej. Naj-

ważniejszym gatunkiem lasotwórczym jest sosna, a jej udział wynosi 92% (PUL 2011, PUL 2012). Na powierzchni badawczej 90% obszaru pokrywały drzewostany sosnowe z podszycem z jałowca *Juniperus communis* L., oraz podrostem świerka i brzozy o udziale powierzchniowym 10–30%, na siedlisku boru świeżego. Ok. 10% zajmowały drzewostany z wyższym udziałem świerka oraz podrostami świerka, brzozy i dębu szypułkowego *Quercus robur* L. na siedlisku boru mieszanego świeżego.

2.2. Prace terenowe

Kontrole prowadzono w budkach lęgowych, rozwieszonych przez nadleśnictwa wzdłuż dróg leśnych i linii oddziałowych w odległości 50–70 m od siebie, zazwyczaj liniowo, w kilku miejscach pojedynczo, na wysokości 5–6 m nad ziemią. Budki rozmieszczono w drzewostanach wszystkich klas wieku, od najmłodszej (1–20 lat), aż do starodrzewów VI (101–120 lat) i VII (121–140 lat) klas wieku.

W latach 2011, 2012 i 2014 kontrolami objęto łącznie 364 budki typu A oraz 18 typu B, przy czym w 2011 r. skontrolowano 224 budki, w 2012 r. – 244, w 2014 r. – 317. Zmienna liczba kontrolowanych budek w kolejnych latach wynikała z wywieszania nowych przez nadleśnictwa oraz złego stanu technicznego budek wiszących od kilku lat. Budki sprawdzano od początku maja do końca lipca. Kontrole prowadzono 2–5-krotnie w ciągu sezonu lęgowego, w odstępach 10–14 dni. Każdą budkę otwierano z drabiny co najmniej dwukrotnie, ze względu na możliwość drugich lęgów oraz powtarzanych po stratach. Liczba kontroli poszczególnych lęgów zależała od etapu rozwoju lęgu podczas pierwszej kontroli. Więcej niż dwa razy przeprowadzano inspekcję zawartości w przypadku stwierdzenia wczesnego etapu podczas pierwszej kontroli, ażeby uzyskać informacje o losie lęgu przed planowanym wylotem młodych. Prace prowadzono w dni bez opadów, aby po spłoszeniu ptaków nie powodować wychłodzenia zniesień lub piskląt. Okres przebywania przy budce skracano do minimum, by zmniejszyć stres gniazdujących ptaków.

Za zajętą uznawano budkę, w której znajdowało się świeże gniazdo z co najmniej 1 jajem, magazyn sóweczki *Glaucidium passerinum* L. lub kolonia nietoperzy. Przy obliczaniu sukcesu lęgowego uwzględniono lęgi co najmniej z 1 pisklęciem w wieku 14 dni (wiek oceniano po stopniu rozwoju upierzenia, na podstawie niepublikowanego klucza Stacji Ornitologicznej MiIZPAN, W. Kania, niepubl.). Przyczyny strat określano na podstawie wyglądu gniazda: skotłowane gniazdo, zgrzyzione młode lub resztki jaj na daszku uznano za drapieżnictwo kun *Martes* sp.; otwór wlotowy uszkodzony lub rozkuty, gniazdo nienaruszone – dziękił duży *Dendrocopos major* L. (Nowakowski, Boratyński 2000). Przyczyn pozostałych zniszczeń nie ustalono.

W trakcie prac terenowych kontrolowano budki w różnym wieku – najnowsze wisiały pierwszy rok, najstarsze w ostatnim roku prac terenowych miały 8 lat. W każdym roku badań wieszano nowe skrzyńki, które również kontrolowano. Dane

o roku ich zawieszenia uzyskano od pracowników poszczególnych leśnictw. W analizach sprawdzano jak na zasiedlenie wpływał wiek budki (lata ekspozycji na drzewie). Na podstawie zmian stanu budek i obserwowanego stopnia zajęcia przyjęto podział na budki nowe – wiszące do 4 lat i stare – wiszące ponad 4 lata. Nie kontrolowano budek o złym stanie technicznym (spróchniałych, ze zniszczonym daszkiem, mocno rozkuty, odchylonych od pnia, z odpadającymi drzwiczkami itp.), dlatego liczba skontrolowanych budek w kolejnych latach zmieniała się.

2.3. Analizy statystyczne

Do sprawdzenia rozkładu zmiennych użyto testu Shapiro-Wilka. We wszystkich próbach wskazał on na brak rozkładu normalnego, zatem zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Współczynnika korelacji Spearmana użyto do sprawdzenia, na ile efekty lęgów związane są ze stopniem zajęcia budek. Wszystkie obliczenia wykonano przy użyciu programu R (R Core Team 2018).

3. Wyniki

3.1. Wykorzystanie budek

W całym okresie badań w kontrolowanych budkach stwierdzono lęgi łącznie 9 gatunków ptaków. Były to: muchołówka żałobna *Ficedula hypoleuca* Pall., bogatka *Parus major* L., sosnowka *Periparus ater* L., pleszka *Phoenicurus phoenicurus* L., czubatka *Lophophanes cristatus* L., modraszka *Cyanistes caeruleus* L., czarnogłówna *Poecile montanus* L., kowalik *Sitta europaea* L., krętogłów *Jynx torquilla* L. W 2011 r. stwierdzono w skrzynkach gniazdowanie 4 gatunków, w 2012 r. – 7, a w 2014 r. – 6. Zdecydowanym dominantem była muchołówka żałobna zajmująca w całym okresie średnio 61% budek (69% w 2011 r. oraz po 59% w latach 2012 i 2014), czyli więcej niż pozostałych 8 gatunków razem. Cztery gatunki lęgające się każdego roku: muchołówka żałobna, bogatka, sosnowka i pleszka łącznie zasiedlały 98,4% wykorzystanych do rozrodu budek. Skład zespołu ptaków zajmujących kontrolowane budki lęgowe zmieniał się w kolejnych latach. Zmianom ulegały liczba i udział gatunków lęgowych. W 2011 r. udział muchołówki żałobnej był wyższy, a bogatki niższy niż w następnych sezonach. Udział lęgów sosnowki wahał się od 10 do 13%. Najsilniejsze zmiany liczebności odnotowano u pleszki – od 2 do 7% (tab. 1). Udział 4 głównych gatunków w kolejnych latach różnił się w istotny sposób ($KW\chi^2=10,202$, $p=0,017$). Lęgi pozostałych gatunków były sporadyczne w kolejnych latach (tab. 1).

Z budek lęgowych korzystała także sóweczka. W rozkuty przez dzięcioła dużego budkach typu A tworzyła ona spizarnie. Składy upolowanych ofiar stwierdzono cztery razy. W 23 budkach (4%) odnotowano obecność nietoperzy. Zwykle były to większe zgrupowania tych ssaków (zazwyczaj gacków brunatnych *Plecotus auritus* L.) liczące do 10 osobników. W kilku budkach były tylko 1 lub 2 osobniki (tab. 1).

Rocznie kontrolowano od 224 do 317 budek lęgowych. Stwierdzono w nich corocznie od 123 do 187 rozpoczętych lęgów (tab. 1). W kolejnych latach wykorzystanych było od 55 do 63% dostępnych budek.

Stopień zajęcia budek wiszących przez okres 1–4 lat wynosił corocznie ponad 67%. W pierwszym roku, gdy budki były nowe, było to 71%, w drugim 78%. W kolejnych latach odsetek zajmowanych budek spadał poniżej 70%, i wynosił 68% w trzecim oraz 67% w czwartym roku. Różnice te nie były istotne statystycznie ($KW\chi^2=3,951$, $p=0,556$). W starszych budkach stopień zajęcia spadał poniżej 50%. Budki w wieku do 4 lat były zajmowane wyraźnie częściej niż starsze ($KW\chi^2=8,31$, $p=0,004$). Nieliczne były przypadki odbywania dwóch lęgów w tej samej budce w jednym sezonie. Taka sytuacja miała miejsce tylko w 10 budkach (1,5%), gdzie stwierdzano 3 powtarzalne lęgi bogatki i 7 muchołówki żałobnej.

W okresie badań ptaki rozpoczęły lęgi średnio w 54% budek, ale tylko w 36% z nich wykluły się młode (tab. 2).

