

KRAJOWY CENZUS BŁOTNIAKA ŁĄKOWEGO

Raport końcowy

opracowano na potrzeby projektu
POIS.05.01.00-00-381/12 „Ochrona błotniaka łąkowego w Polsce”



**INFRASTRUKTURA
I ŚRODOWISKO**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków
Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko



Dofinansowano ze Środków Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Opracowanie:

Lechosław Kuczyński
Zakład Biologii i Ekologii Ptaków
Instytut Biologii Środowiska, Wydział Biologii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Umultowska 89, 61-614 Poznań
mailto:lechu@amu.edu.pl
<http://zbiep.amu.edu.pl/lechu>

Dominik Krupiński
Towarzystwo Przyrodnicze „Bocian”
ul. Radomska 22/32, 02-323 Warszawa
mailto:dominik@bocian.org.pl
<http://pygargus.pl>

Poznań - Warszawa 2014 r.

SPIS TREŚCI

1.	STRESZCZENIE	3
2.	WSTĘP	3
3.	CEL BADAŃ	4
4.	STRUKTURA ZADANIA	4
5.	ZAŁOŻENIA METODYCZNE	4
5.1.	MODEL PREDYKTYWNY	4
5.2.	WYBÓR POWIERZCHNI PRÓBNYCH	6
5.3.	OCENA WYKRYWALNOŚCI	7
6.	ORGANIZACJA BADAŃ	7
6.1.	PRZYGOTOWANIE INSTRUKCJI I INNYCH MATERIAŁÓW	7
6.2.	WYKONAWCY PRAC TERENOWYCH	7
6.3.	PRACE TERENOWE	8
7.	METODY ANALIZY DANYCH	9
7.1.	OCENA LICZEBNOŚCI KRAJOWEJ POPULACJI BŁOTNIAKA ŁĄKOWEGO	9
1.1.1	<i>Obszar „optymalny”</i>	9
1.1.2	<i>Obszar „suboptymalny”</i>	9
1.1.3	<i>Ostoja Biebrzańska</i>	10
7.2.	KONSTRUKCJA MODELU	11
1.1.4	<i>Estymacja wykrywalności</i>	11
1.1.5	<i>Estymacja zagęszczeń dla warstwy „optymalnej”</i>	12
7.3.	OCENA TRENDU NA PODSTAWIE DANYCH Z MONITORINGU PTAKÓW DRAPIEŻNYCH.....	13
7.4.	OKREŚLENIE STATUSU KRAJOWEJ POPULACJI NA TLE SYTUACJI W UNII EUROPEJSKIEJ	14
7.5.	CHARAKTERYSTYKA WYBIÓRCZOŚCI ŚRODOWISKOWEJ	14
1.1.6	<i>Ocena ważności predyktorów</i>	15
1.1.7	<i>Funkcyjna charakterystyka preferencji środowiskowych</i>	15
7.6.	PREDYKCJA ZAGĘSZCZEŃ POPULACJI W POSZCZEGÓLNYCH REGIONACH KRAJU	15
7.7.	OCENA SUKCESU GNIAZDOWEGO	15
7.8.	ROZPOZNANIE NAJWAŻNIEJSZYCH ZAGROZEŃ	15
8.	WYNIKI	16
8.1.	OCENA LICZEBNOŚCI KRAJOWEJ POPULACJI BŁOTNIAKA ŁĄKOWEGO	16
8.2.	ESTYMACJA WYKRYWALNOŚCI	17
8.3.	OCENA TRENDU NA PODSTAWIE DANYCH Z MONITORINGU PTAKÓW DRAPIEŻNYCH.....	18
8.4.	OKREŚLENIE STATUSU KRAJOWEJ POPULACJI NA TLE SYTUACJI W UNII EUROPEJSKIEJ	22
8.5.	CHARAKTERYSTYKA WYBIÓRCZOŚCI ŚRODOWISKOWEJ	23
8.6.	PREDYKCJA ZAGĘSZCZEŃ POPULACJI W POSZCZEGÓLNYCH REGIONACH KRAJU	30
8.7.	OCENA SUKCESU GNIAZDOWEGO	37
8.8.	ROZPOZNANIE NAJWAŻNIEJSZYCH ZAGROZEŃ	40
9.	PODZIĘKOWANIA	43
10.	LITERATURA	44
11.	ENGLISH SUMMARY	45
12.	ZAWARTOŚĆ DOŁĄCZONEJ PŁYTY CD	46

1. Streszczenie

Opracowanie zawiera wyniki Krajowego Cenzusu Błotniaka łąkowego wykonanego w latach 2013-2014 w ramach realizacji projektu POIS.05.01.00-00-381/12 „Ochrona błotniaka łąkowego w Polsce”. Celem badań jest ocena liczebności krajowej populacji oraz analiza rozmieszczenia gatunku w skali kraju. Dodatkowo, program dostarcza informacji o wybiórczości środowiskowej, sukcesie gniazdowym i pozwala na ocenę najważniejszych zagrożeń.

Dane zostały zebrane na 100 powierzchniach próbnych (kwadraty 10x10 km) wybranych losowo w oparciu o modelowanie predyktywne. Skuteczność przyjętej metodyki prac terenowych (wykrywalność rewirów) została oszacowana przy pomocy podwójnych kontroli wykonywanych przez niezależnych obserwatorów. Liczebność krajowej populacji oszacowano w dwóch warstwach wyróżnionych na podstawie przewidywanego prawdopodobieństwa występowania i oddzielnie w OSO Ostoja Biebrzańska. Charakterystyka wybiórczości środowiskowej oraz predykcja zagęszczeń na obszar całego kraju zostały wykonane przy pomocy modelowania metodami uczenia maszynowego (*Random Forest*). Zagrożenia były oceniane wg metodyki stosowanej przy ewaluacji obszarów N2k.

Przyjęta metodyka prac terenowych (2 całodniowe kontrole, w maju i w lipcu) zapewnia wykrywalność rewirów wynoszącą 55%. Całkowita liczebność krajowej populacji została oszacowana na ok. 3400 rewirów (95%PU: 2700-4300). Stanowi to około 20% całkowitej liczebności tego gatunku w Unii Europejskiej. Sukces dla gniazd objętych programem aktywnej ochrony wynosił średnio 97.3% (91.8-99.5), natomiast gniazd nie chronionych 33.9% (28.5-39.6). Średni sukces w roku 2013 wynosił 25.4% (19.4-32.2) i był znacząco niższy, niż w roku 2014, gdy wynosił 49.0% (39.3-58.7). Najwyższa udatność łągów została stwierdzona w zbożach, w roślinności szuwarowej i siedliskach ruderalnych, niższa na łąkach i w rzepaku. Analiza preferencji siedliskowych wykazała, że optymalnym środowiskiem błotniaka łąkowego są rozległe, płaskie i niezalesione wysoczyzny użytkowane rolniczo. Gatunek ten preferuje rolnictwo ekstensywne z dużym udziałem upraw ziemniaków, pastwisk i łąk. Unika miejsc zasiedlonych przez człowieka i preferuje klimat o cechach kontynentalnych. Głównym zagrożeniem dla łągów błotniaka łąkowego jest działalność rolnicza i drapieżnictwo.

2. Wstęp

W badaniach ekologicznych pojęcie „cenzus” oznacza możliwie precyzyjne oszacowanie liczby wszystkich osobników jakiegoś gatunku żyjących w danym czasie na określonym obszarze. Taka inwentaryzacja tylko w wyjątkowych przypadkach może być wykonana poprzez bezpośrednie policzenie wszystkich osobników. Najczęściej, ze względów czysto praktycznych (wysokie koszty, czasochłonność, niemożność indywidualnego wyznakowania osobników, niska wykrywalność, duża mobilność, itp.) oszacowanie liczebności odbywa się metodą próbkowania. Próbkowanie polega na wyborze pewnego podzbioru z dostępnego spektrum badanej przestrzeni, wykonaniu pomiarów interesujących parametrów (np. liczby zajętych rewirów, sukcesu gniazdowego, produktywności itd.) w obrębie tego podzbioru (próby) i uogólnienie wyników na całą populację generalną (docelową). Nieuniknioną konsekwencją takiej metodologii jest błąd związany z próbkowaniem, wynikający z przeniesienia wniosków wyciągniętych na podstawie badania próby na dużo szerszą zbiorowość, jaką jest populacja generalna. Dlatego przy tego typu podejściu bardzo ważne staje się nie tylko możliwie precyzyjne oszacowanie wartości badanych parametrów, ale również oszacowanie błędu wynikającego z generalizacji (tzw. błąd próby).

Krajowy Cenzus Błotniaka łąkowego został zaplanowany jako jedno z zadań w projekcie POIS.05.01.00-00-381/12 „Ochrona błotniaka łąkowego w Polsce”, który jest realizowany przez Towarzystwo Przyrodnicze „Bocian” ze środków Unii Europejskiej w ramach V osi priorytetowej Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Zadanie było realizowane w roku 2013 i 2014 na 100 powierzchniach próbnych (kwadraty 10x10 km) wybranych losowo wg odpowiednio dobranego algorytmu.

3. Cel badań

Główne cele cenzusu:

1. Ocena skuteczności przyjętej metodyki (estymacja wykrywalności)
2. Ocena liczebności krajowej populacji błotniaka łąkowego
3. Ocena sukcesu gniazdowego
4. Określenie statusu krajowej populacji na tle sytuacji w Unii Europejskiej
5. Charakterystyka wybiórczości środowiskowej
6. Predykcja zagęszczeń populacji w poszczególnych regionach kraju
7. Rozpoznanie najważniejszych zagrożeń
8. Kalibracja wyników uzyskiwanych z Monitoringu Ptaków Drapieżnych

4. Struktura zadania

Realizacja zadania składa się z następujących etapów:

1. Planowanie badań – opracowanie założeń metodycznych i wybór powierzchni
2. Organizacja badań - przygotowanie instrukcji, formularzy, map i innych materiałów
3. Prace terenowe
4. Dostarczanie i wprowadzanie danych
5. Analiza danych
6. Przygotowanie raportu

Etapy 3-6 realizowane są kolejno w obu latach badań (2013 i 2014).

5. Założenia metodyczne

Założenia metodyczne do Krajowego Cenzusu Błotniaka Łąkowego zostały opracowane na podstawie wytycznych zawartych w poradniku „Monitoring ptaków łąkowych” dotyczącym gatunków chronionych Dyrektywą Ptasią (Lontkowski, 2009). W wielu punktach założenia są podobne do tych zaproponowanych w Monitoringu Ptaków Drapieżnych (MPD). Nowością jest zastosowanie modelowania predyktywnego do wylosowania powierzchni próbnych oraz uwzględnienie wykrywalności oszacowanej dzięki kontrolom powtarzanym przez niezależnych obserwatorów.

W bardzo ogólnym zarysie, ocena liczebności błotniaka łąkowego na powierzchniach próbnych (losowo wybranych kwadratach o powierzchni 100 km²) jest wykonywana poprzez podsumowanie wyników co najmniej 2 liczeń wykonanych w każdym sezonie łąkowym. Podstawową metodą liczenia są obserwacje prowadzone z wyniesionych punktów obserwacyjnych. Obserwatorzy klasyfikują status dokonanych spostrzeżeń w rozbiciu na dwie zasadnicze kategorie: ptaki niełąkowe i łąkowe. Zlokalizowane rewiry błotniaka łąkowego są zaznaczone na mapie. Dodatkowo klasyfikowane jest środowisko łąkowe oraz identyfikowane są potencjalne zagrożenia.

5.1. Model predyktywny

Według danych Monitoringu Ptaków Drapieżnych błotniak łąkowy jest spotykany na ok. 1/3 powierzchni kraju. Z tego względu zastosowanie losowania prostego nie było optymalnym rozwiązaniem, gdyż skutkowałoby wytypowaniem powierzchni, z których większość byłaby niezajęta. Dlatego pierwszym etapem była budowa modelu predyktywnego, umożliwiającego delimitację obszarów o wysokim prawdopodobieństwie występowania badanego gatunku.

Model został wykonany na podstawie obserwacji z lat 2000-2012 dostarczonych dzięki uprzejmości kilkudziesięciu osób (pełna lista jest dostępna pod adresem <http://pygargus.pl/cenzus/>) oraz informacji zgromadzonych w następujących bazach danych:

1. Polska Kartoteka Przyrodnicza (<http://kartoteka-przyrodnicza.pl>)
2. Awibaza (<http://birdlaa5.memset.net/worldbirds/poland.php>)
3. Monitoring Ptaków (MPD, MPM, MPPL) (<http://www.monitoringptakow.gios.gov.pl>)

4. Wielkopolska Kartoteka Ornitologiczna (<http://www.wko.eko.org.pl>)
5. Wielkopolski Atlas Ornitologiczny (<http://wao.amu.edu.pl>)
6. Kartoteka Świętokrzyskiej Grupy Ornitologicznej (<http://www.sgo.tbop.org.pl>)

Łącznie zgromadzono 1870 rekordów (zarówno stwierdzeń z podziałem na kategorie lęgowości, jak i tzw. „zer”, czyli informacji o braku stwierdzeń, pomimo intensywnych kontroli terenu). Część rekordów dotyczyła tych samych kwadratów i ostatecznie zbiór użyty do modelowania zawierał informacje z 1216 kwadratów 10x10 km. W przypadku stwierdzenia gniazdowania brano pod uwagę zawsze maksymalną kategorię lęgowości. Wszystkie dane zostały zweryfikowane zanim zostały użyte do modelowania. W przypadkach wątpliwych rekordy były usuwane ze zbioru uczącego.

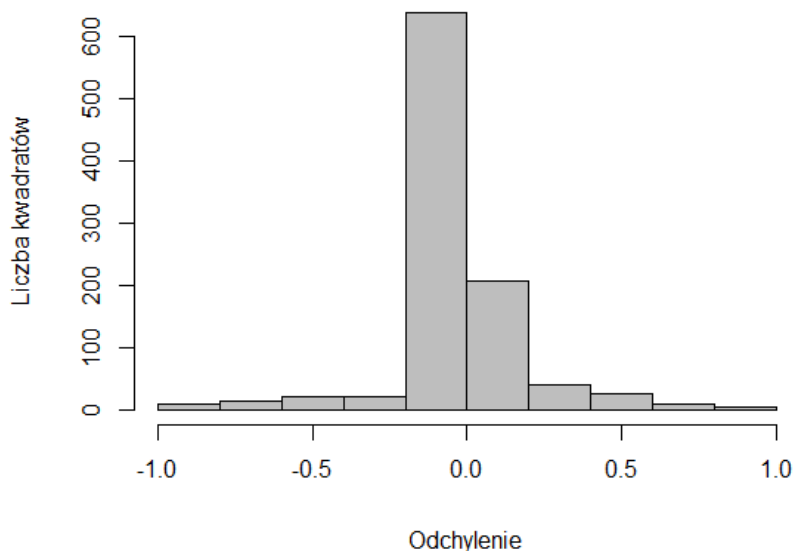
Do budowy modelu zastosowana została metodyka szczegółowo opisana w „Atlasie pospolitych ptaków lęgowych Polski” (Kuczyński and Chylarecki, 2012). Użyto tego samego algorytmu (Random Forest, wariant klasyfikacyjny) (Breiman, 2001) i tego samego zestawu 93 predyktorów. Dane środowiskowe zostały zagregowane do rozdzielczości przestrzennej 10 km (w układzie PUWG 1992).

Tak uzyskany model przewidywanego rozmieszczenia błotniaka łąkowego cechuje się dość dobrymi parametrami (Tabela 1), potencjalnie umożliwiającymi skuteczną predykcję.

Tabela 1. Parametry modelu

Evaluation of the presence-absence habitat model (on the learning and test data sets).

Parametr	Zbiór uczący	Zbiór testowy
Błąd [%]	0.0	5.7
Oznaczenia poprawne [%]	100.0	94.3
Skuteczność oznaczeń pozytywnych [%]	100.0	94.0
Skuteczność oznaczeń negatywnych [%]	100.0	94.7
AUC	1.00	0.99



Ryc. 1. Rozkład reszt z modelu dla zbioru testowego (OOB). Wartości w pobliżu zera oznaczają niewielki błąd predykcji. Wartość 1 oznacza, że kwadrat, w którym nie stwierdzono błotniaka jest klasyfikowany jako zajęty. Wartość -1 oznacza nieskuteczność wykrycia zajętego stanowiska.