Tabela 1. Skład gatunkowy dziuplaków zajmujących budki lęgowe i ich udział w zespole w latach 2011–2014

Table 1. Species composition of hole-nesters occupied of nest boxes and their share in the community in 2011–2014

Gatunek Species	Rok Year		2011		2012		2014	
	N	[%]	N	[%]	N	[%]	N	[%]
<i>Ficedula hypoleuca</i>	81	66	88	57	100	53		
<i>Parus major</i>	18	15	36	24	38	21		
<i>Periparus ater</i>	12	10	19	12	18	10		
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	8	7	3	2	11	6		
<i>Cyanistes caeruleus</i>			1	1				
<i>Sitta europaea</i>			1	1				
<i>Jynx torquilla</i>			1	1				
<i>Poecile montanus</i>					1	1		
<i>Lophophanes cristatus</i>					3	2		
<i>Glaucidium passerinum</i>			1	1	2	1		
<i>Chiroptera</i>	4	3	4	3	14	8		
Liczba budek kontrolowanych Number of nest boxes controlled	224	100	244	100	317	100		
Liczba budek zajętych Number of nest boxes occupied	123	55	154	63	187	59		

W 27 przypadkach muchołówki żałobne i w 3 przypadkach bogatki zbudowały gniazda, w których nie kontynuowały lęgu. W kolejnych latach udział budek, w których wykluły się młode, był coraz niższy – od 42% w 2011 roku do 28% w 2014 roku ($KW\chi^2=7,2$, $p=0,027$). Zjawisko to ilustrują wartości współczynnika korelacji Spearmana. Udział budek z wykłutymi pisklętami spadał, mimo kontrolowania coraz większej liczby budek w kolejnych latach ($r=-0,52$, $p=0,33$) oraz większej liczby znajdujących się w nich lęgów ($r=-0,495$, $p=0,41$) (tab. 2). Wzrost liczby gniazd bez wykłutych piskląt wynikał ze zniszczenia lęgów przez drapieżniki oraz z porzucania gniazd przez ptaki.

3.2. Sukces lęgowy

Sukces lęgowy poszczególnych gatunków dziuplaków był zróżnicowany. Najwyższy sukces miały sikory, muchołówka żałobna miała połowę udanych lęgów (tab. 3). Nie stwierdzono tu jednak istotnych różnic ($KW\chi^2=0,267$, $p=0,875$). Średnio dla wszystkich 265 lęgów 55% zakończyło się sukcesem. Efektywność lęgów spadała w kolejnych latach badań.

3.3. Przyczyny strat

Stwierdzono 8 przypadków międzygatunkowej konkurencji gniazdowej, kiedy zajęta budkę przejął inny gatunek. W 6 przypadkach oznaczało to zbudowanie gniazda na już istnie-

jącym zniesieniu i stratę lęgu gospodarzy, a w 2 przypadkach powstały lęgi mieszane. Pierwszy z nich w 2011 roku składał się z 1 jaja sosnowki i z dołożonych 9 jaj bogatki. Gniazdo opuściła sosnowka i 8 bogatek. Drugi lęg mieszany miał miejsce w 2014 r., do gniazda pleszki z 3 jajami 8 jaj dołożyła bogatka. Jaja pleszki pozostały niezależone, lęg bogatki zakończył się sukcesem. Poza konkurencją gniazdową, która była przyczyną 2% strat, lęgi były niszczone przez kuny i dzięcioła dużego. Kuna spowodowała 38% wszystkich strat w lęgach, najwięcej u muchołówki żałobnej (47%). Drapieżnictwo dzięcioła dużego udało się przypisać do 6% zniszczonych lęgów. Innych przyczyn nie ustalono.

4. Dyskusja

W kontrolowanych budkach w Puszczy Augustowskiej stwierdzono lęgi 9 gatunków dziuplaków wtórnych. Jest to stosunkowo wysokie zróżnicowanie gatunkowe zespołu. Wynik teoretycznie zbliżony jest do podawanych z innych powierzchni, gdzie stwierdzono 8 lub 9 gniazdujących gatunków (Graczyk et al. 1966, 1968; Wąs 1966; Oko 1974). W tamtych badaniach stosowano jednak budki lęgowe wszystkich typów (A, B, D, P, K), w których gniazdowały również gatunki nieleśne, co utrudnia porównanie wyników. Po uwzględnieniu tych różnic i odrzuceniu z cytowanych wyników gatunków niemogących zasiedlać budek typu A w kompleksie leśnym, porównywalna liczba gatunków

Tabela 2. Zasiedlanie budek lęgowych przez dziuplaki i ich sukces lęgowy w latach 2011–2014

Table 2. Occupation of nest boxes by hole-nesters and their breeding success in 2011–2014

Rok Year	Liczba budek kontrolowanych Number of controlled nest boxes	Liczba zajętych budek Number of occupied nest boxes		Liczba budek z młodymi Number of nest boxes with young		Sukces lęgowy Breeding success	
	N	N	[%]	N	[%]	N	[%]
2011	224	110	49	94	42	52	75
2012	244	141	58	90	37	84	61
2014	317	159	50	91	29	111	44
Średnio / Average	261,7	136,3	54	91,7	36	82,3	60,3

Tabela 3. Efekty lęgów najliczniejszych gatunków dziuplaków (uwzględniono tylko lęgi o znanym wyniku)

Table 3. Effects of broods of the most numerous secondary hole-nesters (take into account only broods of known results)

Rok Year	Gatunek Species	<i>Ficedula hypoleuca</i>		<i>Parus major</i>		<i>Periparus ater</i>	
		liczba lęgów number of broods	sukces success [%]	liczba lęgów number of broods	sukces success [%]	liczba lęgów number of broods	sukces success [%]
2011		23	78	13	84	11	72
2012		41	66	24	58	14	50
2014		63	38	25	52	14	57

stwierdzanych na innych powierzchniach jest niższa i wynosi od 5 do 7. Podobne wyniki uzyskano w badaniach na Podkarpaciu (Leniowski, Węgrzyn 2013) oraz na Lubelszczyźnie (Wiącek et al. 2014). Stwierdzono tam odpowiednio 5 i 4 gatunki zasiedlające budki typu A. W Wielkopolskim Parku Narodowym w budkach lęgowych gniazdowały tylko 4 gatunki dziuplaków (Kudelska et al. 2017). Wyraźnie wyższa była liczebność gatunków w latach 80. XX w. w Lasach Sobiborskich, gdzie stwierdzono lęgi 11 gatunków ptaków (J. Zawadzki, dane niepubl.).

W borach Puszczy Augustowskiej skład zespołu dziuplaków zasiedlających budki lęgowe w kolejnych latach był różny, przy stałej obecności muchołówki żałobnej, bogatki i sosnowki oraz pleszki. Różnice w występowaniu pozostałych, mało licznych gatunków w kolejnych latach wynikać mogły z preferowania przez nie innych siedlisk. Modraszka i kowalik zasiedlają lasy liściaste i mieszane, które stanowiły zaledwie kilka procent powierzchni badawczej. Krętogłów jest ptakiem nielicznym w kompleksach leśnych (Zielińska 2007). Czarnogłówna i czubatka zajmują głównie dziuple naturalne (Mielczarek 2014). Gniazdowanie powyższych 5 gatunków w budkach na siedliskach borowych jest więc zjawiskiem sporadycznym i prawdopodobnie wynika z niedostatku dziupli na badanym terenie, a także z atrakcyjności budek jako zastępczych miejsc lęgowych. W Puszczy Augustowskiej w drzewostanach sosnowych w wieku 70–100 lat liczba dziupli jest bardzo mała – 0,7 dziupli/ha, a w drzewostanach poniżej 70 lat dziuple znajdowano sporadycznie (Zawadzka et al. 2016). Biorąc pod uwagę powyższą zależność, rozmieszczanie budek lęgowych w młodszych drzewostanach, gdzie brakuje miejsc lęgowych dla dziuplaków wtórnych, wydaje się uzasadnione.

W Puszczy Augustowskiej najwięcej budek zajmowała muchołówka żałobna, a kolejne pod względem liczebności były bogatka, sosnowka i pleszka. Najliczniejsze gatunki stwierdzone w niniejszych badaniach były wskazywane jako najchętniej zasiedlające budki (Gotzman, Jabłoński 1972; Jabłoński et al. 1979; Zawadzka, Zawadzki 2000; Mizera, Gwiazdowicz 2005). Silna dominacja muchołówki żałobnej jest rzadko spotykana w badaniach dziuplaków na terenach leśnych, mimo że jest to gatunek chętnie zasiedlający budki lęgowe (Kuczyński, Chylarecki 2012). W Lasach Sobiborskich muchołówka żałobna stanowiła 49%, a następna po niej bogatka 30% wszystkich badanych lęgów (J. Zawadzki, dane niepubl.). Większość autorów badających udział gatunków w zespole wskazuje jednak na dominację bogatki (Leniowski, Węgrzyn 2013; Wiącek et al. 2014; Kudelska et al. 2017) lub na zbliżoną liczebność bogatki i muchołówki żałobnej (Knistautas, Łutkus 1984). Zmiany liczebności obydwu tych gatunków są skorelowane, pomimo zachodzącej pomiędzy nimi konkurencji (Kuczyński, Chylarecki 2012). Wysoka liczebność muchołówki żałobnej na terenie badań może być związana z lokalizacją geograficzną. Na wschodzie Polski gatunek ten ma stabilną populację, podczas gdy na zachodzie wykazuje umiarkowany spadek. Północny wschód Polski należy do obszarów o najwyższych

zagęszczeniach muchołówki żałobnej w kraju (Chylarecki et al. 2018).