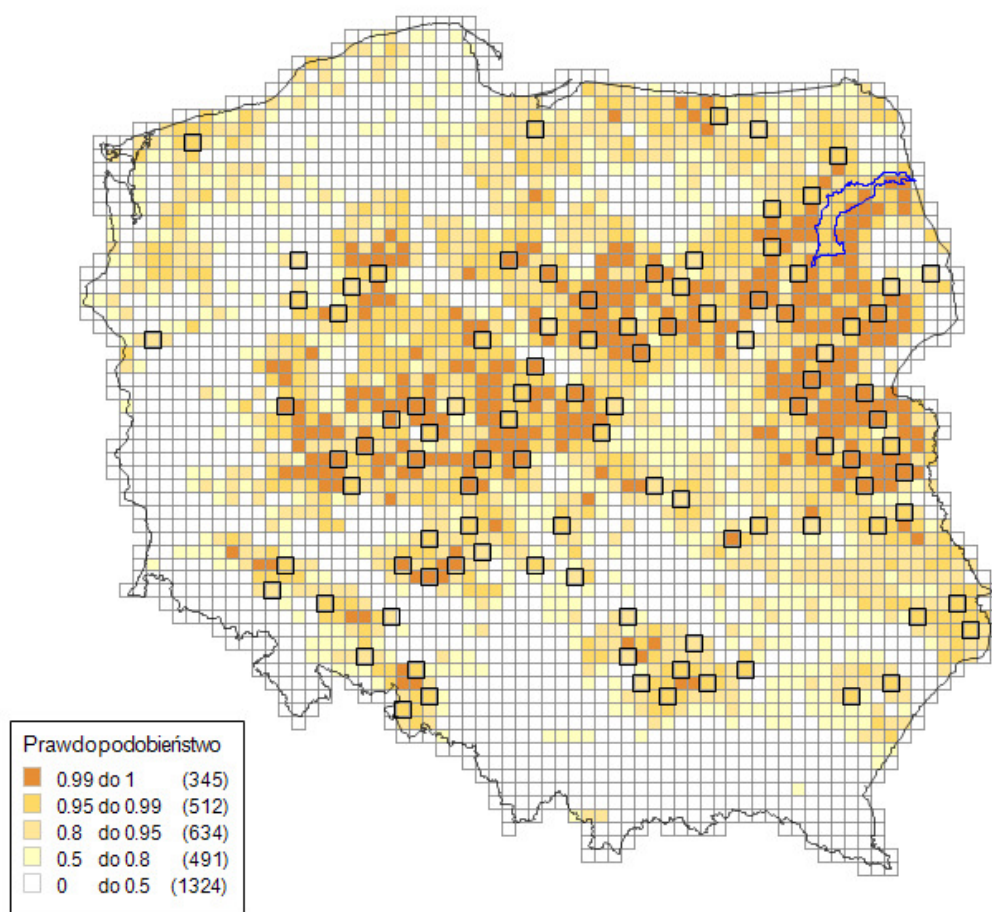
Distribution of out-of-bag residuals from the presence-absence model. Values near zero denote the low prediction error, 1 means unsuccessful detection of occupied site, -1 means non-detection of occupied site.

5.2. Wybór powierzchni próbnych

Pula kwadratów, z których dokonano losowania powierzchni spełnia następujące warunki:

1. Leżą całkowicie w obrębie granic administracyjnych Polski.
2. Nie podawano z nich kategorii „zero”.
3. Prawdopodobieństwo występowania błotniaka łąkowego (oszacowane jako wartość przewidywana z modelu opisanego w poprzednim paragrafie) jest większe od 0.9.
4. Nie leżą w obrębie OSOP „Ostoja Biebrzańska” (dla której przygotowany został oddzielny program oceny liczebności).

W kolejnym kroku dokonano losowego wyboru 100 kwadratów z puli kwadratów spełniających równocześnie warunki 1-4. Losowanie było proporcjonalne, tzn. im wartości predykcji z modelu były większe, tym większa była szansa, że dany kwadrat znajdzie się wśród wylosowanych. Dodatkowo wprowadzone zostały ograniczenia dotyczące wzajemnych odległości pomiędzy wylosowanymi kwadratami: jeżeli kolejny wylosowany kwadrat leżał zbyt blisko kwadratów już wylosowanych (lub którejkolwiek powierzchni z Monitoringu Ptaków Drapieżnych), był usuwany i losowany był następny kwadrat. Graniczna odległość wynosiła 20 km (między centroidami), co w praktyce jest równoznaczne z eliminowaniem kwadratów przylegających do siebie. Procedura była powtarzana iteracyjnie aż do uzyskania wymaganej liczby losowych powierzchni. Ich lokalizacje wraz z prognozowanymi prawdopodobieństwami występowania błotniaka łąkowego zostały przedstawione na Ryc. 2.



Ryc. 2. Rozmieszczenie powierzchni próbnych
Location of sampling plots.

5.3. Ocena wykrywalności

Ocena błędów metodyki i oszacowanie wykrywalności zostały przeprowadzone metodą niezależnych kontroli. Dodatkowe liczenia wykonano na 30 kwadratach. Kontrole te były wykonywane wg identycznej metodyki przez niezależnych wykonawców. Wykonawcy podstawowi nie byli poinformowani, na których powierzchniach i kiedy zostaną wykonane liczenia dodatkowe.

6. Organizacja badań

6.1. Przygotowanie instrukcji i innych materiałów

Następujące materiały zostały przygotowane z odpowiednim wyprzedzeniem i udostępnione publicznie na stronie internetowej projektu (<http://pygargus.pl/cenzus/>):

1. Ogólna charakterystyka projektu wraz z opisem metodyki wyboru kwadratów i mapami
2. Rozmieszczenie powierzchni próbnych z identyfikatorami kwadratów – Google Earth (plik kmz)
3. Rozmieszczenie powierzchni próbnych z identyfikatorami kwadratów – mapa (plik pdf)
4. Założenia metodyczne do Krajowego Cenzusu Błotniaka Łąkowego (plik pdf)
5. Formularze liczeń (plik xls)
6. Archiwa ze spakowanymi mapami wszystkich powierzchni (skompresowane pliki pdf)

6.2. Wykonawcy prac terenowych

Realizacja prac terenowych została zlecona przez Towarzystwo Przyrodnicze „Bocian” następującym wykonawcom wybranym w drodze przetargu:

1. **Część nr 1) Pomorze**
NUMENIUS Specjalistyczne Analizy Przyrodnicze, Doradztwo Rolnicze i Środowiskowe, mgr inż. Rafał Kryza, os. Dolne Miasto 14/67, 78-600 Wałcz
2. **Część nr 2) Warmia i Podlasie**
Paweł Białomyzy, ul. Kościelna 33, 17-250 Kleszczele
3. **Część nr 3) Mazowsze**
Biuro Analiz Przyrodniczych Marek Elas, Reymonta 12E m. 51, 05-250 Radzymin
4. **Część nr 4) Ziemia Kujawsko-Pomorska**
NUMENIUS Specjalistyczne Analizy Przyrodnicze, Doradztwo Rolnicze i Środowiskowe, mgr inż. Rafał Kryza, os. Dolne Miasto 14/67, 78-600 Wałcz
5. **Część nr 5) Wielkopolska i Ziemia Lubuska**
NUMENIUS Specjalistyczne Analizy Przyrodnicze, Doradztwo Rolnicze i Środowiskowe, mgr inż. Rafał Kryza, os. Dolne Miasto 14/67, 78-600 Wałcz
6. **Część nr 6) Dolny Śląsk i Opolszczyzna**
AMANITA Wojciech Grzesiak, ul. Stara Kolonia 6, 57-400 Nowa Ruda
7. **Część nr 7) Ziemia Łódzka**
Piotr Dębowski, ul. Piotrkowska 86, 26-200 Końskie
8. **Część nr 8) Ziemia Świętokrzyska**
Vanellus Eco Firma Przyrodnicza Łukasz Tomasiak, Os. Rosochy 83/2, 27-400 Ostrowiec Świętokrzyski
9. **Część nr 9) Lubelszczyzna i Podkarpacie**
Grzegorz Grzywaczewski, ul. Lubelska 103, 22-100 Chełm

6.3. Prace terenowe

Szczegółowa instrukcja prowadzenia liczeń i wypełniania formularzy została przedstawiona w oddzielnym dokumencie (Krupiński D., Kuczyński L. 2013. Założenia metodyczne do Krajowego Cenzusu Błotniaka Łąkowego, <http://pygargus.pl/cenzus/>).

Skrócona metodyka prac terenowych:

1. Terminy kontroli: 5-25 maja, 1-20 lipca
2. Wyznaczanie punktów obserwacyjnych
Na podstawie dostarczonej mapy w skali 1:40000 w obrębie każdego kwadratu obserwator wyznacza co najmniej 10 punktów obserwacyjnych zapewniających odpowiednie pole widzenia oraz równomierne i całościowe pokrycie badanego obszaru.
3. Liczenia z punktów
W każdym punkcie obserwator spędza co najmniej pół godziny. Rejestracji podlegają wszystkie obserwacje błotniaków łąkowych. Są one nanoszone na mapę, co wraz z interpretacją zachowań pozwala na ocenę statusu ptaków oraz wyznaczenie rewirów lęgowych (w korzystnych warunkach również miejsc gniazdowych). Jeżeli zachodzi taka potrzeba, obserwatorzy są zobowiązani do wydłużenia czasu obserwacji lub podjęcia dodatkowych poszukiwań. Dodatkowo notowane są informacje o warunkach atmosferycznych i obecności potencjalnych konkurentów (błotniak stawowy). W niektórych przypadkach możliwa jest także ocena sukcesu lęgowego oraz liczby podlotów.
4. Zapis zebranych informacji do formularzy
Wszystkie zebrane informacje są odnotowywane na mapach oraz w specjalnych formularzach (punkty, kontrole, rewiry, formularz zbiorczy). Dodatkowo obserwatorzy dokonują rozpoznania siedlisk lęgowych oraz potencjalnych zagrożeń, a także przygotowują dokumentację fotograficzną.
5. Przekazanie formularzy i dokumentacji do Koordynatora (Towarzystwo Przyrodnicze „Bocian” ul. Radomska 22/32, 02-323 Warszawa) w terminie do 31 sierpnia.
Sprawozdanie z wykonania liczeń błotniaka łąkowego na powierzchni próbnej składa się z:
 - mapy z naniesionymi obserwacjami błotniaka łąkowego i wyznaczonymi rewirami lęgowymi (wersja papierowa),
 - zestawienia współrzędnych punktów obserwacyjnych (wersja elektroniczna),
 - wypełnionego Formularza Kontroli K1 (wersja elektroniczna),
 - wypełnionego Formularza Kontroli K2 (wersja elektroniczna),
 - wypełnionego Formularza Zbiorczego (wersja elektroniczna),
 - wypełnionego Formularza Opisu Rewirów (wersja elektroniczna).

7. Metody analizy danych

7.1. Ocena liczebności krajowej populacji błotniaka łąkowego

Całkowita liczebność krajowej populacji została obliczona poprzez sumowanie liczebności oszacowanych oddzielnie dla następujących warstw:

1.1.1 Obszar „optymalny”

Warstwa ta obejmuje kwadraty, dla których przewidywane prawdopodobieństwo występowania błotniaka łąkowego (p_r) oszacowane na podstawie modelu predyktywnego (paragraf 5.1 Model predyktywny, str. 4) było wyższe niż 0.90. Z warstwy tej wyłączono Ostoję Biebrzańską, dla której został zaprojektowany oddzielny program szacowania liczebności. Obszar „optymalny” obejmował łącznie 111 429 km² i stanowił populację generalną dla powierzchni próbnych objętych bezpośrednimi liczeniami. Oznacza to, że średnie zagęszczenie oszacowane na podstawie liczeń może być zgeneralizowane jedynie na kwadraty wchodzące w skład tej warstwy.

Żadna metodyka prac terenowych nie zapewnia całkowitej pewności wykrycia wszystkich obiektów podlegających badaniu. Również w tym przypadku, wykrywalność terytoriów nie była pełna. Jednak dzięki niezależnym liczeniom powtarzanym na wybranych powierzchniach przez dwóch obserwatorów możliwe było dość dokładne oszacowanie skuteczności przyjętej metodyki (wykrywalności).

Zależność pomiędzy wynikiem liczeń na powierzchniach próbnych a rzeczywistą liczbą rewirów może być opisana w następujący sposób (Nichols et al., 2000):

$$E(C_i) = N_i p$$

gdzie C_i oznacza wynik liczenia na powierzchni i , N_i jest rzeczywistą liczbą rewirów na powierzchni i , natomiast p jest prawdopodobieństwem wykrycia rewiru.

Zatem, liczebność na każdej powierzchni może być oszacowana z następującego wzoru:

$$\hat{N}_i = \frac{C_i}{\hat{p}}$$

gdzie \hat{N}_i jest estymatorem liczebności na powierzchni i , a \hat{p} jest estymatorem wykrywalności (którego wartość w tym przypadku jest wspólna dla wszystkich powierzchni).

Średnie zagęszczenie \hat{D}_{opt} w warstwie „optymalnej” (wyrażone liczbą zajętych rewirów na 100 km²) wynosi:

$$\hat{D}_{opt} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\hat{p}} \quad (1).$$

Ocenę liczebności w warstwie „optymalnej” uzyskano poprzez pomnożenie średniego zagęszczenia i powierzchni warstwy, czyli: $\hat{N}_{opt} = \hat{D}_{opt} A_{opt} / 100$, gdzie A_{opt} jest polem powierzchni warstwy „optymalnej” wyrażonym w km².

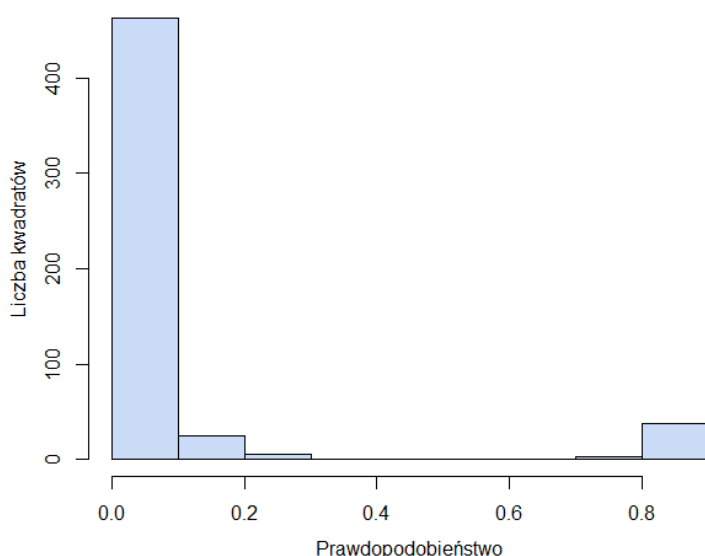
1.1.2 Obszar „suboptymalny”

Warstwa ta obejmuje kwadraty, dla których przewidywane prawdopodobieństwo występowania błotniaka łąkowego oszacowane na podstawie modelu predyktywnego było nie wyższe niż 0.90 i jednocześnie nie niższe niż 0.77. Ta druga wartość wyznacza najniższe przewidywane prawdopodobieństwo występowania dla kwadratów zajętych (Ryc. 3). Obszar „suboptymalny” obejmował łącznie 392 kwadraty, co po wyłączeniu terenów leżących poza granicami

administracyjnymi kraju daje powierzchnię 38 713 km². Z ogólnej liczby 392 kwadratów, 40 było zajętych (w kategorii „B” lub „C”), co daje proporcję zajętych kwadratów w warstwie „suboptymalnej” $q=0.102$ (95%PU: 0.075-0.135). Całkowita liczebność w tej warstwie została oszacowana jako iloczyn połowy zagęszczeń w warstwie „optymalnej”, proporcji kwadratów zajętych w warstwie „suboptymalnej” (q) i powierzchni warstwy wyrażonej w km² (A_{sub}), czyli:

$$\hat{N}_{sub} = \frac{1}{2} \hat{D}_{opt} q A_{sub} / 100.$$

Zagęszczenie na terenach „suboptymalnych” jest nieznanne, więc arbitralnie przyjęto, że jest ono dwukrotnie niższe, niż na terenach „optymalnych”. Przy ogólnej liczebności w warstwie „suboptymalnej” szacowanej na ok. 60 rewirów, ułamek ten ma niewielki wpływ na ogólny wynik.