Stopień zajęcia budek na powierzchniach badawczych w Polsce wahał się od 33 do 78% (Kozłowski 1992, Leniowski, Węgrzyn 2013, Ekner-Grzyb et al. 2014, Kudelska et al. 2017). W niniejszych badaniach wykazano bardzo wysoki poziom zajęcia nowych budek. Przez pierwsze cztery lata zajmowane było przynajmniej 67% z nich, co sugeruje, że nie miał znaczenia jasny kolor budki w pierwszym roku. Preferencje lęgowe wobec nowych budek wykazano także w Wielkopolsce, wskazując, że jedną z przyczyn może być brak pasożytów lęgów (Ekner-Grzyb et al. 2014). W budkach starszych niż 4-letnie stopień zasiedlenia był niższy, prawdopodobnie z powodu pogorszenia ich stanu technicznego lub obecności pasożytów. Część najstarszych budek (ok. 20) miała mniejsze rozmiary od zalecanych (Jabłoński et al. 1979; Zawadzka, Zawadzki 2000; Instrukcja... 2012). Mogło to skutkować brakiem miejsca dla piskląt i wyższym zagrożeniem drapieżnictwem kuny, łatwiej dosięgającej do gniazda. Budki o najmniejszych rozmiarach miały najniższy stopień zajęcia. Czynnikiem obniżającym zajmowanie starszych skrzynek mogło być powiększenie otworu wejściowego przez dzięcioły, powodujące zwiększenie dostępności lęgu. Na zasiedlenie budek wpływał sposób ich zawieszenia. Większość budek umieszczonych na skraju zrębów lub na ścianie pozostającego drzewostanu pozostała pusta. Zazwyczaj nie korzystały z nich ptaki, tylko osy *Vespidae* i szerszenie *Vespa crabro* L. Innym błędem było wieszanie budek na brzegu dróg i linii oddziałowych, ze względu na nadmierną ekspozycję na promienie słoneczne i przejeżdżające pojazdy płoszące ptaki. Budki powinny być wieszane w odległości kilkudziesięciu metrów od brzegów drzewostanu, najlepiej z północno-wschodnią wystawą otworu wlotowego, aby minimalizować nasłonecznienie, zgodnie z zaleceniami Instrukcji ochrony lasu (2012).

W niniejszych badaniach w kolejnych latach zmniejszał się odsetek budek, w których wykluwały się pisklęta. Wskazuje to na większe straty na wczesnym etapie lęgu. Na wrastający poziom strat mogły wpływać czynniki środowiskowe (mniej alternatywnego pokarmu dla drapieżników lęgów, wyspecjalizowanie drapieżników w kolejnych rewirach) oraz antropogeniczne – w kolejnych latach badań dowieszano mniej nowych budek, przez co spadał udział budek w dobrym stanie. Ogółem 55% lęgów o znanym rezultacie zakończyło się sukcesem, a 45% stratą. Wynik ten różnił się od rezultatów z innych powierzchni badawczych. Straty były mniejsze, a sukces większy niż w Puszczy Białowieskiej (Czeszczewik 2004). Na Lubelszczyźnie sukcesem zakończyło się 100% lęgów, ale badania prowadzono tylko przez dwa sezony od wywieszenia budek (Leniowski, Węgrzyn 2013). W Lasach Sobiborskich łączny sukces lęgowy dla wszystkich badanych lęgów wyniósł 69%. Najwyższy był dla pleszki (100%), dla muchołówki i sikor wynosił od 71 do 83% (J. Zawadzki, dane niepubl.). W Puszczy Augustowskiej najwyższą udatność lęgów stwierdzono u sikor. Gorsze były efekty lęgów muchołówki żałobnej i pleszki. Zidentyfikowanymi przyczy-

nami strat w niniejszych badaniach były drapieżnictwo kuny i dzięcioła oraz konkurencja gniazdowa. Porzucenie lęgów mogło być związane ze śmiercią ptaków dorosłych w wyniku drapieżnictwa poza miejscami lęgu. Nie stwierdzono zalania lub przemrożenia jaj, podawanych jako przyczyny strat w innych pracach, dotyczących głównie lęgów w dziuplach naturalnych (Rowiński 2013).

5. Wnioski

1. Wysoki stopień zasiedlenia budek wskazuje, że w lasach gospodarczych brakuje naturalnych miejsc lęgowych dla dziuplaków wtórnych. Budki lęgowe należy wieszać najliczniej w drzewostanach II i III klasy wieku.

2. Budki są zajmowane przez ptaki w wysokim stopniu już w roku powieszenia i przez kolejne 3 lata, dopóki są w dobrym stanie technicznym.

3. Budki należy wymieniać po 5–6 latach od zawieszenia ze względu na pogarszanie się ich stanu technicznego.

4. Wyniki badań tylko z jednego sezonu nie dają kompletnych danych na temat zespołu ptaków wykorzystujących budki lęgowe, gdyż w kolejnych latach skład gatunkowy może ulegać zmianom.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródła finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych autorów.

Literatura

Alabrudzińska J., Kaliński A., Słomczyński R., Wawrzyniak J., Zieliński P., Bańbura J. 2003. Effects of nest characteristics on breeding success of Great Tits *Parus major*. *Acta Ornithologica* 38(2): 151–154.

Borczyński M., Sokołowski J. 1953. Wpływ skrzynek lęgowych na rozmieszczenie niektórych ptaków leśnych. *Ochrona Przyrody* 21: 160–192.

Busse P., Gotzman J. 1962. Konkurencja gniazdowa i lęgi mieszane u niektórych gatunków dziuplaków. *Acta Ornithologica* 7(1): 1–30.

Chylarecki P., Chodkiewicz T., Neubauer G., Sikora A., Meissner W., Woźniak B., Wylegała P., Ławicki Ł., Marchowski D., Betleja J., Bzoma S., Cenian Z., Górski A., Korniluk M., Moczarska J., Ochocińska D., Rubacha S., Wieloch M., Zielińska M., Zieliński P., Kuczyński L. 2018. Trendy liczebności ptaków w Polsce. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, 474 s. ISBN 978-83-950881-0-0.

Czeszczewik D. 2004. Breeding success and timing of the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* nestling in natural holes and nest-boxes in the Białowieża Forest, Poland. *Acta Ornithologica* 39(1): 15–20. DOI 10.3161/0001645044214045.

Ekner-Grzyb A., Żołnierowicz K. M., Lisicki D., Tobółka M. 2014. Habitat selection taking nest-box age into account: A field

experiment in secondary hole-nesting birds. *Folia Zoologica* 64(4): 251–255. DOI 10.25225/fozo.v63.i4.a4.2014.

Gotzman J., Jabłoński B. 1972. Gniazda naszych ptaków. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa, 280 s.

Graczyk R. 1992. Ochrona ptaków i nietoperzy w lasach. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 191 s.

Graczyk R., Giedrys R., Klejnotowski Z., Sikora S., Stachowiak S. 1966. Wpływ skrzynek lęgowych na gęstość zasiedlenia ptaków w drzewostanach leśnych. *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 33. *Ornitologia Stosowana* 1: 53–67.

Graczyk R., Klejnotowski Z., Sikora S. 1968. Zasiedlenie dziuplaków lęgowych w drzewostanach leśnych. *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 41. *Ornitologia Stosowana* 3: 39–55.

Graczyk R., Wąs F. 1966. Wpływ skrzynek lęgowych na rozmieszczenie i gęstość zasiedlenia ptaków w drzewostanach zagrożeń gradacją osnui gwiaździstej (*Acantholyda nemoralis* Thoms.) na terenie Nadleśnictwa Chrzelice (woj. opolskie). *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 33. *Ornitologia Stosowana* 1: 69–78.

Instrukcja ochrony lasu 2012. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa. 124 s. ISBN 978-83-61633-67-9.

Jabłoński B., Kucińska E., Luniak M. 1979. Poradnik ochrony ptaków. Wydawnictwo LOP, Warszawa, 100 s.

Klejnotowski Z., Sikora S. 1988. Liczebność i skład pożywienia dziuplaków w drzewostanie mieszanym Nadleśnictwa Zielonka podczas gradacji brudnicy mniszki (*Lymantria monacha* L.). *Przegląd Zoologiczny* 32(1): 83–89.