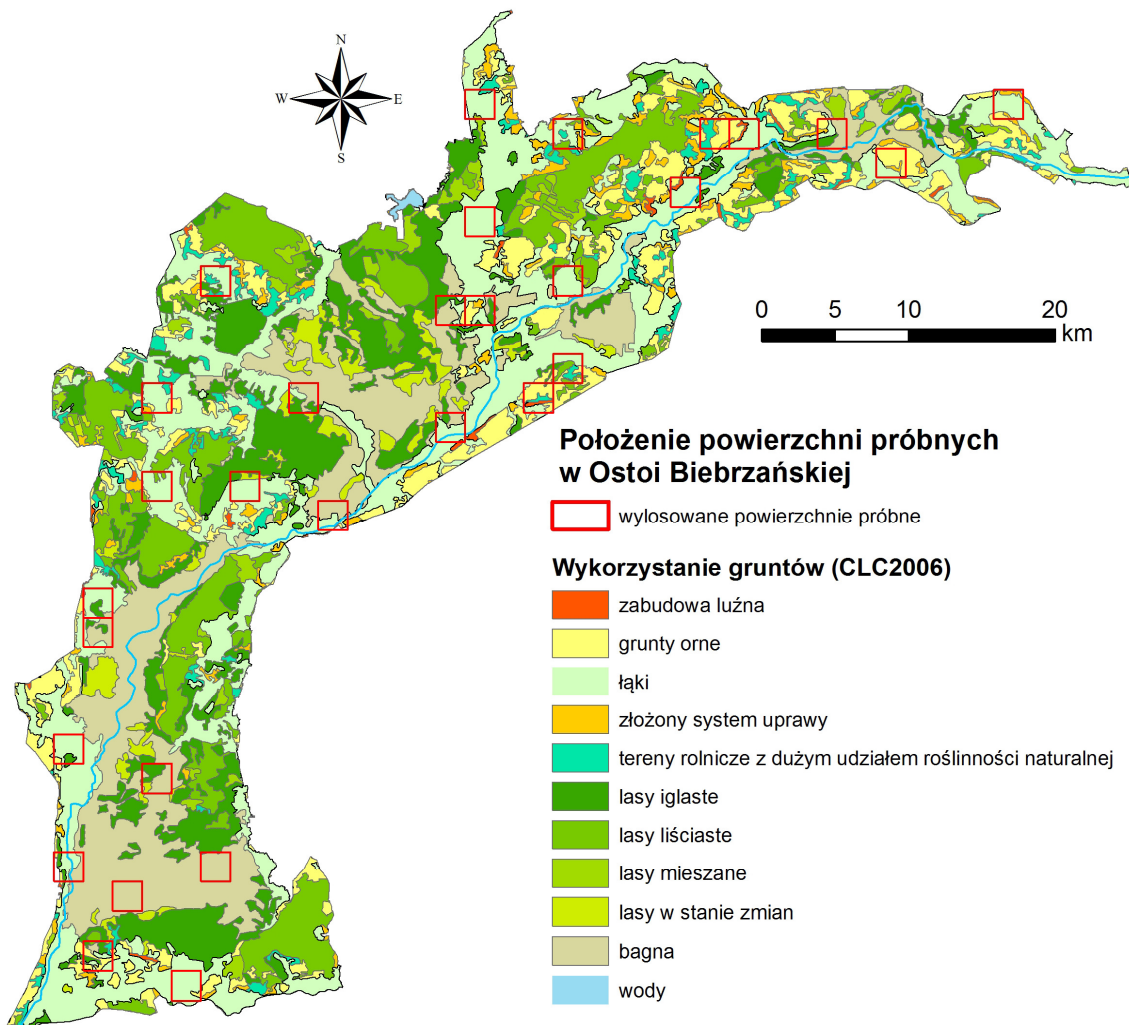
Ryc. 3. Rozkład przewidywanego prawdopodobieństwa (pr) występowania błotniaka łąkowego dla kwadratów suboptymalnych, w których prawdopodobieństwo to jest nie większe niż 0.90. Błotniaki stwierdzono jedynie w kwadratach, dla których $pr > 0.77$.

Distribution of predicted probabilities of the square being occupied by the Montagu's Harrier (pr) for „suboptimal” stratum (with $pr < 0.9$). Birds were recorded only in squares with $pr > 0.77$.

1.1.3 Ostoja Biebrzańska

W Ostoi Biebrzańskiej inwentaryzację błotniaka łąkowego prowadzono na 30 powierzchniach próbnych wylosowanych za pomocą programu QGIS 1.8.0 (opcja: wektor>narzędzia badawcze>losowy wybór) spośród kwadratów 2x2 km (układ współrzędnych GUGiK 1992), których co najmniej 50% powierzchni znajdowało się w granicach obszaru OSO Ostoja Biebrzańska, a lasy zajmowały nie więcej niż 50% powierzchni kwadratu. Kwadratów spełniających obydwie kryteria było 215. W celu wyznaczenia warstwy do inwentaryzacji (tereny otwarte) posłużono się wydzieleniami pokrycia terenu Corine Land Cover 2006 oraz programem Google Earth (podgląd siatki kwadratów na podkładzie zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych).

W obrębie wylosowanych powierzchni próbnych obserwator wyznaczał jeden punkt obserwacyjny, z którego prowadził obserwacje trwającą 60 minut. Położenie punktów, z których prowadzono obserwacje, musiało zapewnić możliwie jak największe pole widzenia, a przez to uczynić widocznym maksymalnie duży obszar. Na każdej powierzchni próbnej przeprowadzono dwie kontrole terenowe, (pierwsza: 5-25 maja, druga: 1-20 lipca).



Ryc. 4. Położenie powierzchni próbnych w granicach OSO Ostoja Biebrzańska
Location of sampling plots within the SPA Ostoja Biebrzańska.

7.2. Konstrukcja modelu

Zarówno oszacowanie wykrywalności, jak i liczebności populacji w poszczególnych warstwach dla obu lat badań zostało wykonane na bazie hierarchicznego modelu zbudowanego w oparciu o techniki estymacji bayesowskiej. Obliczenia zostały przeprowadzone w środowisku R 3.1 (R Development Core Team, 2014) oraz JAGS (Plummer, 2003). Oba środowiska zostały zintegrowane przy pomocy biblioteki R2Jags (Su and Yajima, 2014).

Zaproponowany model umożliwia równoczesną estymację wykrywalności (na podstawie danych uzyskanych z części powierzchni kontrolowanych niezależnie przez dwóch obserwatorów) oraz zagęszczeń populacji w poszczególnych warstwach (wymienionych w poprzednim paragrafie). Zintegrowanie obu tych elementów we wspólnym modelu umożliwia uzyskanie rozkładów wszystkich parametrów oraz pełną propagację błędów.

1.1.4 Estymacja wykrywalności

Dla 30 kwadratów (w obrębie których stwierdzono 84 rewiry) uzyskano niezależne oszacowania liczebności wykonane przez dwóch obserwatorów. Takie podejście umożliwia estymację wykrywalności metodą *double-observer approach* (MacKenzie et al., 2006; Nichols et al., 2000). W dużym uproszczeniu, metoda ta polega na oddzielnym oszacowaniu rozpowszechnienia

(occupancy) i prawdopodobieństwa wykrycia (*detection probability*) na podstawie tzw. historii detekcji. Przykładowo, jeżeli pierwszy obserwator (wykonujący standardową kontrolę) nie wykrył danego rewiru błotniaka łąkowego (w kategorii „B” lub „C”), natomiast rewir ten został wykryty przez drugiego obserwatora (dodatkowa kontrola), to prawdopodobieństwo zajścia takiej „historii” wynosi:

$$\Pr(h_i = 01) = \psi(1 - p_1)p_2,$$

gdzie:

ψ - (psi) prawdopodobieństwo, że rewir jest zajęty,

p_1 - wykrywalność podczas standardowej kontroli,

p_2 - wykrywalność podczas dodatkowej kontroli.

W szczególnym przypadku nie wykrycia rewiru podczas żadnej kontroli (z dwóch wykonanych niezależnie przez obu obserwatorów) prawdopodobieństwo zajścia takiego zdarzenia jest sumą:

1. prawdopodobieństwa nie wykrycia rewiru przez obu obserwatorów,
2. prawdopodobieństwa, że rewir nie jest zajęty:

$$\Pr(h_i = 00) = (1 - p_1)(1 - p_2) + (1 - \psi)$$

Sformułowanie równań opisujących prawdopodobieństwa wystąpienia wszystkich możliwych historii (w tym przypadku są jedynie cztery: 11, 01, 10, 00) umożliwia oszacowanie interesujących nas parametrów (ψ oraz p_i) metodą największej wiarygodności.

W niniejszym opracowaniu do oszacowania wykrywalności zastosowano metodę augmentacji (*parameter-expanded data augmentation PX-DA*) zaproponowaną przez Royle et al. 2007 oraz Royle & Dorazio 2012.

Zostały przetestowane dwa modele:

1. $\psi(\cdot)p(i)$ - wykrywalność jest zależna od faktu, czy jest to standardowa kontrola, czy wykonana przez dodatkowego obserwatora,
2. $\psi(\cdot)p(\cdot)$ - wykrywalność jest stała i nie zależy od tego, czy jest to kontrola standardowa, czy wykonana przez dodatkowego obserwatora.

1.1.5 Estymacja zagęszczeń dla warstwy „optymalnej”

Zastosowany został wariant hierarchicznego modelu o nazwie *N-mixture model* (Royle, 2004):

$$y_{ij} \sim Pois(\lambda_{ij} \cdot p)$$

$$\ln(\lambda_{ij}) = \alpha_j + \varepsilon_i$$

$$\varepsilon \sim N(0, \delta)$$

Model ten zakłada, że liczba stwierdzonych rewirów y na po powierzchni i w roku j jest zmienną losową o rozkładzie Poissona. Wartość oczekiwana rzeczywistej liczby rewirów λ_{ij} nie jest znana i jest szacowana na podstawie wartości obserwowanej i średniej wykrywalności p uzyskanej metodą augmentacji z powierzchni, na których były prowadzone liczenia przez niezależnych obserwatorów. Rzeczywista liczba rewirów jest funkcją średniego zagęszczenia rewirów α w roku

j (efekt stały) oraz czynnika losowego ε_i charakteryzującego powierzchnię i . Czynniki losowe ε ma rozkład normalny o średniej wynoszącej zero i wariancji δ^2 .

7.3. Ocena trendu na podstawie danych z Monitoringu Ptaków Drapieżnych

Monitoring Ptaków Drapieżnych (MPD), wykonywany przez OTOP, wchodzi w skład Państwowego Monitoringu Środowiska koordynowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (<http://monitoringptakow.gios.gov.pl>). Program jest realizowany od 2007 roku i dostarcza informacji o liczebności 12 gatunkach ptaków, w tym błotniaka łąkowego. Liczenia wykonywane są na 49 losowo wybranych kwadratach o powierzchni 100 km².

Poza oceną trendów, program MPD umożliwia ocenę rozpowszechnienia oraz wskaźnika względnej liczebności populacji. W obecnej formie MPD nie uwzględnia wykrywalności, co powoduje, że oceny liczebności uzyskane z tego programu są niedoszacowane. W przypadku gatunków rzadszych i trudno wykrywalnych (takich jak błotniak łąkowy), może to powodować nawet 2-3-krotne zaniżenie ocen liczebności. Ponadto, program MPD został zaprojektowany w celu monitorowania dość licznej grupy gatunków (również leśnych) i tym samym nie obejmuje siedlisk optymalnych dla błotniaka łąkowego. Z tych względów oszacowania liczebności uzyskane z MPD są dużo niższe, niż wyniki uzyskane dzięki realizacji niniejszego programu.

W celu kalibracji wyników uzyskiwanych z MPD obliczony został mnożnik ϕ pozwalający na przeliczenie oszacowań liczebności uzyskanych z MPD na liczebność oszacowaną na podstawie cenzusu. Rozkład tego parametru został oszacowany z modelu opisanego w poprzednim paragrafie na podstawie symulacji MCMC. W pewnym uproszczeniu wartość tego mnożnika może być traktowana jako wykrywalność błotniaka łąkowego w programie MPD.

Do estymacji trendu zastosowany został model hierarchiczny zainspirowany pracami Kéry et al. 2009 oraz Amano et al. 2012 oraz Sauer & Link 2011 i Bled et al. 2013:

$$\begin{aligned}
 y_{ijk} &\sim \text{Bin}(\phi, Z_{ijk}) \\
 \phi &\sim N(0.410, 0.512) T(0.2, 0.7) \\
 Z_{ijk} &\sim \text{Pois}(\lambda_{ijk}) \\
 \ln(\lambda_{ijk}) &\sim N(\mu_{ijk}, \delta) \\
 \mu_{ijk} &= s_k + r \cdot j + a_i + b_j \\
 a &\sim N(0, \delta_a) \\
 b &\sim N(0, \delta_b)
 \end{aligned}$$

W modelu tym łączna liczba stwierdzonych na powierzchni i w roku j i warstwie k par lęgowych (sklasyfikowanych do kategorii B lub C), y_{ijk} jest zmienną losową pochodzącą z rozkładu dwumianowego o parametrze ϕ , który został tu w uproszczeniu zinterpretowany jako wykrywalność błotniaka łąkowego w programie MPD. Wykrywalność ϕ jest zmienną losową o uciętym rozkładzie normalnym i parametrach oszacowanych z modelu opisanego wyżej w paragrafie 1.1.5 (rozkład *a-posteriori* parametru ϕ został przedstawiony na Ryc. 7 na stronie 19). Prawdziwa, nieznana liczba par lęgowych na powierzchni i w roku j i warstwie k wynosi Z_{ijk} i ma rozkład Poissona z wartością oczekiwaną λ_{ijk} . Logarytm wartości oczekiwanej parametru λ_{ijk} jest również zmienną losową pochodzącą z rozkładu normalnego o wartości oczekiwanej μ_{ijk} i wariancji δ^2 . Taka

specyfikacja pozwala uwzględnić w modelu błąd związany z oceną liczebności na każdej powierzchni w każdym roku. Wartość oczekiwana μ_{ijk} jest funkcją efektu stałego warstwy s_k , liniowego efektu roku r , losowego efektu powierzchni a_i oraz losowego efektu roku b_j . Efekty losowe powierzchni i roku mają rozkłady normalne o średnich zero i wariancjach odpowiednio δ_a^2 i δ_b^2 . Parametr r jest punktowym współczynnikiem wzrostu populacji *per capita* (*intrinsic growth rate*). Na jego podstawie można wyliczyć roczne tempo reprodukcji netto¹: $R_0 = e^r$. Oszacowanie przeciętnego tempa wzrostu populacji w okresie 10-letnim uzyskuje się poprzez podniesienie wskaźnika R_0 do dziesiątej potęgi.

Model tu opisany łączy w sobie proces ekologiczny (różne zagęszczenia w warstwach przestrzennych i wspólny trend liczebności populacji są modyfikowane losowymi zaburzeniami wynikającymi z niezależnego wpływu roku i powierzchni) oraz proces obserwacyjny (średnia wykrywalność jest modyfikowana losowym błędem pomiaru charakteryzującym unikalną kombinację roku i powierzchni).

7.4. Określenie statusu krajowej populacji na tle sytuacji w Unii Europejskiej

Liczebność populacji błotniaka łąkowego w poszczególnych państwach europejskich została przedstawiona jako procent ogólnej liczebności w UE (Trierweiler, 2010).

7.5. Charakterystyka wybiórczości środowiskowej

Dane uzyskane w ramach realizacji niniejszego projektu umożliwiły budowę modelu wiążącego cechy środowiska z zagęszczeniem populacji. Podobnie jak w przypadku opisanego wcześniej modelu dotyczącego występowania (5.1 Model predykcyjny, str. 4), zastosowano metodę Random Forest (RF), tym razem w układzie regresyjnym. Zmienną objaśnianą w tym modelu był logarytm zagęszczenia skorygowany o wykrywalność (równanie 1, str. 9). Jako predyktorów użyto 93 zmiennych (pozyskanych głównie ze źródeł teledetekcyjnych) szczegółowo opisanych w „Atlasie pospolitych ptaków lęgowych Polski” (Kuczyński and Chylarecki, 2012). Zbiór uczący składał się ze 100 kwadratów (o boku 10 km, układ PUWG 1992), na których wykonano liczenia w ramach cenzusu, kilkudziesięciu dodatkowych powierzchni z Mazowsza i Podlasia (kontrolowanych wg tej samej metodyki, w tej samej siatce kwadratów) oraz 243 „zer” (informacji o braku stwierdzeń), dostarczonych przez obserwatorów z całego kraju na etapie planowania metodyki cenzusu (pełna lista osób, które przekazały dane jest dostępna pod adresem <http://pygargus.pl/cenzus/>).

Na pierwszym etapie model był dopasowywany przy użyciu wszystkich 93 predyktorów. Zastosowano 3000 drzew ($n_{tree}=3000$) i domyślną wartość parametru $mtry$. Następnie zmienne środowiskowe były rangowane wg ich ważności (patrz niżej: Ocena ważności predyktorów) i modele były dopasowywane po kolei przy użyciu różniących się wielkością podzbiorów zmiennych wejściowych. W ten sposób znajdowana była optymalna liczba zmiennych, dająca maksymalne dopasowanie (mierzone wartością R^2 dla zbioru testowego OOB).

Wybiórczość środowiskowa została określona na podstawie ważności predyktorów, analizy wykresów funkcji opisujących zależność zagęszczenia od wartości poszczególnych zmiennych środowiskowych oraz na podstawie analizy map przewidywanego zagęszczenia populacji.

¹ Parametr R_0 często bywa w literaturze oznaczany symbolem λ (lambda). Zrezygnowaliśmy z tej konwencji, aby nie mylił się z parametrem rozkładu Poissona, również oznaczanym grecką literą lambda.

1.1.6 Ocena ważności predyktorów

Algorytm *RF* pozwala na obiektywny pomiar „ważności” predyktorów. Innymi słowami, pozwala ocenić, które parametry odrywają najważniejszą rolę w definiowaniu charakterystyk środowiska wpływających na zagęszczenie populacji. Zasada działania oceny ważności jest następująca. Gdy predykcje z modelu *RF* są obliczane dla próby *OOB* (co ma na celu ocenę błędu testowego), wartości jednego z predyktorów są mieszane, czyli ustawiane w losowej kolejności. Taki zabieg powoduje, że ten właśnie predyktor traci swoją moc objaśniającą – reprezentuje teraz losowy szum, co symuluje sytuację braku jakiegokolwiek związku tego predyktora ze zmienną objaśnianą. Obliczając różnicę błędu średniokwadratowego (MSE_{OOB}) przed i po takim zabiegu, możemy oszacować ważność tego predyktora. Im większy spadek dopasowania po jego „wymieszaniu”, tym ma on większe znaczenie w skutecznym prognozowaniu zagęszczenia populacji. Taką procedurę powtarza się po kolei dla każdego predyktora.

1.1.7 Funkcyjna charakterystyka preferencji środowiskowych

Ważność predyktorów nie dostarcza informacji o rodzaju zależności zagęszczenia od wartości zmiennych środowiskowych. Pozwala jedynie stwierdzić, że jakiś czynnik środowiska jest ważny, ale nie mówi, czy jego wpływ jest korzystny, czy raczej opisuje unikanie jakiegoś typu zasobów, albo definiuje zakres wartości optymalnych. Takiej informacji dostarczają wykresy pokazujące funkcyjną zależność między czynnikami środowiska a zagęszczeniem (*partial dependence plots*). Pokazują one, jak zmienia się zagęszczenie populacji dla różnych wartości predyktora, przy założeniu, że wartości wszystkich pozostałych predyktorów w modelu pozostają stałe i równe swoim wartościom średnim. Zagęszczenie na takich wykresach jest wyrażone w postaci reszt, czyli odchyleń od wartości przewidywanych.

7.6. *Predykcja zagęszczeń populacji w poszczególnych regionach kraju*

Na podstawie modelu opisanego w poprzednim paragrafie wykonana została predykcja zagęszczeń błotniaka łąkowego dla całego obszaru Polski. Ze względu na nadreprezentatywność „zer” w zbiorze uczącym suma predykcji dla obszaru kraju była niższa od przewidywanej całkowitej liczebności. Z tego powodu wartości predykcji z modelu zostały liniowo przeskalowane, tak aby możliwa była ocena liczby par lęgowych w dowolnym ujęciu regionalnym.

7.7. *Ocena sukcesu gniazdowego*

Sukces gniazdowy został zdefiniowany jako prawdopodobieństwo wyprowadzenia z gniazda co najmniej jednego podlota. Jego wartość oszacowano jako proporcję rewirów, w których lęgi zakończyły się sukcesem do ogólnej liczby kontrolowanych rewirów. Przyjęto tu uproszczone założenie, że nie stwierdzenie obecności ptaków podczas drugiej (lipcowej) kontroli oznacza stratę lęgu. Należy pamiętać, że tak oszacowany sukces gniazdowy może być obciążony szeregiem błędów związanych z metodyką i trzeba go traktować ostrożnie.

Efekt roku, zabiegów ochronnych i siedliska lęgowego był testowany przy pomocy uogólnionego modelu liniowego (GLM) (McCullagh and Nelder, 1989; Venables and Ripley, 1999).

7.8. *Rozpoznanie najważniejszych zagrożeń*

Dla każdego rewiru osoby prowadzące liczenia na powierzchniach próbnych oceniały wpływ istniejących i potencjalnych zagrożeń zgodnie z kategoryzacją stosowaną przy przygotowywaniu Standardowych Formularzy Danych Natura 2000 (GDOŚ, 2010). Jeżeli było to możliwe, obserwator zaliczał rozpoznane przez siebie w terenie zagrożenia do odpowiednich kategorii i podkategorii, jednocześnie notując oszacowany wpływ danego zagrożenia (niewielki, średni, silny).

Na podstawie tak zebranych danych obliczony został wskaźnik zagrożeń (Z), zdefiniowany jako suma iloczynu liczby stwierdzonych zagrożeń w danej kategorii (lub podkategorii) i wagi obliczonej na podstawie wpływu zagrożenia (niewielki = 1, średni = 2, silny = 3). Następnie wskaźnik został wyskalowany i wyrażony w procentach.

8. Wyniki

8.1. Ocena liczebności krajowej populacji błotniaka łąkowego

Całkowita liczebność rewirów zajętych w roku 2013 została oszacowana na 3096 (95%PU: 2400-4027) (Tabela 2). Średnie zagęszczenie w warstwie „optymalnej” (z uwzględnieniem niepełnej wykrywalności) oszacowano na 2.68 rewiru/100 km² (95%PU: 2.08-3.48). Średnie zagęszczenie w przeliczeniu na obszar całego kraju wyniosło 0.99 rewiru/100 km² (95%PU: 0.77-1.27). Procentowy udział powierzchni warstwy „optymalnej” może być estymatorem rozpowszechnienia (*Area of Occupancy*) (Gaston and Fuller, 2009) – w tym wypadku wynosi ono ok. 36% (dla lat 2000-2012).

W roku 2014 liczebność błotniaka łąkowego w Polsce wzrosła i została oszacowana na 3927 rewirów (2970-5196) przy średnim zagęszczeniu w warstwie „optymalnej” wynoszącym 3.40 rewiru/100 km² (2.55-4.49). Zagęszczenie w skali całego kraju wyniosło 1.25 rewiru/100 km² (0.94-1.65).

Średnio, dla obu lat badań, liczebność populacji krajowej została oszacowana na 3373 rewiry (2670 – 4327) przy zagęszczeniu w warstwie „optymalnej” wynoszącym 2.93/100 km² (2.30-3.77) i średnim zagęszczeniu dla całego kraju 1.07/100 km² (0.85-1.37).

Tabela 2. Ocena liczebności krajowej populacji błotniaka łąkowego w 2013 r.
Estimates of Polish national population of the Montagu's Harrier in 2013.

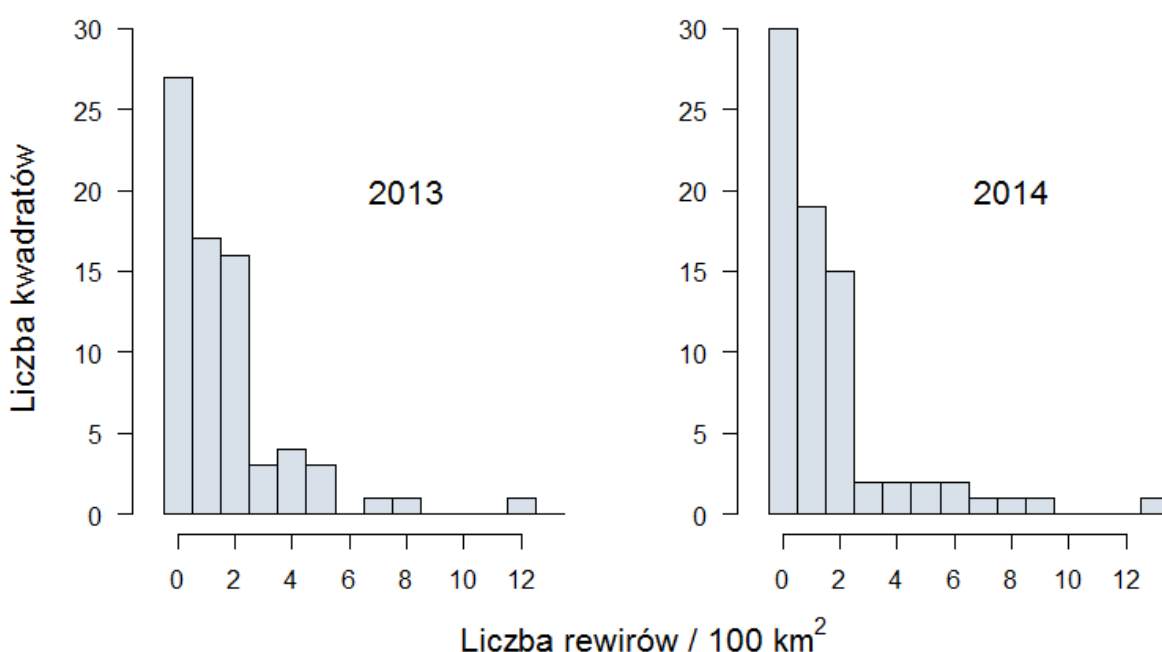
Składowa oceny (jednostka)	Wartość oceny (liczba rewirów)	95% PU (liczba rewirów)	Powierzchnia (tysiące km ²)	Powierzchnia (%)
Obszar „optymalny” ($pr > 0.90$):	3013	2330 - 3923	111.420	35.7
Ostoja Biebrzańska	30	4 - 59	1.485	0.5
Obszar „suboptymalny” $pr \in (0.77, 0.90)$	53	41 - 70	38.713	12.4
Obszar niezasiedlony ($pr < 0.26$)	0		160.270	51.4
Razem	3096	2400 - 4027	311.888	100.0

Tabela 3. Ocena liczebności krajowej populacji błotniaka łąkowego w 2014 r.
Estimates of Polish national population of the Montagu's Harrier in 2014.

Składowa oceny (jednostka)	Wartość oceny (liczba rewirów)	95% PU (liczba rewirów)	Powierzchnia (tysiące km ²)	Powierzchnia (%)
Obszar „optymalny” ($pr > 0.90$):	3810	2870 - 5057	111.420	35.7
Ostoja Biebrzańska	50	20 - 81	1.485	0.5
Obszar „suboptymalny” $pr \in (0.77, 0.90)$	67	51 - 90	38.713	12.4
Obszar niezasiedlony ($pr < 0.26$)	0		160.270	51.4
Razem	3927	2970 - 5196	311.888	100.0

Tabela 4. Ocena liczebności krajowej populacji błotniaka łąkowego w latach 2013-2014 r.
Estimates of Polish national population of the Montagu's Harrier in the years 2013-2014.

Składowa oceny (jednostka)	Wartość oceny (liczba rewirów)	95% PU (liczba rewirów)	Powierzchnia (tysiące km ²)	Powierzchnia (%)
Obszar „optymalny” ($pr > 0.90$):	3275	2580 - 4216	111.420	35.7
Ostoja Biebrzańska	40	20 - 62	1.485	0.5
Obszar „suboptymalny” $pr \in (0.77, 0.90)$	58	46 - 75	38.713	12.4
Obszar niezasiedlony ($pr < 0.26$)	0		160.270	51.4
Razem	3373	2670 - 4327	311.888	100.0



Ryc. 5. Rozkład zagęszczeń D_{opt} błotniaka łąkowego na zbadanych powierzchniach próbnych z podziałem na kolejne lata badań

Distribution of mean population densities D_{opt} (no. of pairs / 100 sq. km) on the sampling plots.

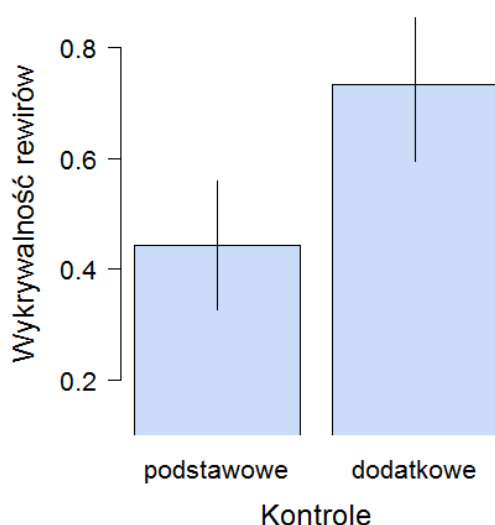
8.2. Estymacja wykrywalności

Znacząco lepiej dopasowany okazał się model zakładający, że wykrywalność różni się w zależności od tego, czy jest to standardowa kontrola, czy dodatkowa. Wynika to najprawdopodobniej z faktu, że obserwatorzy wykonujący dodatkowe kontrole zostali wybrani spośród osób mających większe doświadczenie terenowe. Skuteczność wykrywania rewirów błotniaka łąkowego przez obserwatorów dodatkowych jest prawie 30% wyższa (73.4% vs. 44.3%). Średnia wykrywalność (przy założeniu, że nie różni się ona między grupami obserwatorów) wynosi 55.2% (95%CI: 43.6%-65.9%). Liczenia wykonane przez „dodatkowych” obserwatorów zostały przeprowadzone w obu latach badań na 30 powierzchniach, dlatego pomimo gorszego dopasowania, estymowana wartość wykrywalności z modelu $\psi(\cdot)p(\cdot)$ została wykorzystana do szacowania liczebności krajowej populacji błotniaka łąkowego.

Tabela 5. Wykrywalność rewirów - podsumowanie dopasowania dwóch testowanych modeli.
Estimation of detectability – summary of the model fit.

Model	DIC	NPar	p_1	95% CI(p_1)	p_2	95% CI(p_2)
$\psi(\cdot)p(i)$	533.5	3	0.443	0.328 - 0.559	0.734	0.594 - 0.855
$\psi(\cdot)p(\cdot)$	609.8	2	0.552	0.436 - 0.659	0.552	0.436 - 0.659

DIC – deviance information criterion, miara dopasowania modelu w analizie bayesowskiej będąca generalizacją kryterium informacyjnego Akaike (im mniejsza, tym lepiej), NPar – liczba parametrów, p_1 – estymator wykrywalności podczas standardowych kontroli, p_2 – estymator wykrywalności podczas dodatkowych kontroli, 95% CI – credible interval, odpowiednik przedziałów ufności.



Ryc. 6. Porównanie wykrywalności rewirów podczas kontroli standardowych i dodatkowych.
Estimated detectabilities for “regular” (podstawowe) and “additional” (dodatkowe) observers.