Knistautas A.J., Lūtka A. A. 1984. Skład gatunkowy i konkurencja międzygatunkowa u dziuplaków zasiedlających skrzynki lęgowe na Litwie. *Notatki Ornitologiczne* 25(1-4): 77–79.

Kuczyński L., Chylarecki P. 2012. Atlas pospolitych ptaków lęgowych Polski. Rozmieszczenie, wybiórczość siedliskowa, trendy. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 240 s. ISBN 978-83-61227-40-3.

Kudelska K., Podkova P., Karaśkiewicz K., Surmacki A. 2017. Znaczenie skrzynek lęgowych dla ptaków obszarów leśnych na przykładzie Wielkopolskiego Parku Narodowego. *Sylwan* 161(11): 949–957. DOI 10.26202/sylwan.2017047.

Lambrechts M.M., Adriaensen F., Ardia D.R., Artemyev V.A., Atiénzar F., Bańbura J., Barba E., Bouvier J.-C., Camprodon J., Cooper C.B., Dawson R.D., Eens M., Eeva T., Faivre B., Garamszegi L. Z., Goodenough A.E., Gosler A.G., Grégoire A., Griffith S.C., Gustafsson L., Scott Johnson L., Kania W., Keiś O., Llambias P.E., Mainwaring M.C., Mänd R., Massa B., Mazgajski T.D., Pape Møller A., Moreno J., Naef-Daenzer B., Nilsson J.-A., Norte A.C., Orell M., Otter K.A., Ryul Park C., Perrins C.M., Pinowski J., Porkert J., Potti J., Remes V., Richner H., Rytönen S., Shiao M.-T., Silverin B., Slagsvold T., Smith H.G., Sorace A., Stenning M.J., Stewart I., Thompson C.F., Tryjanowski P., Török J., van Noordwijk A.J., Winkler D.W., Ziane N. 2010. The Design of Artificial Nestboxes for the Study of Secondary Hole-Nesting Birds: A Review of Methodological Inconsistencies and Potential Biases. *Acta Ornithologica* 45(1): 1–26. DOI 10.3161/000164510X516047.

Leniowski K., Węgrzyn E. 2013. Zasiedlenie poszczególnych typów budek lęgowych w lesie sosnowym – ocena efektywności kompensacji przyrodniczej względem różnych gatunków ptaków. *Sylwan* 157(11): 854–859. DOI 10.26202/sylwan.2017047.

Luniak M. 1992. The use of nest-boxes for the management of breeding avifauna in urban parks – studies in Warsaw and Poznań (Poland). *Acta Ornithologica* 27(1): 1–19.

- Luniak M., Haman A., Kozłowski P., Mizera T. 1992. Wyniki lęgów ptaków gnieźdzących się w skrzynkach w parkach miejskich Warszawy i Poznania. *Acta Ornithologica* 27(1): 49–63.
- Mazgajski T. 2000. Competition for nest sites between the Starling *Sturnus vulgaris* and other cavity nesters – study in forest park. *Acta Ornithologica* 35(1): 103–108.
- Mänd R., Tilgar V., Lõhmus A., Leivits A. 2005. Providing nest boxes for hole-nesting birds – Does habitat matter? *Biodiversity and Conservation* 14(8): 1823–1840. DOI 10.1007/s10531-004-1039-7.
- Merilä J., Wiggins D. A. 1995. Interspecific competition for nest holes causes adult mortality in the collard flycatcher. *The Condor* 97(2): 445–450. DOI 10.2307/1369030.
- Mielczarek P. 2014. Ptaki wróblowe Europy. cz. II. Wyd. Koliber, Nowy Sącz, 272 s. ISBN 83-921460-2-6.
- Mitrus C. 2003. A comparison of the breeding ecology of Collared Flycatchers nesting in boxes and natural cavities. *Journal of Field Ornithology* 74(3): 293–299. DOI 10.1648/0273-8570-74.3.293.
- Mizera T., Gwiazdowicz D.J. 2005. Ochrona dziuplaków, w: Gwiazdowicz D.J. (red.). Ochrona przyrody w lasach. I Ochrona zwierząt: 81–97. ISBN 978-83-930500-8-6.
- Nowakowski J.K., Nowakowski W.K., Mitrus C. 1997. Zakończone sukcesem lęgi mieszane bogatki *Parus major* i muchołówki żałobnej *Ficedula hypoleuca*. *Notatki Ornitologiczne* 38(4): 315–320.
- Nowakowski W.K., Boratyński P. 2000. O identyfikacji śladów drapieżnictwa w skrzynkach lęgowych. *Notatki Ornitologiczne* 41(1): 55–69.
- Nowicki W. 1992. Zmiany awifauny lęgowej parków Warszawy (1975–1985) oraz zastosowanie skrzynek lęgowych dla jej kształtowania. *Acta Ornithologica* 27(1): 65–92.
- Oko Z. 1974. Awifauna skrzynek lęgowych Leśnictwa Gorzyń. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 70, *Ornitologia Stosowana* 7: 49–70.
- PUL. 2011. Plan Urzędu Gospodarstwa Leśnego Nadleśnictwa Głęboki Bród na okres 01.01.2012-31.12.2021. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Białymstoku, 506 s.
- PUL. 2012. Plan Urzędu Gospodarstwa Leśnego Nadleśnictwa Pomorze na okres 01.01.2013-31.12.2022. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Białymstoku, 506 s.
- R Core Team. 2018. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <https://www.R-project.org>. [14.02.2019].
- Rowiński P. 2013. Czynniki decydujące o sukcesie lęgowym dziuplaków wtórnych w lasach pierwotnych Białowieskiego Parku Narodowego – studium porównawcze. SGGW, Warszawa. 91 s., ISBN 978-83-7583-511-3.
- Sikora S. 2010. Występowanie oraz cele i możliwości praktycznej ochrony dziuplaków w różnych środowiskach ze szczególnym uwzględnieniem drzewostanów leśnych. *Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach* 4: 131–145.
- Sikora S., Kilian K., Kuźma B., Raczyński M., Zawadzki M. 2013. Efekty zastosowania skrzynek lęgowych w drzewostanie sosnowym Nadleśnictwa Tuchola. *Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach* 7: 109–124.
- Sokołowski J. 1948. Ochrona ptaków. Nakładem Państwowej Rady Ochrony Przyrody, Kraków, 95 s.
- Walankiewicz W., Mitrus C. 1997. How nestbox data have led to erroneous generalizations: the case of the competition between Great Tit *Parus major* and *Ficedula* flycatchers. *Acta Ornithologica* 32(2): 209–212.
- Wąs F. 1966. Analiza przydatności skrzynek lęgowych rozieszonych dla ptaków na terenie Nadleśnictwa Chrzelice (woj. opolskie). *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 33, *Ornitologia Stosowana* 1: 97–102.
- Wesołowski T. 2011. Reports from nestbox studies: a review of inadequacies. *Acta Ornithologica* 46(1): 13–18. DOI 10.3161/000164511X589866.
- Wiącek J., Kucharczyk M., Polak M., Kucharczyk H. 2014. Wpływ hałasu drogowego na ptaki leśne – eksperyment z wykorzystaniem budek lęgowych. *Sylwan* 158(8): 630–640.
- Zawadzka D., Drozdowski S., Zawadzki G., Zawadzki J. 2016. The availability of cavity trees along an age gradient in fresh pine forest. *Silva Fennica* 50: article 3 id 1441.13p. DOI 10.14214/sf.1441.
- Zawadzka D., Zawadzki J. 2000. Profilaktyka w ochronie lasu – znaczenie i metody. *Biblioteczka Leśniczego* 133.
- Zawadzka D., Zawadzki J. 2005. Ptaki naszych lasów. Wyd. Świat, Warszawa. 112 s., ISBN 83-85597-99-9.
- Zielińska M. 2007. Krętogłów *Jynx torquilla*, w: Sikora A., Rohde Z., Gromadzki M., Neubauer G., Chylarecki P. (red.). Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 294–295. ISBN 978-83-61320-01-2.

Wkład autorów

G.Z. – prace terenowe, koncepcja artykułu, metody, analizy statystyczne, materiały graficzne, przygotowanie maszynopisu, przegląd literatury, J.Z. – metody, prace terenowe; D.Z. – korekta, redagowanie, przegląd literatury; A.S. – prace terenowe.

Using nest-boxes in pine stands of the Augustów Forest

Grzegorz Zawadzki^{1*}, Jerzy Zawadzki², Dorota Zawadzka³, Anna Soltys¹

¹Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Faculty of Forestry, Department of Forest Protection, ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warsaw, Poland; ²Regional Directorate of State Forests in Radom w Radomiu, ul. 25 Czerwca 68b, 26–600 Radom, Poland; ³University of Lodz, Branch in Tomaszów Mazowiecki, Institute of Forest Sciences, ul. Konstytucji 3 Maja 65/67, 97–200 Tomaszów Mazowiecki, Poland

*Tel. + 48 694951221, e-mail: grzesiekgfz@op.pl

Abstract. In 2011–2014, the occupancy of nest-boxes by secondary hole-nesting birds and their breeding success was investigated in pine stands of the Augustów Forest (North-Eastern Poland). In the studied area of 12600 ha, the share of Scots Pine *Pinus sylvestris* L. in the stands was 92%. On average, birds occupied 54% and bats 3% of the 224–317 nest boxes controlled yearly. Nest boxes were also used by the Pygmy Owl *Glaucidium passerinum* L. as food caches. In total, broods of nine secondary hole-nesting species were observed, but only four bird species nested in each year of study. The most numerous species, occupying 53–60% of all boxes each year was the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* Pall. The Great Tit *Parus major* L. occupied 15–24% and the Coal Tit *Periparus ater* L. 10–12% of available nest-boxes, while the Redstart *Phoenicurus phoenicurus* L. used 2–7% of nest boxes. The yearly breeding success was highest for tits (Great Tit – 52–84%, Coal Tit – 50–72%) and strongly variable for the Pied Flycatchers – 38–78%. Broods were lost due to predation by martens *Martes* sp. (38%) and great spotted woodpeckers *Dendrocopos major* L. (6%) as well as nest competition (2%). The nest-boxes were occupied at a constant rate during the following four years after their exposition. Over 67% of the new nest-boxes were occupied annually which means new nest-boxes (up to 4 years) were occupied significantly more often than boxes older than 4 years.

Keywords: breeding success, coniferous forest, north-eastern Poland, secondary hole-nesting birds

1. Introduction

In economy forests, availability of breeding places for secondary hole-nesting birds is limited, especially in forest stands of younger age class. Nesting possibility of this group of birds is dependent on the presence of hollows which are essential for breeding (Walankiewicz et al. 2014; Zawadzka et al. 2016; Zawadzka 2018). The number of breeding places for secondary hole-nesting birds is regularly being increased by creating ‘artificial hollows’, that is, hanging nest-boxes (Jabłoński et al. 1979; Graczyk 1992; Zawadzka, Zawadzki 2005).

In forests under the jurisdiction of the State Forests the duty of hanging nest-boxes results from the provisions listed in Forest Protect Guidelines (Instrukcja Ochrony Lasu) (2012). Despite the fact that nest-boxes are being hung regularly, there is very few information on its use by birds. This means there is no evaluation of the effectiveness of the undertaken

protection actions. Polish ornithological literature discusses mainly the results of nesting in boxes hung in towns, gardens and urban parks (Luniak 1992; Luniak et al. 1992; Nowicki 1992). Studies regarding forest areas focus on several species of tits *Parus* sp. and flycatcher *Ficedula* sp. Most often they are oriented on a chosen aspect of secondary hole-nesting birds biology, such as reproduction strategy, nest competition (Merila, Wiggins 1995; Walankiewicz, Mitrus 1997; Mazgajski 2000) and interspecies broods (Busse, Gotzman 1962; Nowakowski et al. 1997). Published were studies in which discussed were in detail parameters of nest-boxes and suggested methodology of research conduction (Lambrechts et al. 2010; Wesołowski 2011). Broods of secondary hole-nesting birds in nest-boxes were examined in studies dedicated to specific bird species (Alabrudzińska et al. 2003; Mitrus 2003; Czeszczewik 2004). The use of nest-boxes was evaluated within planned environmental compensations while cutting

Received: 1.03.2019 r., accepted after revision: 10.07.2019 r.

down forest for highway (Leniowski, Węgrzyn 2013). Majority of data regarding occupancy of nest-boxes in forests was published decades ago (for instance Borczyński, Sokołowski 1953; Busse, Gotzman 1962; Graczyk, Wąs 1966; Wąs 1966; Graczyk et al. 1968; Oko 1974; Klejnotowski, Sikora 1988). Still poorly known is the influence of different parameters of nest-boxes, for example, their dimensions and age, on their choice for nesting place by birds (Ekner-Grzyb et al. 2014). In scientific publications there is too little practical conclusion discussing the meaning and role of nest-boxes in economy forests (Mänd et al. 2005). Few researches show that hanging nest-boxes favour development of species diversity of groups of secondary hole-nesting birds (Sikora 2010; Sikora et al. 2013; Kudelska et al. 2017). There is no long-term monitoring of nest-boxes and effects of broods hatched inside them (Kudelska et al. 2017).

The aim of this study was the examination of nest-boxes hung by foresters and species composition of birds occupying them in the conifer forest of Augustów Forest. Breeding success was evaluated, as were also changes in occupancy of boxes during three seasons. This examination was undertaken in order to define the role and importance of nest-boxes for birds in economy forests. It is expected that it will allow for formulating practical recommendations regarding hanging nest-boxes within forest protection actions in State Forests. Because of the absence of published data on occupancy of nest-boxes in Augustów Forest and limited information on the subject in Poland, the obtained results may become comparative data for future research.

2. Materials and methods

2.1. Area of research

Augustów Forest (23°15'E, 53°54'N) is localized in Podlasie Province, on East Suwałki Lakeland and Augustów Plain. The whole forest complex of area 115,000 ha is situated on sandy, flat sandrow plain with immersions from which were created lakes and marshlands (Kondracki 1994). Among the site types the largest area is covered by fresh coniferous forest (40%) and fresh mixed coniferous forest (31%), and then fresh mixed broadleaved forest (6%) and alder swamp forest (5%). Share of the remaining site types is lesser than 5%. The dominant species is Scots pine *Pinus sylvestris* L., which covers 78% of the forest area. Black alder *Alnus glutinosa* Gaertn. covers 9% of area, Norway spruce *Picea abies* (L.) H. Karst. covers 8% and birch *Betula* sp. covers 5%. Average age of forest stand on the area of research amounted to 65 years. Augustów Forest is localized in the area of coldest climate in lowland part of the country. It is an area covered with program Natura 2000 Birds Protection PLB200002.

The research was conducted in the north of the forest complex, on the area of five forest districts of Pomorze forest division (Okółek, Dworczyisko, Rygol, Muły, Szlamy) and three forest districts of Głęboki Bród forest division (Ostęp, Chylinki, Gulbin), with a joint area of 12,600 ha. In both forest divisions, dominant are conifer forests, jointly covering 86% of the forest area. The most important forest species is Scots pine, and its share amounts to 92% (PUL 2011, PUL 2012). The area of examination was covered 90% by pine forest stands with juniper shrub layer *Juniperus communis* L., and spruce and birch underwood of 10–30% area share, on grounds of fresh coniferous forest. Forest stands with higher share of spruce and underwood of spruce, birch and pedunculate oak *Quercus robur* L. covered around 10% of area, on grounds of fresh mixed coniferous forest.

2.2. Field work

Controls were run in nest-boxes, hung by forest division employees along forest roads and compartment lines, with 5–70 m distance between each other. They were hung usually linearly, in some places singly, at a height of 5–6 m above ground. Nest-boxes were localized in forest stands of all classes of age, from the youngest (1–20 years), to old forest of VI (101–120 years) and VII (121–140) class age.

In years 2011, 2012 and 2014, jointly 364 nest-boxes of A type and 18 of B type were controlled, in which 224 nest-boxes were in 2011, 244 in 2012 and 317 in 2014. This different number of controlled nest-boxes was a result of hanging of some new ones by employees of forest divisions and bad technical condition of some nest-boxes already hanging for a couple of years. Controls were run 2–5 times during breeding season, in 10–14 days intervals. Each nest-box was opened from the ladder at least twice due to the possibility of second brood and repetitions of brood after loss. The number of controls of each brood was dependent on the stage of brood development during first control. Inspection was done more than two times in case of early stage of brood during first control, in order to get information on brood condition before planned flight of young birds. Controls were made in days without any fall, so that after scaring birds away, the brood would not freeze. Time of presence at nest-boxes was reduced to minimum to limit the stress of nesting birds.

Recognized as occupied was every nest-box in which was found a fresh nest with at least one egg, storeroom of pygmy owl *Glaucidium passerinum* or bat colony. While calculating breeding success, included were broods with at least one 14-day-old nestling (age was established on the basis of plumage development, based on the unpublished key of Ornithological Station, Museum and Institute of Zoology Polish Academy of Life Sciences, W. Kania, unpublished).