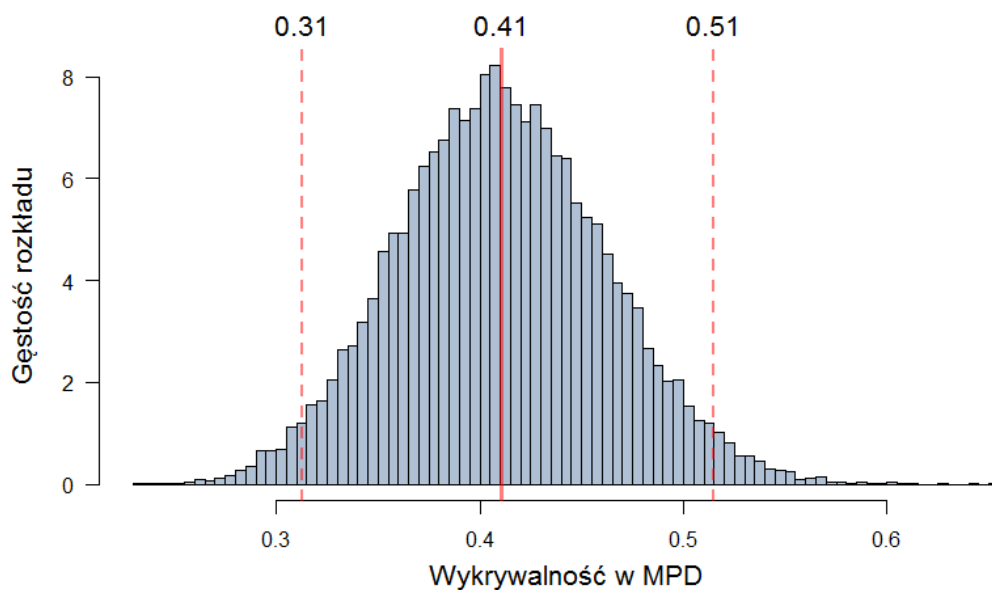
8.3. Ocena trendu na podstawie danych z Monitoringu Ptaków Drapieżnych

Wg wyników uzyskanych z MPD liczebność krajowej populacji błotniaka łąkowego w 2013 r. została oszacowana na 1316 par lęgowych, natomiast w roku 2014 na 1545 par lęgowych. Jeżeli potraktować liczebność oszacowaną z cenzusu jako referencyjną, to średnia wartość mnożnika pozwalającego na przeliczenie wyników MPD na skalę cenzusu (oszacowanie wykrywalności błotniaka łąkowego w projekcie MPD) wynosi 0.410 przy odchyleniu standardowym (błąd estymatora) równym 0.512. Rozkład wykrywalności został przedstawiony na Ryc. 7.

Dane MPD z lat 2007-2014 wskazują na wyraźny spadek liczebności populacji błotniaka łąkowego przy względnie stałym rozpowszechnieniu (Ryc. 10). Ośmioletnia seria pomiarowa sugeruje spadek liczebności w tempie 8% rocznie (95%PU: 1.8 - 13.6). W przeliczeniu na 10 lat są to spadki rzędu 54.1% (95%PU: 16.4-76.7)². Zgodnie z kryterium A2³ IUCN polska populacja błotniaka łąkowego powinna zostać uznana za narażoną na wyginiecie (*VU vulnerable*) lub nawet zagrożoną (*EN endangered*).

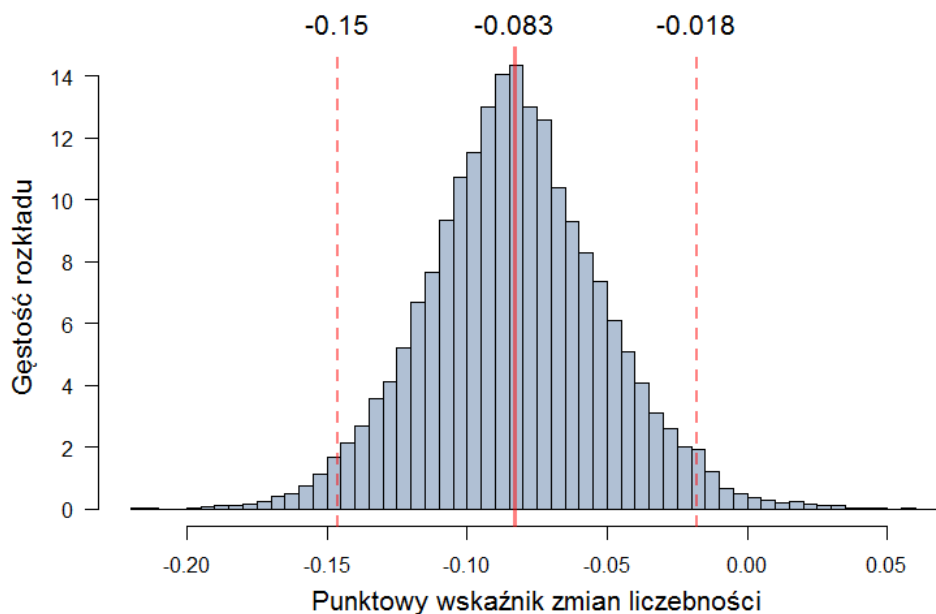
² Podana wartość oznacza redukcję liczebności populacji, czyli $1 - R_0^{10}$. Średnia wartość wskaźnika wzrostu R_0^{10} wynosi 45.9% (95%PU: 23.2-83.6).

³ kryterium A2 IUCN – poważna redukcja liczebności populacji w ciągu 10 lat lub 3 pokoleń



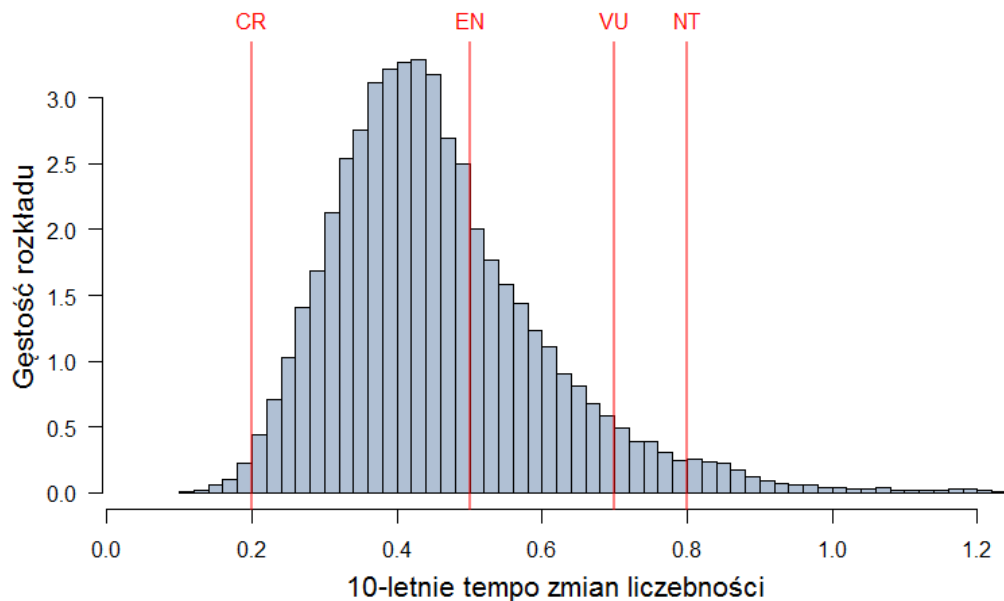
Ryc. 7. Rozkład *a-posteriori* wykrywalności ϕ błotniaka łąkowego w programie MPD. Ciągła czerwona linia oznacza wartość średnią, natomiast linie przerywane 95% bayesowskie przedziały ufności.

Posterior distribution of detectability of Montagu's harrier in the Raptor Monitoring Scheme (MPD).



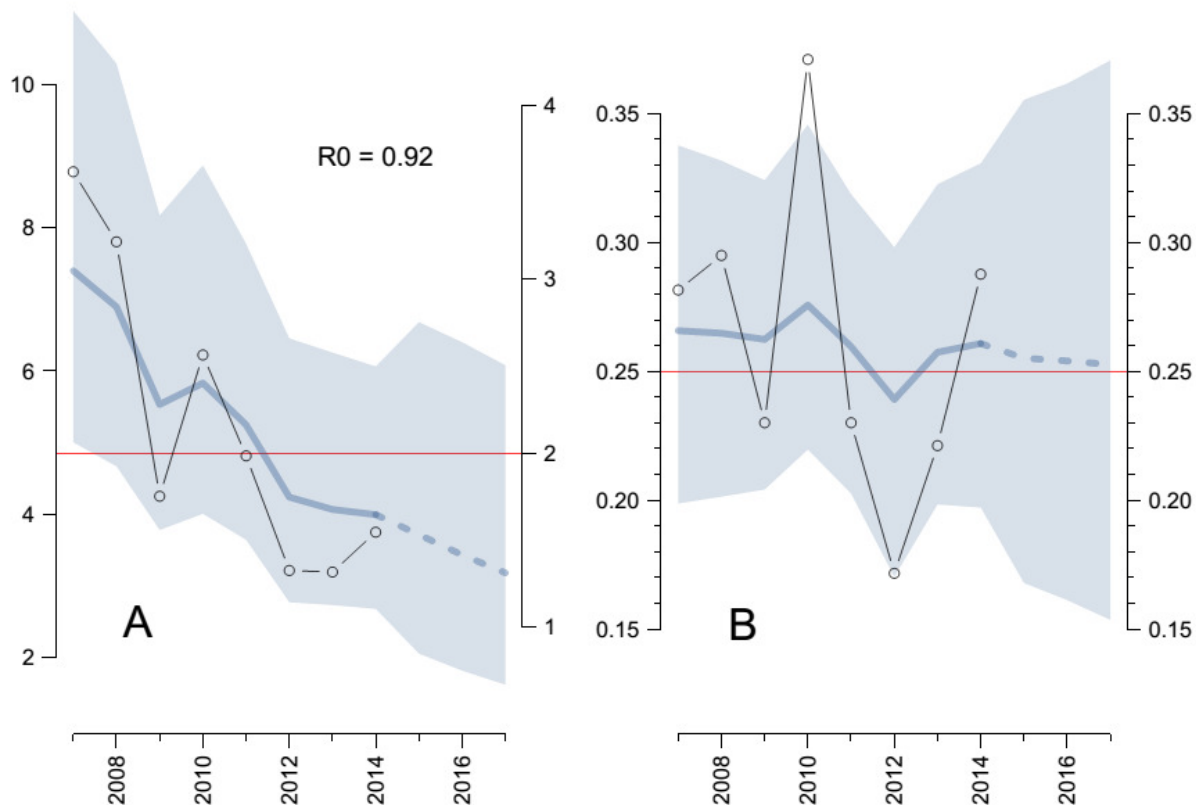
Ryc. 8. Rozkład *a-posteriori* punktowego wskaźnika zmian liczebności populacji *per capita* r . Zaznaczono wartość średnią i 95% bayesowskie przedziały ufności.

Posterior distribution of intrinsic growth rate r based on the data from the Raptor Monitoring Scheme.



Ryc. 9. Rozkład *a-posteriori* wskaźnika R_0^{10} , będącego oszacowaniem 10-letniego tempa zmian liczebności populacji błotniaka łąkowego (na podstawie danych z MPD). Zaznaczone zostały wartości graniczne pozwalające na klasyfikację trendu zgodnie z wytycznymi IUCN (kryterium A2). Prawdopodobieństwo, że stwierdzony trend liczebności jest mniejszy od 0.5 (co odpowiada spełnieniu kryteriów umożliwiających klasyfikację gatunku jako EN) wynosi 0.69. Analogiczne prawdopodobieństwo pozwalające na zaliczenie do kategorii VU wynosi 0.93, a do kategorii NT: 0.97. Oznacza to, że na bazie kryterium A2 IUCN populacja błotniaka łąkowego w Polsce powinna uzyskać status VU lub nawet EN.

Posterior distribution of 10-year population change based on the data from the Raptor Monitoring Scheme.



Ryc. 10. Zmiany liczebności populacji (A) i wskaźnika rozpowszechnienia (B) błotniaka łąkowego w latach 2007-2014 (na podstawie danych z Monitoringu Ptaków Drapieżnych). Punkty oznaczają wartości średnie (ważone powierzchnią warstw) dla każdego roku, niebieska ciągła linia dopasowany do wartości obserwowanych model dynamiki populacji, linia przerywana jest 3-letnią prognozą. Jasnoniebieski obszar obrazuje 95% bayesowskie przedziały ufności dla predykcji. Wartości na lewym panelu są wyskalowane w tysiącach par lęgowych (rewirów). Lewa oś panelu A reprezentuje przewidywane bezwzględne wartości liczebności populacji, natomiast prawa oś indeks liczebności otrzymany z surowych (nie uwzględniających niepełnej wykrywalności) wartości liczeń. Czerwone poziome linie pokazują wartości docelowe parametrów przyjęte w Krajowym Planie Ochrony Błotniaka łąkowego. Liczebność polskiej populacji błotniaka łąkowego maleje w tempie 8% rocznie, przy względnie stałym rozpowszechnieniu.

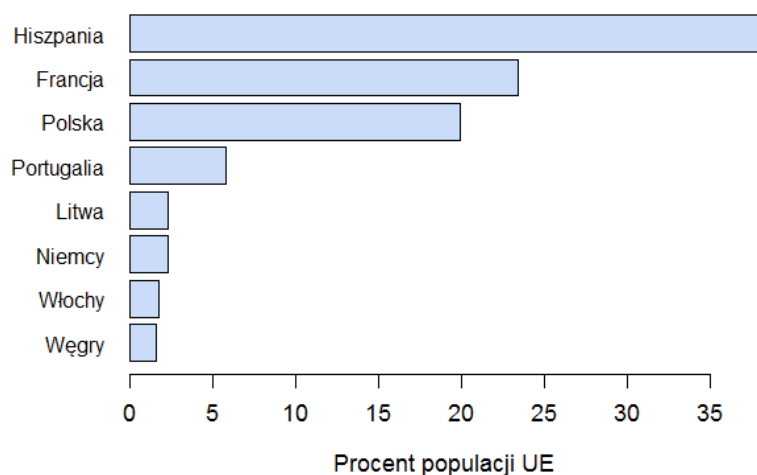
Changes in estimated numbers (thousands of pairs – panel A) and prevalence index (panel B) of Montagu's Harrier during 2007-2014 (data from Monitoring of Birds of Prey). Points are observed means (weighted with strata areas), blue line represent the fitted model and dashed line is a 3-year forecast. Shaded regions are 95% credible intervals. The left axis on the panel A is the population size (with estimates accounted for imperfect detectability), the right axis is an index computed from the raw data. Horizontal red lines are conservation targets for both parameters. Population size of the Montagu's Harrier in Poland declines with the mean rate of 8% per year, with occupancy being relatively stable.

8.4. Określenie statusu krajowej populacji łąkownika błotniaka łąkowego na tle sytuacji w Unii Europejskiej

Liczebność krajowej populacji błotniaka łąkowego oszacowana w latach 2013-2014 na ok. 3400 par lęgowych stanowi 20% całkowitej liczebności tego gatunku w Unii Europejskiej. Polska jest trzecim z kolei krajem o najwyższej liczebności. Łącznie w Hiszpanii, Francji i w Polsce gnieździ się ponad 81% wszystkich błotniaków łąkowych w UE.

Tabela 6. Liczebność błotniaka łąkowego w państwach Unii Europejskiej (Trierweiler, 2010)
National population estimates of Montagu's Harrier in EU (Trierweiler, 2010).