Causes of loss were defined on the basis of nest appearance: distorted nest, bitten nestling or leftovers of egg on the rooftop – considered to be marten *Martes* sp. predation; damaged or shattered inlet hole, nest intact – great spotted woodpecker *Dendrocopos major* (Nowakowski, Boratyński 2000). Causes for remaining damages were not established.

During field works, nest-boxes of different ages were controlled; the newest have hung for 1 year and the oldest in the last year of field work had reached 8 years. In each year of research new nest-boxes were hung and were also controlled. Data on year of their hanging was collected from employees of individual forest division. In analysis checked was how on settlement in given nest-box influence had its age (years of exposition on tree). On the basis of change of nest-boxes condition and observed degree of occupancy, the nest-boxes were divided into new (hanging up to 4 years) and old (hanging for over 4 years). Not controlled were nest-boxes of bad technical condition (rotten, with damaged rooftop, strongly shattered, deflected from the trunk, with falling off doors, etc.); that is why the number of nest-boxes in the following years changed.

2.3. Statistical analysis

For distribution of variables Shapiro–Wilk test was used. Because of lack of normal distribution, the non-parametric Kruskal–Wallis test was used. Spearman correlation coefficient was used to check to what extent brood effects are related to degree of nest-box occupancy. All calculations were made with the use of R program (R Core Team 2018).

3. Results

3.1. Use of nest-boxes

In the whole period of research, nine species of birds were jointly found in controlled nest-boxes. They were pied flycatcher *Ficedula hypoleuca* Pall., great tit *Parus major* L., coal tit *Peripara rusater* L., redstart *Phoenicurus phoenicurus* L., crested tit *Lophophanes cristatus* L., blue tit *Cyanistes caeruleus* L., willow tit *Poecile montanus* L., nuthatch *Sitta europaea* L. and wryneck *Jynx torquilla* L. In 2011 the nest-boxes had nesting of four species, in 2012 seven and in 2014 six. Definitely dominant was the pied flycatcher occupying, in the whole period, on average 61% of nest-boxes (69% in 2011 and 59% in 2012 and 2014), which is more than that of the remaining eight species together. Four species breeding each year – pied flycatcher, great tit, coal tit and redstart – jointly settled in 98.4% nest-boxes used for breeding. The composition of the group of birds occupying controlled nest-boxes changed in the following years. The number and share of breeding species changed. In 2011 the share of pied

flycatcher was higher and great tit lower than in the following seasons. The share of coal tit ranged from 10 to 13%. The strongest change in number was noted for redstart, from 2 to 7% (Tab. 1). The share of the four main species in following years differed significantly ($KW\chi^2 = 10.202$, $p = 0.017$). Broods of remaining species were sporadic in following years (Tab. 1).

Nest-boxes were also used by pygmy owl. In nest-boxes of A type shattered by great spotted woodpecker, pygmy owl created pantries. The composition of hunted prey was noted four times. In 23 nest-boxes (4%), presence of bats was stated. Usually there were bigger groupings of those mammals (usually brown long-eared bat *Plecotus auritus* L.), up to 10 individuals. In some nest-boxes there were only one or two individuals (Tab. 1).

Annually controlled nest-boxes were from 224 to 317. Inside stated were annually from 123 to 187 began broods (Tab. 1). In the following years 55 to 63% of available nest-boxes were used.

The degree of occupancy of nest-boxes hanging for a period of 1–4 years amounted annually over 67%. In the first year, new occupancy degree of the nest-boxes amounted to 71% and in the second year 78%. In the following years the percentage of occupied nest-boxes dropped below

Table 1. Species composition of hole-nesters occupied of nest boxes and their share in the community in 2011–2014

Species	Year		2011		2012		2014	
	N	[%]	N	[%]	N	[%]	N	[%]
<i>Ficedula hypoleuca</i>	81	66	88	57	100	53		
<i>Parus major</i>	18	15	36	24	38	21		
<i>Periparus ater</i>	12	10	19	12	18	10		
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	8	7	3	2	11	6		
<i>Cyanistes caeruleus</i>			1	1				
<i>Sitta europaea</i>			1	1				
<i>Jynx torquilla</i>			1	1				
<i>Poecile montanus</i>					1	1		
<i>Lophophanes cristatus</i>					3	2		
<i>Glaucidium passerinum</i>			1	1	2	1		
<i>Chiroptera</i>	4	3	4	3	14	8		
Number of nest boxes controlled	224	100	244	100	317	100		
Number of nest boxes occupied	123	55	154	63	187	59		

70% and amounted to 68% in the third year and 67% in the fourth. These differences were not significant statistically ($KW\chi^2=3.951$, $p=0.556$). In older nest-boxes the degree of occupancy dropped below 50%. Nest-boxes up to 4 years old were occupied visibly often than older ones ($KW\chi^2=8.31$, $p=0.004$). There were only a few cases of breeding twice in the same nest-box in one season. Such situation occurred in only 10 nest-boxes (1.5%), of which were 3 repeated broods of great tit and 7 of pied flycatcher.

During research, birds began broods on average in 54% of nest-boxes, but only in 36% of them young birds hatched (Tab.2). In 27 cases pied flycatchers and in 3 cases great tits had built nests in which brood was not continued. In the following years the share of nest-boxes in which young birds were hatched got lower, from 42% in 2011 to 28% in 2014 ($KW\chi^2=7.2$, $p=0.027$). This phenomenon was visualized in the value of Spearman correlation coefficient. Share of nest-boxes with hatched nestlings dropped despite their increased control in the following years ($r=-0.52$, $p=0.33$) and increased number of broods inside them ($r=-0.495$, $p=0.41$) (Tab. 2). Increase in the number of nests without hatched nestlings resulted from brood damage by predators and abandonment of nests by birds.

3.2. Breeding success

Breeding success of individual species of secondary hole-nesters was diversified. The highest breeding success was with tits. Pied flycatcher had half of the broods success-

ful (Tab. 3). No significant differences were stated, however ($KW\chi^2=0.267$, $p=0.875$). On average, for all 265 broods, 55% ended with success. Effectiveness of broods dropped in the following years of research.

3.3. Causes of loss

Stated were eight cases of interspecies nest competition when occupied nest-box was overtaken by other species. In six cases it meant building a nest on already existing brood and therefore its loss. In two cases interspecies brood occurred. One of those broods in 2011 was composed of one egg of coal tit and nine added eggs of great tit. The nest was left by coal tit and eight great tits. The second interspecies brood occurred in 2014, where to the redstart nest with three eggs eight eggs were added by great tit. Eggs of redstart were unhatched, while the brood of great tit was successful. Besides nest competition, which was the cause for 2% of loss, broods were damaged by marten and great spotted woodpecker. Marten caused 38% of all loss in broods, the most in case of pied flycatcher (47%). Predation of great spotted woodpecker was assigned to 6% of damaged broods. Other causes were not defined.

4. Discussion

In controlled nest-boxes of Augustów Forest, stated were nine broods of secondary hole-nesting birds. It is a relatively high species diversification of a group. The result is theoretically similar to the ones given from other localizations,

Table 2. Occupation of nest boxes by hole-nesters and their breeding success in 2011–2014

Year	Number of controlled nest boxes		Number of occupied nest boxes		Number of nest boxes with young		Breeding success	
	N		N	[%]	N	[%]	N	[%]
2011	224		110	49	94	42	52	75
2012	244		141	58	90	37	84	61
2014	317		159	50	91	29	111	44
Average	261.7		136.3	54	91.7	36	82.3	60.3

Table 3. Effects of broods of the most numerous secondary hole-nesters (take into account only broods of known results)

Year	<i>Ficedula hypoleuca</i>		<i>Parus major</i>		<i>Periparus ater</i>	
	number of broods	success [%]	number of broods	success [%]	number of broods	success [%]
2011	23	78	13	84	11	72
2012	41	66	24	58	14	50
2014	63	38	25	52	14	57

where eight or nine nesting species were stated (Graczyk et al. 1966, 1968; Wąs 1966; Oko 1974). In those researches nest-boxes of all types (A, B, D, P, K) were used; non-forest species also nested in them which makes it difficult to compare the results. After taking into account those differences and rejecting from cited results species incapable of settling A-type nest-boxes in forest complex, the comparable number of species stated on other localizations is lower and amounts from five to seven. Similar results were obtained in researches in Podkarpacie (Leniowski, Węgrzyn 2013) or in Lublin upland (Wiącek et al. 2014). It was stated that there were, respectively, five and four species occupying A-type nest-boxes. In Wielkopolska National Park, in nest-boxes only four species of secondary hole-nesting birds (Kudelska et al. 2017) nested. Clearly the number of species was higher in the 1980s in Sabibór Forests, where broods of 11 bird species were stated (J. Zawadzki, unpublished data).

Composition of the group of secondary hole-nesting birds in nest-boxes of conifer forests in Augustów in the following years was diversified with permanent presence of pied flycatcher, great tit, coal tit and redstart. Differences in occurrence of the remaining, not so numerous species in the following years may result from their preference for other sites. Blue tit and nuthatch inhabit broadleaved and mixed broadleaved forests which constituted only a few percent of research area. Wryneck is not a numerous species in forest complexes (Zielińska 2007). Willow tit and crested tit occupy mostly natural hollows (Mielczarek 2014). Nesting of the above five species in nest-boxes in conifer forest areas is therefore sporadic and probably results from deficiency of hollows in the examined area, but also attractiveness of nest-boxes as substitute for breeding places. In pine stands of Augustów Forest aged 70–100 years the number of hollows is very small – 0.7 hollows per ha – and in stands below 70 years hollows were found occasionally (Zawadzka et al. 2016). When considered is above dependence, arranging nest-boxes in younger forest stands, where there is not enough breeding places for secondary hole-nesting birds, seems justified.

In Augustów Forest most of the nest-boxes were occupied by pied flycatcher, followed, in terms of numerosity, by great tit, coal tit and redstart. The most numerous species were the ones most often inhabiting nest-boxes as stated in the research (Gotzman, Jabłoński 1972; Jabłoński et al. 1979; Zawadzka, Zawadzki 2000; Mizera, Gwiazdowicz 2005). Strong domination of pied flycatcher is rarely met in research on secondary hole-nesting birds in forest areas, despite it being a species willingly inhabiting nest-boxes (Kuczyński, Chylarecki 2012). In Sobibór Forests pied flycatcher constituted 49%, and the next species was great tit, constituting 30% of all examined broods (J. Zawadzki, unpublished data). Majority of authors examining the share of species in a group indicate the dominance of great tit (Leniowski, Węgrzyn 2013;

Wiącek et al. 2014; Kudelska et al. 2017) or with similar numerosity of great tit and pied flycatcher (Knistautas, Łutkus 1984). Changes in numerosity of both species are correlated, despite visible competition between them (Kuczyński, Chylarecki 2012). High numerosity of pied flycatcher in the area of research may be connected with geographical location. In the east of Poland, the population of this species is stable, whereas in the west it shows moderate drop. Northeast of Poland belongs to areas of highest density of pied flycatcher in the country (Chylarecki et al. 2018).

The degree of nest-box occupancy in the research areas in Poland ranged from 33 to 78% (Kozłowski 1992, Leniowski, Węgrzyn 2013, Ekner-Grzyb et al. 2014, Kudelska et al. 2017). This study showed a very high level of occupancy of nest-boxes. For the first 4 years at least 67% of them were occupied, suggesting that their bright colour in the first year did not matter. Brood preferences were also shown in Wielkopolska, indicating that one of the reasons may be lack of brood parasites (Ekner-Grzyb et al. 2014). In nest-boxes older than 4 years, the degree of occupancy was lower, probably due to deterioration of their technical condition or presence of parasites. Part of the oldest nest-boxes (around 20) had smaller sizes than recommended (Jabłoński et al. 1979; Zawadzka, Zawadzki 2000; Instrukcja... 2012). It may have resulted in lack of space for nestlings and higher threat from predatory martens, which could easily reach the nest. Nest-boxes of smallest dimensions had the smallest degree of occupancy. The lowered occupancy of older nest-boxes may have been enlargement of input hole by woodpeckers, resulting in increment of brood accessibility. The nest-box occupancy was also influenced by way of hanging. Majority of the nest-boxes localized on the edge of cutting area or on the edge of left forest stand remain empty. They were usually used not by birds but by wasps *Vespidae* and hornets *Vespa crabro* L. Another mistake was hanging the nest-boxes on the edge of roads and compartment lines; extensive exposition to sunlight and vehicles passing by scared the birds away. Nest-boxes should be hanged several dozen metres away from the edge of forest stand, with input hole directed towards the northeast sun in order to minimize insolation, accordingly to recommendations from Forest Protect Guidelines (2012).

In this research, the percentage of nest-boxes in which nestlings were hatched decreased in the following years. This proves a bigger loss than on early stage of brood. The increased level of loss might have been influenced by environmental (less alternative food for brood predators, predators' specialization in other districts) and anthropogenic factors – in the following years of research, less new nest-boxes were hung, which resulted in decrease in nest-boxes in good condition. Altogether 55% of broods with known effect ended with success, and 45% with loss. This result differed from results from other research areas. The losses

were smaller and the success higher than in Białowieża Forest (Czeszczewik 2004). In Lublin upland 100% of broods ended with success, but research was run only for two seasons since hanging nest-boxes (Leniowski, Węgrzyn 2013). In Sobibór Forest joint breeding success for all examined broods amounted to 69%. The highest success was observed in case of redstart (100%); for pied flycatcher and tits it amounted from 71 to 83% (J. Zawadzki, unpublished data). In Augustów Forest the highest breeding efficiency was stated in case of tits. Worse breeding effects were for pied flycatcher and redstart. Identified causes of loss in this research were predation by martens and woodpecker and nest competition. Abandoning broods may have been connected with death of adult individuals as a result of predation besides place of breeding. No flooding or freezing of eggs was stated, which was presented as causes of loss in other studies, regarding mainly broods in natural hollows (Rowiński 2013).

5. Conclusions

1. High degree of nest-boxes occupancy indicates that in economy forests there is no enough natural breeding place for secondary hole-nesting birds. The most nest-boxes should be hung in forests stands of II and III age classes.

2. Nest-boxes are occupied by birds in majority in the year of hanging of nest-box and for the following 3 years, until they are in good technical condition.

3. Nest-boxes should be replaced after 5–6 years since hanging, due to gradual decline of its technical condition.

4. Research results from one season do not bring complete data on group of birds using nest-boxes since in the following years species composition may change.

Conflict of interest

Authors declare there are no potential conflicts.

References

- Alabrudzińska J., Kaliński A., Słomczyński R., Wawrzyniak J., Zieliński P., Bańbura J. 2003. Effects of nest characteristics on breeding success of Great Tits *Parus major*. *Acta Ornithologica* 38(2): 151–154.
- Borczyński M., Sokołowski J. 1953. Wpływ skrzynek lęgowych na rozmieszczenie niektórych ptaków leśnych. *Ochrona Przyrody* 21: 160–192.
- Busse P., Gotzman J. 1962. Konkurencja gniazdowa i lęgi mieszane u niektórych gatunków dziuplaków. *Acta Ornithologica* 7(1): 1–30.
- Chylarecki P., Chodkiewicz T., Neubauer G., Sikora A., Meissner W., Woźniak B., Wylegała P., Ławicki Ł., Marchowski D., Betleja J., Bzoma S., Cenian Z., Górski A., Korniluk M., Moczarska J., Ochocińska D., Rubacha S., Wieloch M., Zielińska M., Zieliński P., Kuczyński L. 2018. Trendy liczebności ptaków w Polsce. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, 474 s. ISBN 978-83-950881-0-0.
- Czeszczewik D. 2004. Breeding success and timing of the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* nestling in natural holes and nest-boxes in the Białowieża Forest, Poland. *Acta Ornithologica* 39(1): 15–20. DOI 10.3161/0001645044214045.
- Ekner-Grzyb A., Żołnierowicz K. M., Lisicki D., Tobółka M. 2014. Habitat selection taking nest-box age into account: A field experiment in secondary hole-nesting birds. *Folia Zoologica* 64(4): 251–255. DOI 10.25225/fozo.v63.i4.a4.2014.
- Gotzman J., Jabłoński B. 1972. Gniazda naszych ptaków. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa, 280 s.
- Graczyk R. 1992. Ochrona ptaków i nietoperzy w lasach. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 191 s.
- Graczyk R., Giedrys R., Klejnotowski Z., Sikora S., Stachowiak S. 1966. Wpływ skrzynek lęgowych na gęstość zasiedlenia ptaków w drzewostanach leśnych. *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 33. *Ornitologia Stosowana* 1: 53–67.
- Graczyk R., Klejnotowski Z., Sikora S. 1968. Zasiedlenie dziuplaków lęgowych w drzewostanach leśnych. *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 41. *Ornitologia Stosowana* 3: 39–55.
- Graczyk R., Wąs F. 1966. Wpływ skrzynek lęgowych na rozmieszczenie i gęstość zasiedlenia ptaków w drzewostanach zagrożonych gradacją osnui gwiazdzistej (*Acantholyda nemoralis* Thoms.) na terenie Nadleśnictwa Chrzelice (woj. opolskie). *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 33. *Ornitologia Stosowana* 1: 69–78.
- Instrukcja ochrony lasu 2012. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa. 124 s. ISBN 978-83-61633-67-9.
- Jabłoński B., Kucińska E., Luniak M. 1979. Poradnik ochrony ptaków. Wydawnictwo LOP, Warszawa, 100 s.
- Klejnotowski Z., Sikora S. 1988. Liczebność i skład pożywienia dziuplaków w drzewostanie mieszanym Nadleśnictwa Zielonka podczas gradacji brudnicy mniszki (*Lymantria monacha* L.). *Przegląd Zoologiczny* 32(1): 83–89.
- Knistautas A.J., Lūtкус A. A. 1984. Skład gatunkowy i konkurencja międzygatunkowa u dziuplaków zasiedlających skrzyneki lęgowe na Litwie. *Notatki Ornitologiczne* 25(1–4): 77–79.
- Kuczyński L., Chylarecki P. 2012. Atlas pospolitych ptaków lęgowych Polski. Rozmieszczenie, wybiórczość siedliskowa, trendy. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 240 s. ISBN 978-83-61227-40-3.
- Kudelska K., Podkowa P., Karaśkiewicz K., Surmacki A. 2017. Znaczenie skrzynek lęgowych dla ptaków obszarów leśnych na przykładzie Wielkopolskiego Parku Narodowego. *Sylwan* 161(11): 949–957. DOI 10.26202/sylwan.2017047.
- Lambrechts M.M., Adriaensen F., Ardia D.R., Artemyev V.A., Atiéznar F., Bańbura J., Barba E., Bouvier J.-C., Camprodon J., Cooper C.B., Dawson R.D., Eens M., Eeva T., Faivre B., Garamszegi L. Z., Goodenough A.E., Gosler A.G., Grégoire A., Griffith S.C., Gustafsson L., Scott Johnson L., Kania W., Keiřs O., Llambias P.E., Mainwaring M.C., Mänd R., Massa B., Mazgajski T.D., Pape Møller A., Moreno J., Naef-Daenzer