Kraj	Country	Liczebność	%	% skumulowany
Hiszpania	Spain	6 500	38.0	38.0
Francja	France	4 000	23.4	61.4
Polska	Poland	3 400	19.9	81.3
Portugalia	Portugal	1 000	5.8	87.2
Niemcy	Germany	400	2.3	89.5
Litwa	Lithuania	400	2.3	91.8
Włochy	Italy	300	1.8	93.6
Węgry	Hungary	275	1.6	95.2
Bułgaria	Bulgaria	150	0.9	96.1
Estonia	Estonia	140	0.8	96.9
Czechy	Czech	100	0.6	97.5
Łotwa	Latvia	100	0.6	98.1
Szwecja	Sweden	72	0.4	98.5
Chorwacja	Croatia	50	0.3	98.8
Słowacja	Slovakia	50	0.3	99.1
Dania	Denmark	47	0.3	99.4
Holandia	Netherlands	47	0.3	99.6
Austria	Austria	20	0.1	99.7
Grecja	Greece	15	0.1	99.8
Rumunia	Romania	10	0.1	99.9
Wielka Brytania	UK	7	0.04	99.93
Finlandia	Finland	5	0.03	99.96
Belgia	Belgium	4	0.02	99.98
Luxemburg	Luxembourg	2	0.01	99.99
Irlandia	Ireland	1	0.01	100.00
UE Razem		17 395	100.0	
Poza UE	Non EU	ok. 30 000		
Razem		ok. 47 000		



Ryc. 11. Względna liczebność błotniaka łąkowego w państwach, w których łącznie gniazduje ponad 95% populacji Unii Europejskiej

Percentages of the national populations as a fraction of total in EU (countries which make up 95% of the total EU population are shown).

8.5. Charakterystyka wybiórczości środowiskowej

Dla roku 2013 optymalny model przewidywanego zagęszczenia populacji zawiera 8 predyktorów i cechuje się dość dobrymi parametrami dopasowania (Ryc. 12 i Ryc. 14). Dla roku 2014 optymalna liczba predyktorów wynosiła 10 i dopasowanie jest nieco słabsze, lecz nadal wysokie (Ryc. 13 i Ryc. 15).

Modele dla obu lat badań cechowały się dużą spójnością, zarówno pod względem ważności predyktorów, jak i postaci funkcyjnych opisujących relacje środowisko-zagęszczenie (Ryc. 16, Ryc. 17, Ryc. 18).

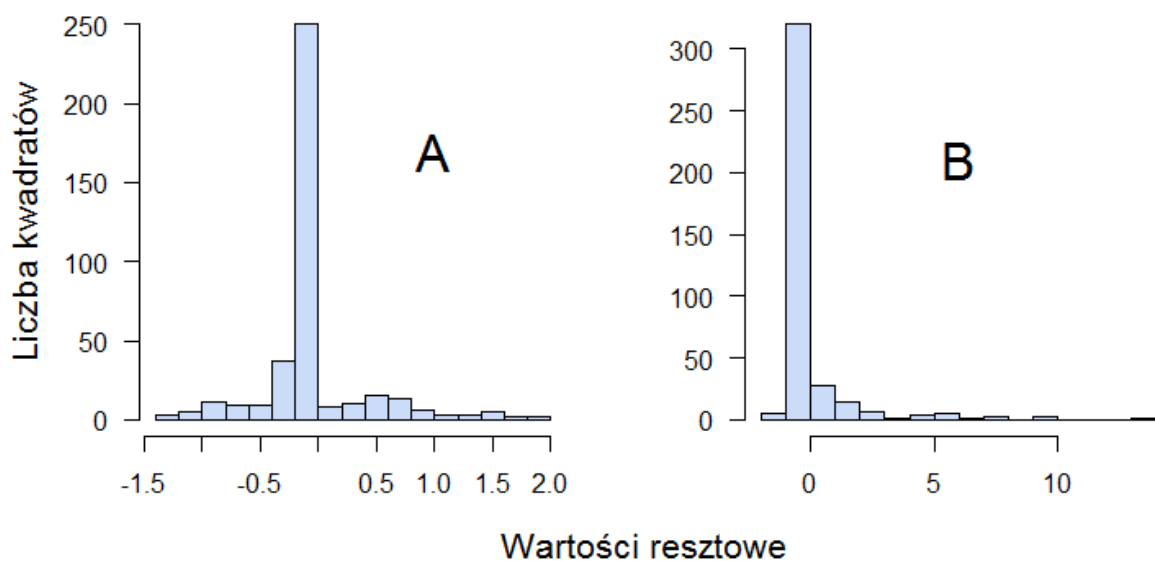
Zagęszczenie populacji błotniaka łąkowego zależy przede wszystkim od powierzchniowego udziału użytków rolnych oraz ilości kombajnów ziemniaczanych, które są wskaźnikiem ekstensywnego rolnictwa (z dużym udziałem upraw ziemniaków). Unika jednak urozmaiconego krajobrazu rolniczego z drobnymi gospodarstwami oraz miejsc o zróżnicowanej rzeźbie terenu. Preferuje klimat o wysokich amplitudach temperatur, unika miejsc cieplejszych (zagęszczenie wyraźnie spada na obszarach o średniej rocznej temperaturze powyżej 7°C) i wilgotnych (z opadami rocznymi przekraczającymi 600 mm).

Wydaje się, że optymalnym środowiskiem błotniaka łąkowego są rozległe, płaskie i niezalesione tereny użytkowane rolniczo. Woli rolnictwo ekstensywne z dużym udziałem upraw ziemniaków, pastwisk i łąk. Unika miejsc zasiedlonych przez człowieka, nie tylko miejscowości, ale również drobnych i porzrzucanych gospodarstw. Preferuje klimat o cechach kontynentalnych.



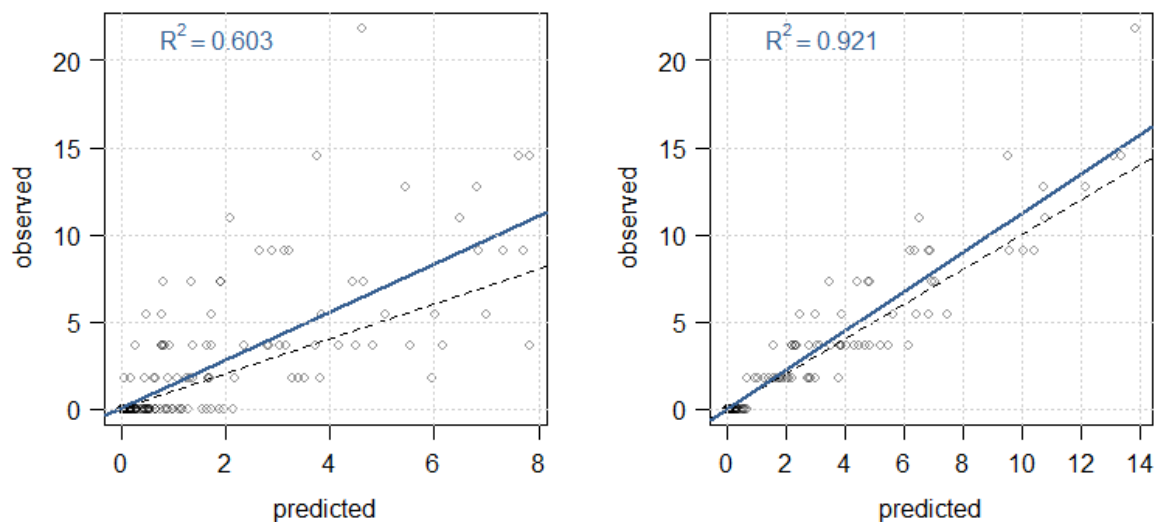
Ryc. 12. Rozkład reszt OOB (błędów dla próby testowej) z modelu dla roku 2013. A – logarytmy zagęszczeń, B – zagęszczenia

Distribution of out-of-bag (OOB) residuals from the Random Forest model fitted to the data from the year 2013, A – log-densities, B – densities.



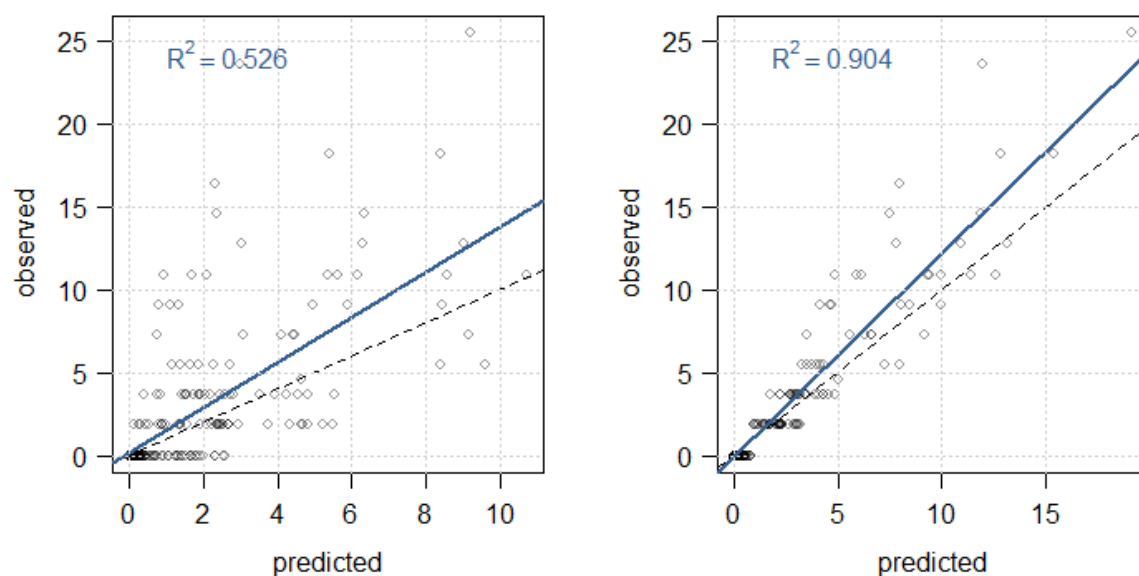
Ryc. 13. Rozkład reszt OOB (błędów dla próby testowej) z modelu dla roku 2014. A – logarytmy zagęszczeń, B – zagęszczenia

Distribution of out-of-bag (OOB) residuals from the Random Forest model fitted to the data from the year 2014, A – log-densities, B – densities.



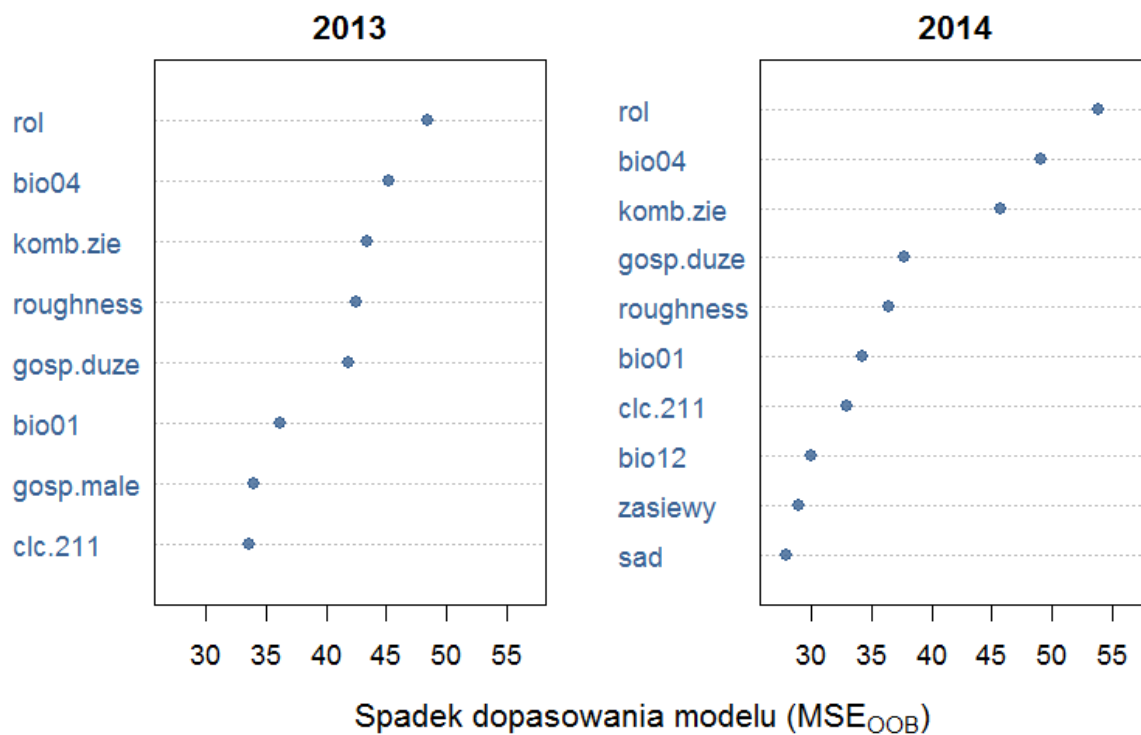
Ryc. 14. Korelacja zlogarytmowanych zagęszczeń obserwowanych (*observed*) i przewidywanych z modelu (*predicted*) dla roku 2013 dla zbioru testowego *OOB* (lewy panel) oraz dla zbioru uczącego (prawy panel)

Observed vs. predicted log-densities for test data (left panel) and learning data (right panel).

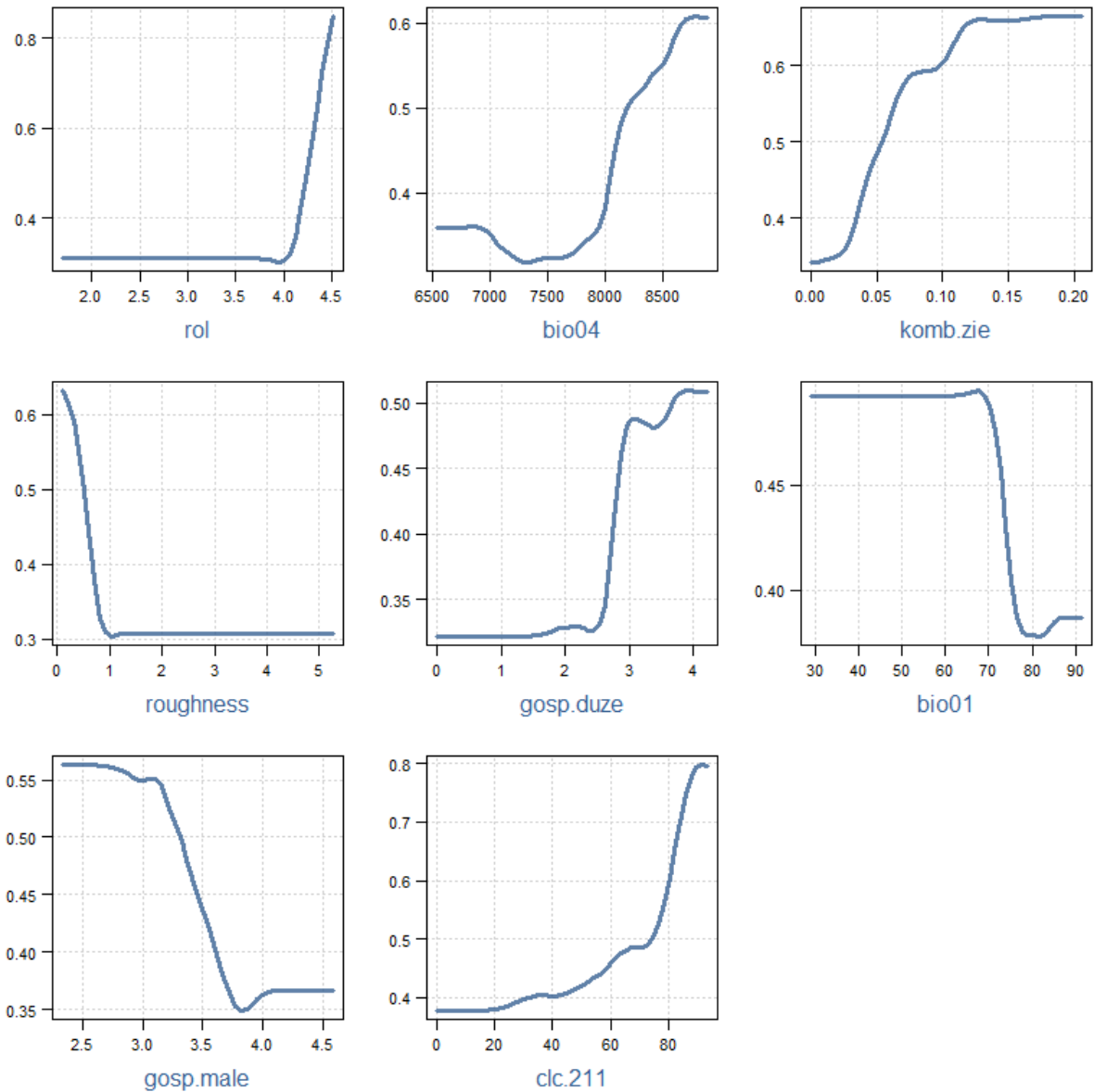


Ryc. 15. Korelacja zlogarytmowanych zagęszczeń obserwowanych (*observed*) i przewidywanych z modelu (*predicted*) dla roku 2014 dla zbioru testowego *OOB* (lewy panel) oraz dla zbioru uczącego (prawy panel)

Observed vs. predicted log-densities for test data (left panel) and learning data (right panel).

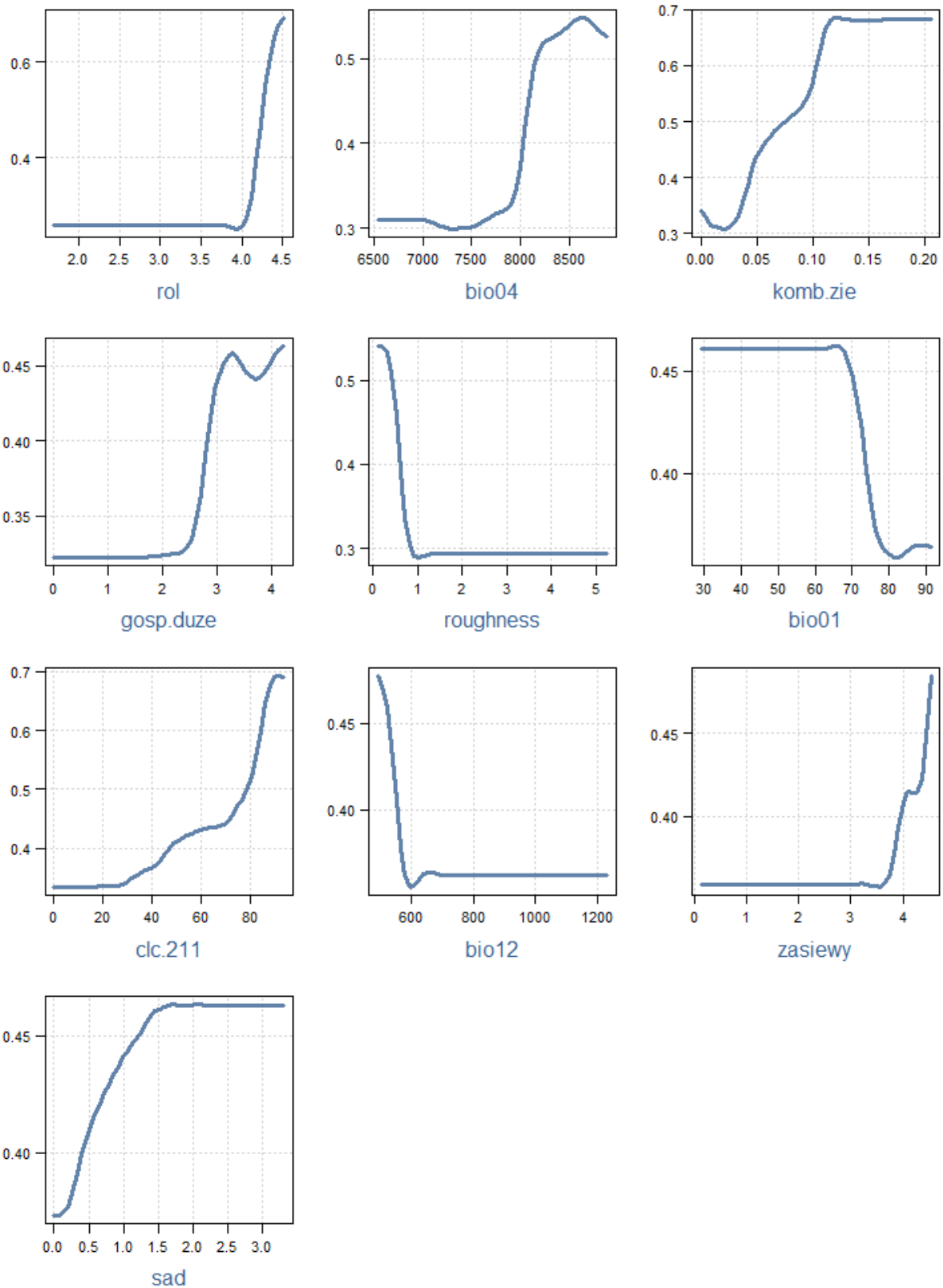


Ryc. 16. Ocena ważności predyktorów. *Predictor's importance.*



Ryc. 17. Funkcyjna charakterystyka preferencji środowiskowych błotniaka łąkowego dla roku 2013. Wykresy pokazują, jak zmienia się zagęszczenie populacji dla różnych wartości poszczególnych predyktorów, przy założeniu, że wartości wszystkich pozostałych predyktorów w modelu pozostają stałe i równe swoim wartościom średnim. Wartości na osiach rzędnych oznaczają reszty z modelu, czyli odchylenia od wartości przewidywanych.

Partial response curves obtained from the habitat use model fitted to the data from the year 2013. These plots are used for interpretation of functional relationships between predictor values and population density (log transformed) and show how each predictor is related to the response variable when other predictors are held constant.



Ryc. 18. Funkcyjna charakterystyka preferencji środowiskowych błotniaka łąkowego dla roku 2014. Opis pod Ryc. 17.

Partial response curves obtained from the habitat use model fitted to the data from 2014. See Fig. 16 for the explanations.

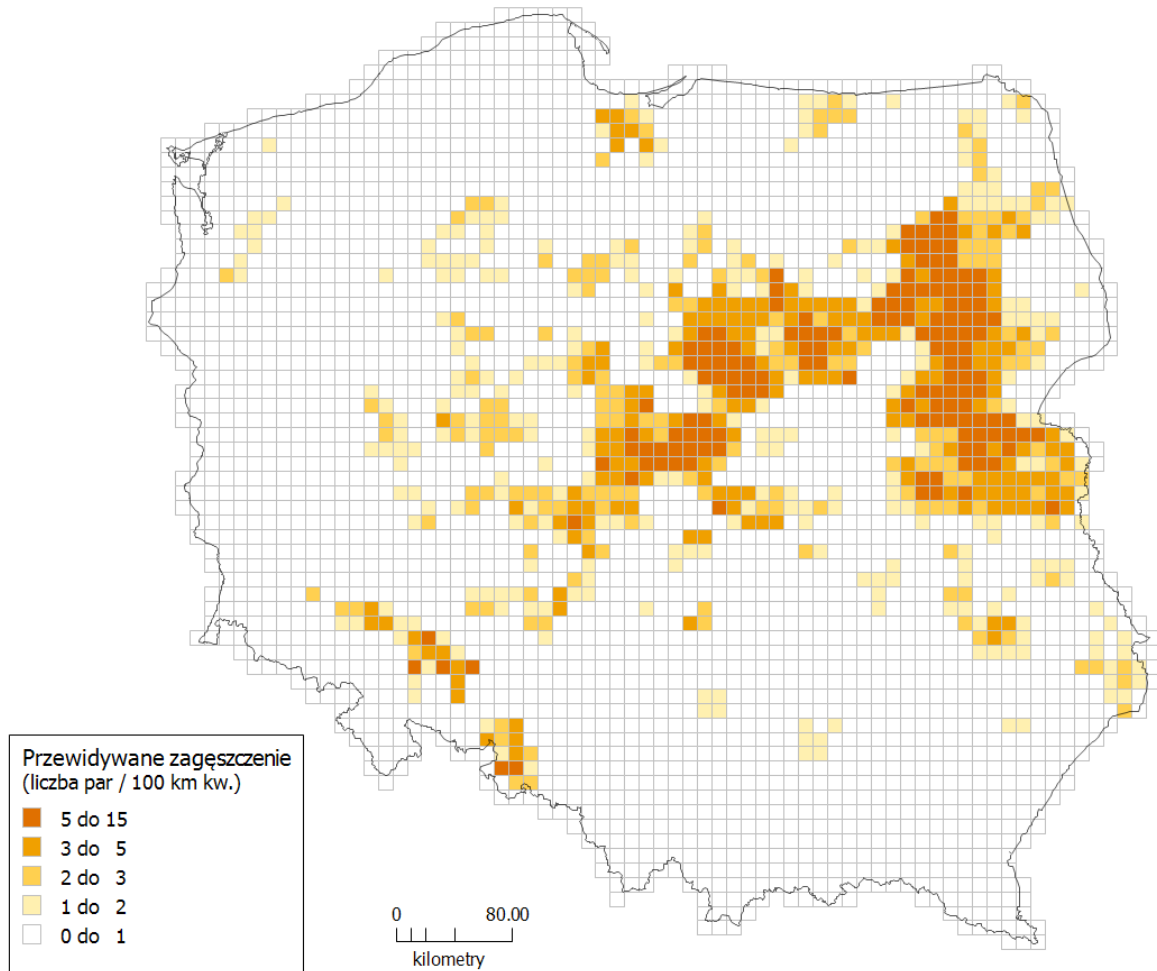
Tabela 7. Opis zmiennych w modelu.

Habitat variables selected as important predictors in RF model.

Kod Code	Opis zmiennej Description
rol	<p>Udział powierzchniowy użytków rolnych (ogólna powierzchnia gruntów ornych, ogrodów przydomowych, upraw trwałych w tym sadów, łąk i pastwisk podzielona przez pole powierzchni gminy).</p> <p><i>Land used by farming (total area of land occupied by farming divided by NUTS 5 unit area)</i></p>
bio04	<p>Sezonowość temperatur (zmienność w ciągu roku). bio4 = odchylenie standardowe temperatur * 100</p> <p><i>Temperature seasonality (variation during the year). bio4 = standard deviation *100</i></p>
komb.zie	<p>Średnia liczba kombajnów ziemniaczanych na gospodarstwo (liczba kombajnów ziemniaczanych w gminie podzielona przez liczbę gospodarstw w gminie). Zmienna ta jest miarą udziału upraw ziemniaków.</p> <p><i>No. of potato combine harvesters per farm (treated as an indicator of potato plantations which are typical for extensive farming).</i></p>
roughness	<p>Wskaźnik urozmaicenia rzeźby terenu. Oblicza się go jako odchylenie standardowe nachylenia terenu.</p> <p><i>Indicator of topographic variability. It is given by the standard deviation of slope derived from the DEM.</i></p>
gosp.duze	<p>Udział procentowy dużych gospodarstw (liczba gospodarstw o powierzchni > 10ha podzielona przez ogólną liczbę gospodarstw w gminie).</p> <p><i>Big farms (no. of farms > 10ha divided by total no. of farms).</i></p>
bio01	<p>Średnia temperatura roczna (°C * 10)</p> <p><i>Annual mean temperature (°C * 10)</i></p>
gosp.male	<p>Udział procentowy małych gospodarstw (liczba gospodarstw o powierzchni ≤ 2ha podzielona przez ogólną liczbę gospodarstw w gminie)</p> <p><i>Small farms (no. of farms ≤ 2ha divided by total no. of farms)</i></p>
clc.211	<p>Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających</p> <p><i>Non-irrigated arable land</i></p>
bio12	<p>Suma rocznych opadów</p> <p><i>Annual precipitation</i></p>
zasiewy	<p>Udział procentowy gruntów ornych pod zasiewami (powierzchnia gruntów ornych pod zasiewami podzielona przez powierzchnię użytków rolnych)</p> <p><i>Sown area (total area of sown land divided by total area of land used by farming)</i></p>
sad	<p>Udział procentowy sadów (powierzchnia sadów podzielona przez powierzchnię użytków rolnych)</p> <p><i>Orchards (total area of orchards divided by total area of land used by farming)</i></p>

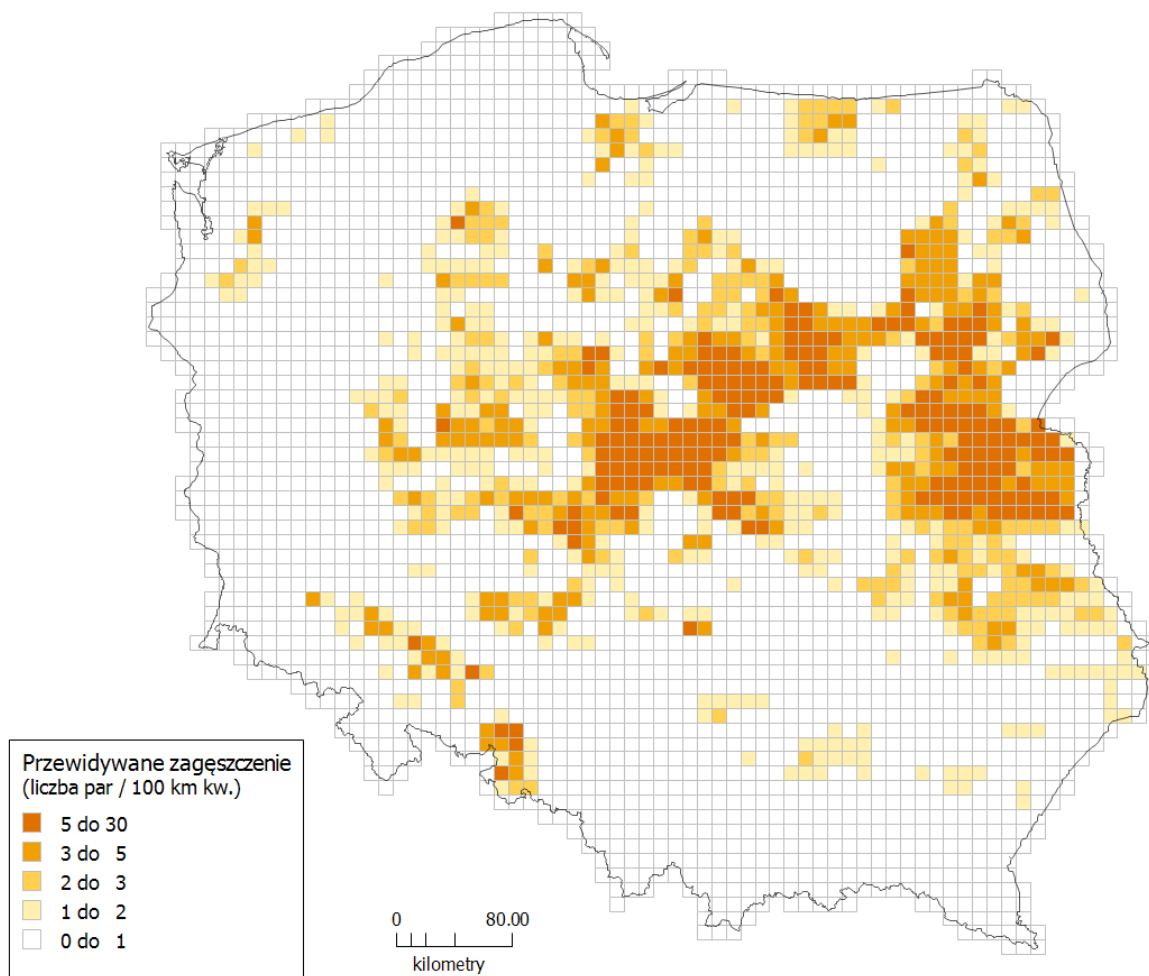
8.6. *Przewidywanie zagęszczeń populacji w poszczególnych regionach kraju*

Przestrzenny rozkład zagęszczenia populacji błotniaka łąkowego w Polsce został przedstawiony na Ryc. 19, Ryc. 20 i Ryc. 21.