- B., Nilsson J.-A., Norte A.C., Orell M., Otter K.A., Ryul Park C., Perrins C.M., Pinowski J., Porkert J., Potti J., Remes V., Richner H., Rytönen S., Shiao M.-T., Silverin B., Slagsvold T., Smith H.G., Sorace A., Stenning M.J., Stewart I., Thompson C.F., Tryjanowski P., Török J., van Noordwijk A.J., Winkler D.W., Ziane N. 2010. The Design of Artificial Nest-boxes for the Study of Secondary Hole-Nesting Birds: A Review of Methodological Inconsistencies and Potential Biases. *Acta Ornithologica* 45(1): 1–26. DOI 10.3161/000164510X516047.
- Leniowski K., Węgrzyn E. 2013. Zasadnienie poszczególnych typów budek lęgowych w lesie sosnowym – ocena efektywności kompensacji przyrodniczej względem różnych gatunków ptaków. *Sylwan* 157(11): 854–859. DOI 10.26202/sylvan.2017047.
- Luniak M. 1992. The use of nest-boxes for the management of breeding avifauna in urban parks – studies in Warsaw and Poznań (Poland). *Acta Ornithologica* 27(1): 1–19.
- Luniak M., Haman A., Kozłowski P., Mizera T. 1992. Wyniki lęgów ptaków gnieźdzących się w skrzynkach w parkach miejskich Warszawy i Poznania. *Acta Ornithologica* 27(1): 49–63.
- Mazgajski T. 2000. Competition for nest sites between the Starling *Sturnus vulgaris* and other cavity nesters – study in forest park. *Acta Ornithologica* 35(1): 103–108.
- Mänd R., Tilgar V., Löhmus A., Leivits A. 2005. Providing nest-boxes for hole-nesting birds – Does habitat matter? *Biodiversity and Conservation* 14(8): 1823–1840. DOI 10.1007/s10531-004-1039-7.
- Merilä J., Wiggins D. A. 1995. Interspecific competition for nest holes causes adult mortality in the collard flycatcher. *The Condor* 97(2): 445–450. DOI 10.2307/1369030.
- Mielczarek P. 2014. Ptaki wróblowe Europy. cz. II. Wyd. Koliber, Nowy Sącz, 272 s. ISBN 83-921460-2-6.
- Mitrus C. 2003. A comparison of the breeding ecology of Collared Flycatchers nesting in -boxes and natural cavities. *Journal of Field Ornithology* 74(3): 293–299. DOI 10.1648/0273-8570-74.3.293.
- Mizera T., Gwiżdżowicz D.J. 2005. Ochrona dziuplaków, in: Gwiżdżowicz D.J. (Ed.). Ochrona przyrody w lasach. I Ochrona zwierząt: 81–97. ISBN 978-83-930500-8-6.
- Nowakowski J.K., Nowakowski W.K., Mitrus C. 1997. Zakończony sukcesem lęgi mieszane bogatki *Parus major* i muchołówki żałobnej *Ficedula hypoleuca*. *Notatki Ornitologiczne* 38(4): 315–320.
- Nowakowski W.K., Boratyński P. 2000. O identyfikacji śladów drapieżnictwa w skrzynkach lęgowych. *Notatki Ornitologiczne* 41(1): 55–69.
- Nowicki W. 1992. Zmiany awifauny lęgowej parków Warszawy (1975–1985) oraz zastosowanie skrzynek lęgowych dla jej kształtowania. *Acta Ornithologica* 27(1): 65–92.
- Oko Z. 1974. Awifauna skrzynek lęgowych Leśnictwa Gorzyń. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 70, *Ornitologia Stosowana* 7: 49–70.
- PUL. 2011. Plan Urzędu Gospodarstwa Leśnego Nadleśnictwa Głęboki Bród na okres 01.01.2012-31.12.2021. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Białymstoku, 506 s.
- PUL. 2012. Plan Urzędu Gospodarstwa Leśnego Nadleśnictwa Pomorze na okres 01.01.2013-31.12.2022. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Białymstoku, 506 s.
- R Core Team. 2018. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <https://www.R-project.org/>. [14.02.2019].
- Rowiński P. 2013. Czynniki decydujące o sukcesie lęgowym dziuplaków wtórnych w lasach pierwotnych Białowieskiego Parku Narodowego – studium porównawcze. SGGW, Warszawa. 91 s., ISBN 978-83-7583-511-3.
- Sikora S. 2010. Występowanie oraz cele i możliwości praktycznej ochrony dziuplaków w różnych środowiskach ze szczególnym uwzględnieniem drzewostanów leśnych. *Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach* 4: 131–145.
- Sikora S., Kilian K., Kuźma B., Raczynski M., Zawadzki M. 2013. Efekty zastosowania skrzynek lęgowych w drzewostanie sosnowym Nadleśnictwa Tuchola. *Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach* 7: 109–124.
- Sokołowski J. 1948. Ochrona ptaków. Nakładem Państwowej Rady Ochrony Przyrody, Kraków, 95 s.
- Walankiewicz W., Mitrus C. 1997. How nest-box data have led to erroneous generalizations: the case of the competition between Great Tit *Parus major* and Ficedula flycatchers. *Acta Ornithologica* 32(2): 209–212.
- Wąs F. 1966. Analiza przydatności skrzynek lęgowych rozwieszonych dla ptaków na terenie Nadleśnictwa Chrzelice (woj. opolskie). *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 33, *Ornitologia Stosowana* 1: 97–102.
- Wesołowski T. 2011. Reports from nest-box studies: a review of inadequacies. *Acta Ornithologica* 46(1): 13–18. DOI 10.3161/000164511X589866.
- Wiącek J., Kucharczyk M., Polak M., Kucharczyk H. 2014. Wpływ hałasu drogowego na ptaki leśne – eksperyment z wykorzystaniem budek lęgowych. *Sylwan* 158(8): 630–640.
- Zawadzka D., Drozdowski S., Zawadzki G., Zawadzki J. 2016. The availability of cavity trees along an age gradient in fresh pine forest. *Silva Fennica* 50: article 3 id 1441.13p. DOI 10.14214/sf.1441.
- Zawadzka D., Zawadzki J. 2000. Profilaktyka w ochronie lasu – znaczenie i metody. *Biblioteczka Leśniczego* 133.
- Zawadzka D., Zawadzki J. 2005. Ptaki naszych lasów. Wyd. Świat, Warszawa. 112 s., ISBN 83-85597-99-9.
- Zielińska M. 2007. Krętogłów *Jynx torquilla*, in: Sikora A., Rohde Z., Gromadzki M., Neubauer G., Chylarecki P. (Eds.). Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 294–295. ISBN 978-83-61320-01-2.

Authors' contribution

G.Z. contributed to field work, conception of article, methods, statistical analysis, graphic materials, preparation of the script, literature review, J.Z. to methods and field work, D.Z. to revision, edition and literature review and A.S. to field work.