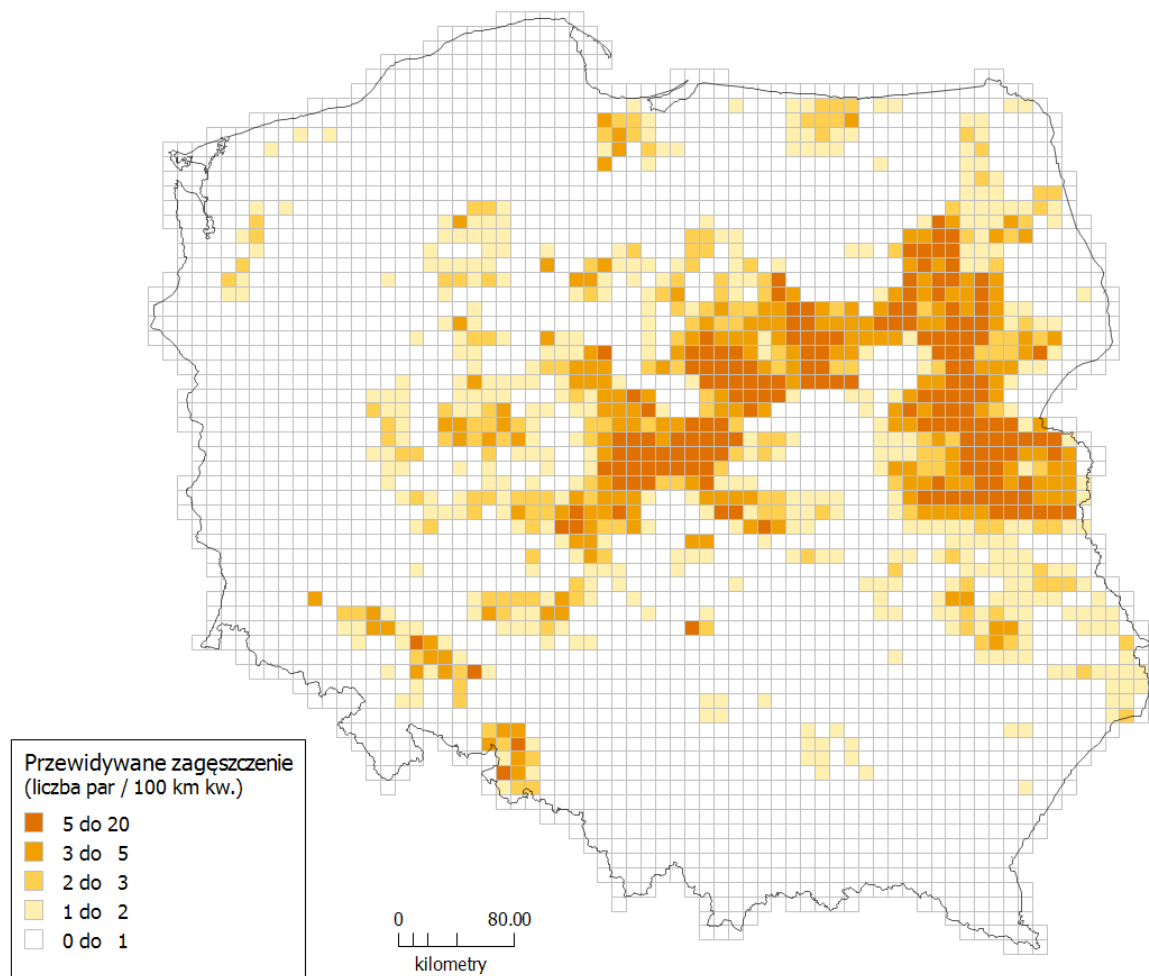


Ryc. 19. Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego w 2013 r. w kwadratach 10x10 km

The map of predicted population densities in 10x10 km squares in 2013.



Ryc. 20. Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego w 2014 r. w kwadratach 10x10 km
The map of predicted population densities in 10x10 km squares in 2014.



Ryc. 21. Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego (średnia dla lat 2013-2014) w kwadratach 10x10 km

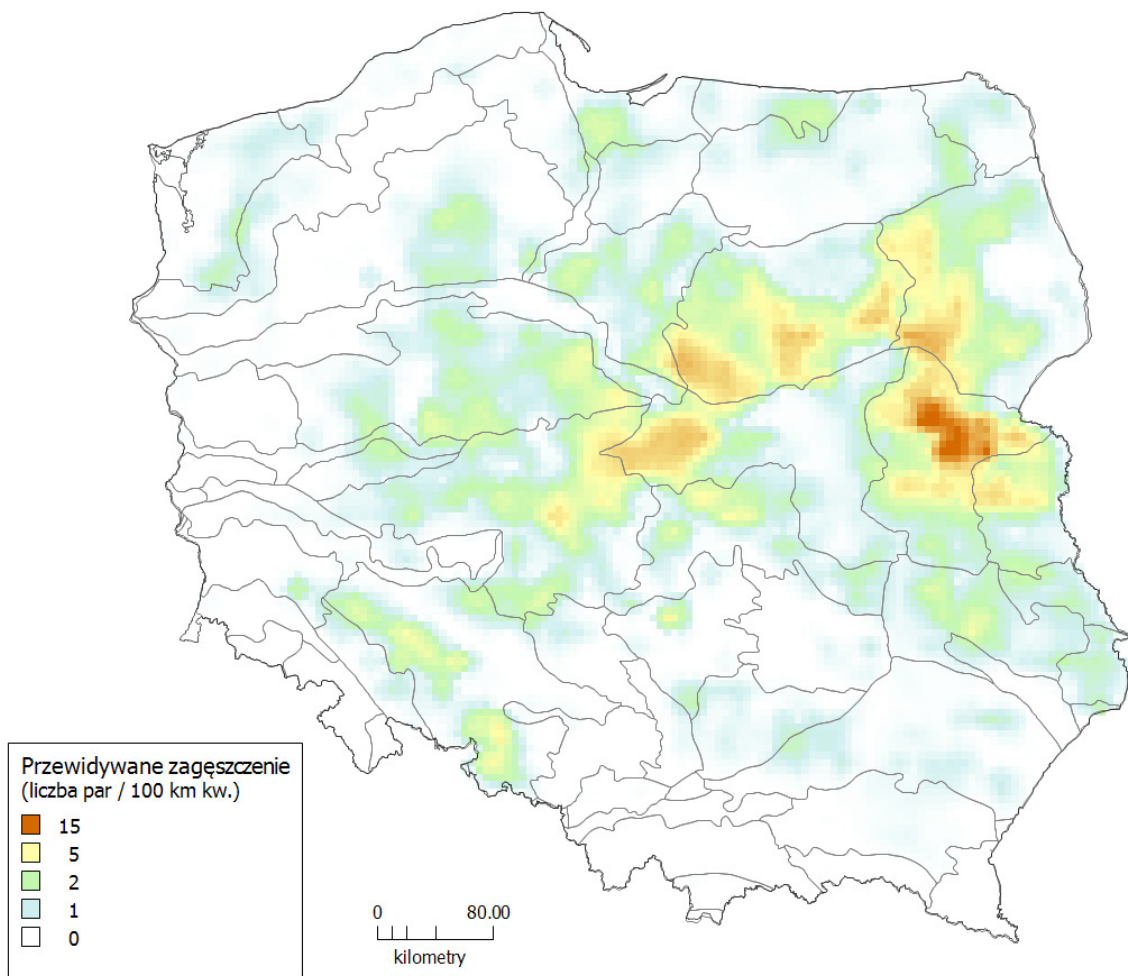
The map of predicted population densities in 10x10 km squares (mean for 2013-2014).

1. Podział fizycznogeograficzny

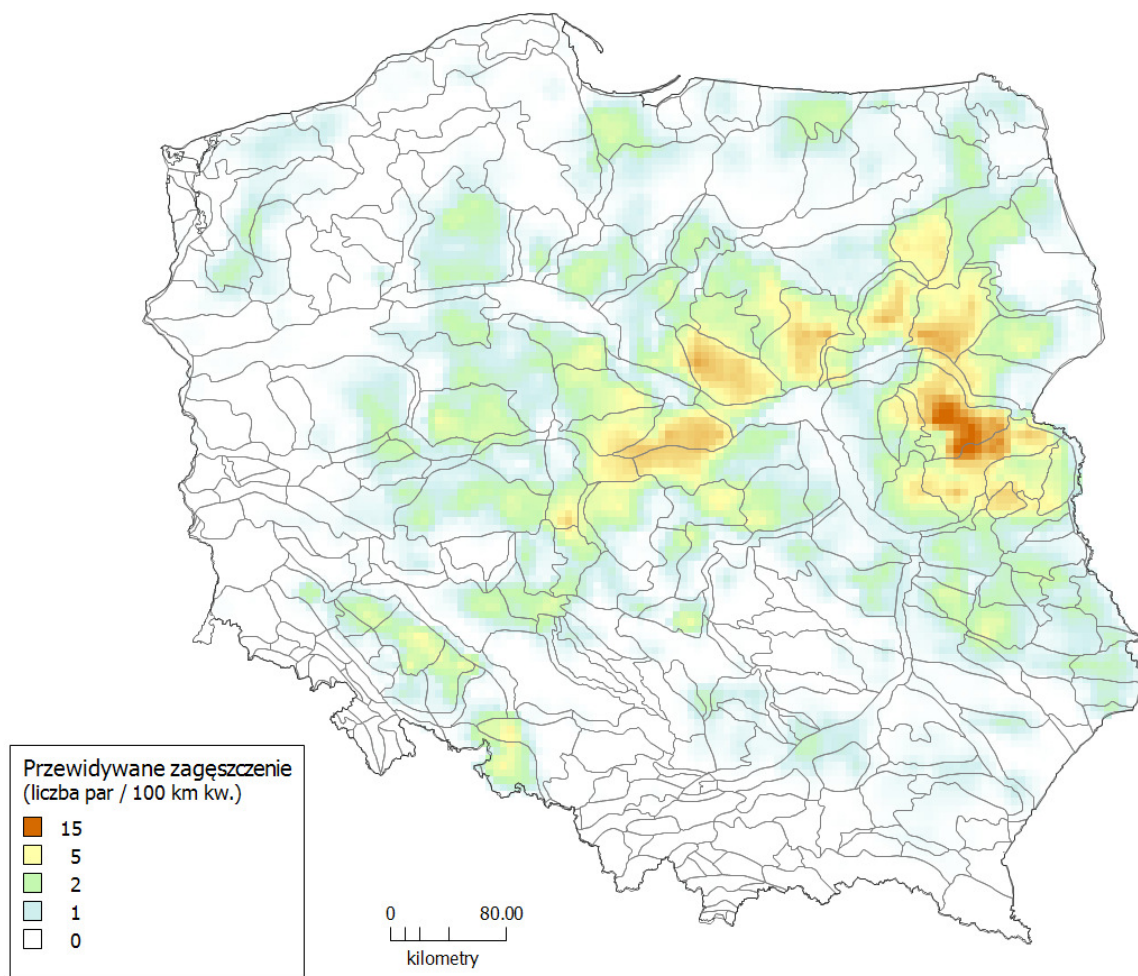
Analiza zagęszczeń w makroregionach (Kondracki, 2002) wskazuje, że błotniak łąkowy osiąga najwyższe zagęszczenia na nizinach: Południowo- i Północnopodlaskiej, Północnomazowieckiej, Środkowomazowieckiej, w dużo mniejszym stopniu Południowowielkopolskiej, Śląskiej, na Polesiu Zachodnim i w Niece Nidziańskiej. W jeszcze niższych zagęszczeniach występuje na pojezierzach: Wielkopolskim, Południowo- i Zachodniopomorskim oraz Chełmińsko-Dobrzyńskim (Ryc. 22).

W podziale na mezoregiony (Ryc. 23) najwyższe zagęszczenia stwierdzono na wysoczyznach: Siedleckiej, Wysokomazowieckiej, Kolneńskiej, Ciechanowskiej, Płońskiej, a także na Międzyrzeczu Łomżyńskim, Równinie Kutnowskiej i Łukowskiej.

Optymalne środowisko błotniaka łąkowego wydaje się być w dużym stopniu skorelowane ze specyficzną geomorfologią. Najwyższe zagęszczenia zostały stwierdzone na obszarach o charakterze wysoczyzn: lekko wyniesionych i płaskich obszarów otoczonych obniżeniami i pradolinami. Spośród regionów spełniających te warunki błotniak łąkowy występuje wyłącznie w tych o niewielkiej lesistości, ekstensywnym rolnictwie i kontynentalnym klimacie.



Ryc. 22. Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego (średnia dla lat 2013-2014) na tle podziału fizycznogeograficznego Polski na makroregiony
The map of predicted mean population densities in the years 2013-214 overlaid by the geophysical regions.



Ryc. 23. Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego (średnia dla lat 2013-2014) na tle podziału fizycznogeograficznego Polski na mezoregiony
The map of predicted mean population densities in the years 2013-2014 overlaid by the geophysical regions.

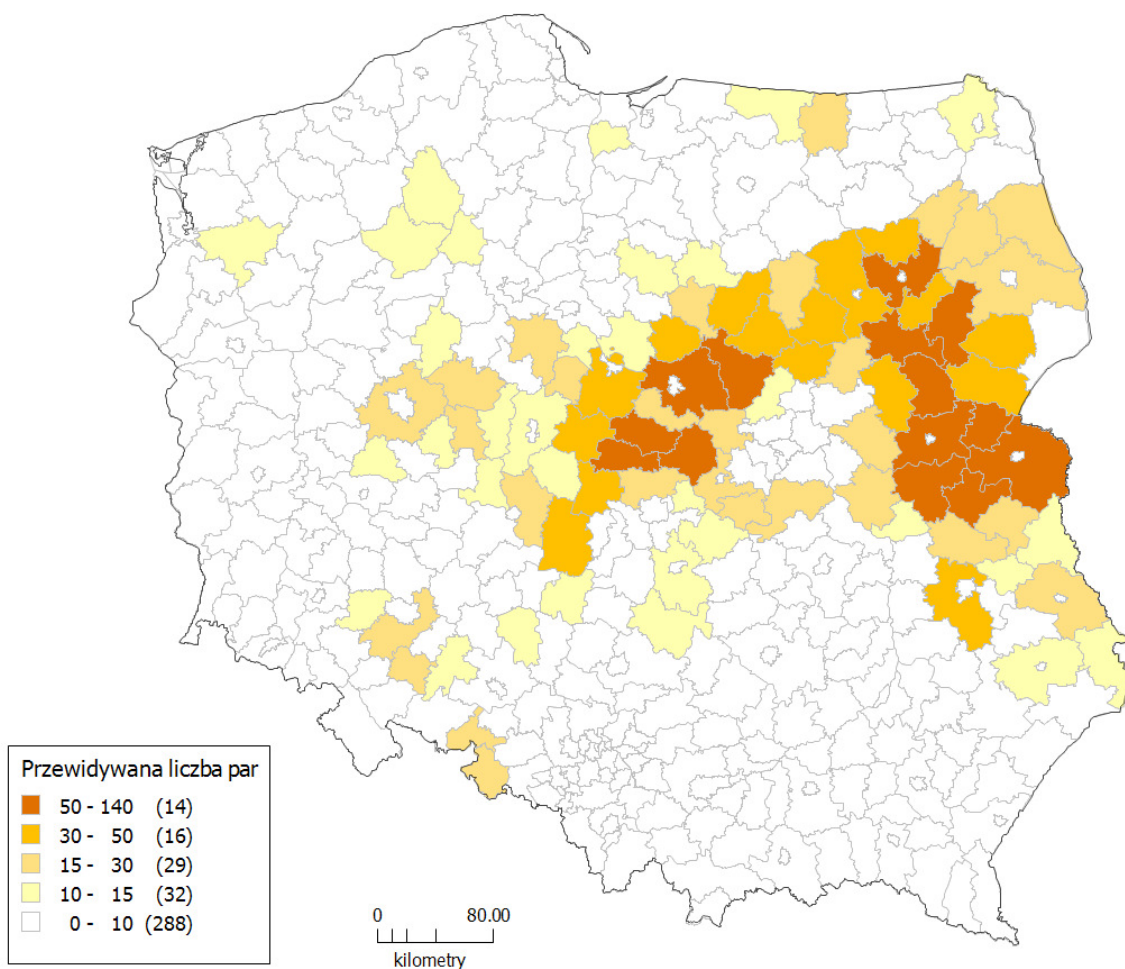
Podział administracyjny

Tabela 8 zawiera podsumowanie przewidywanych zagęszczeń i liczebności błotniaka łąkowego w poszczególnych powiatach. Rozkład przestrzenny szacowanych liczebności populacji z podziałem na jednostki administracyjne (powiaty i gminy) został przedstawiony na mapach Ryc. 24 i Ryc. 25.

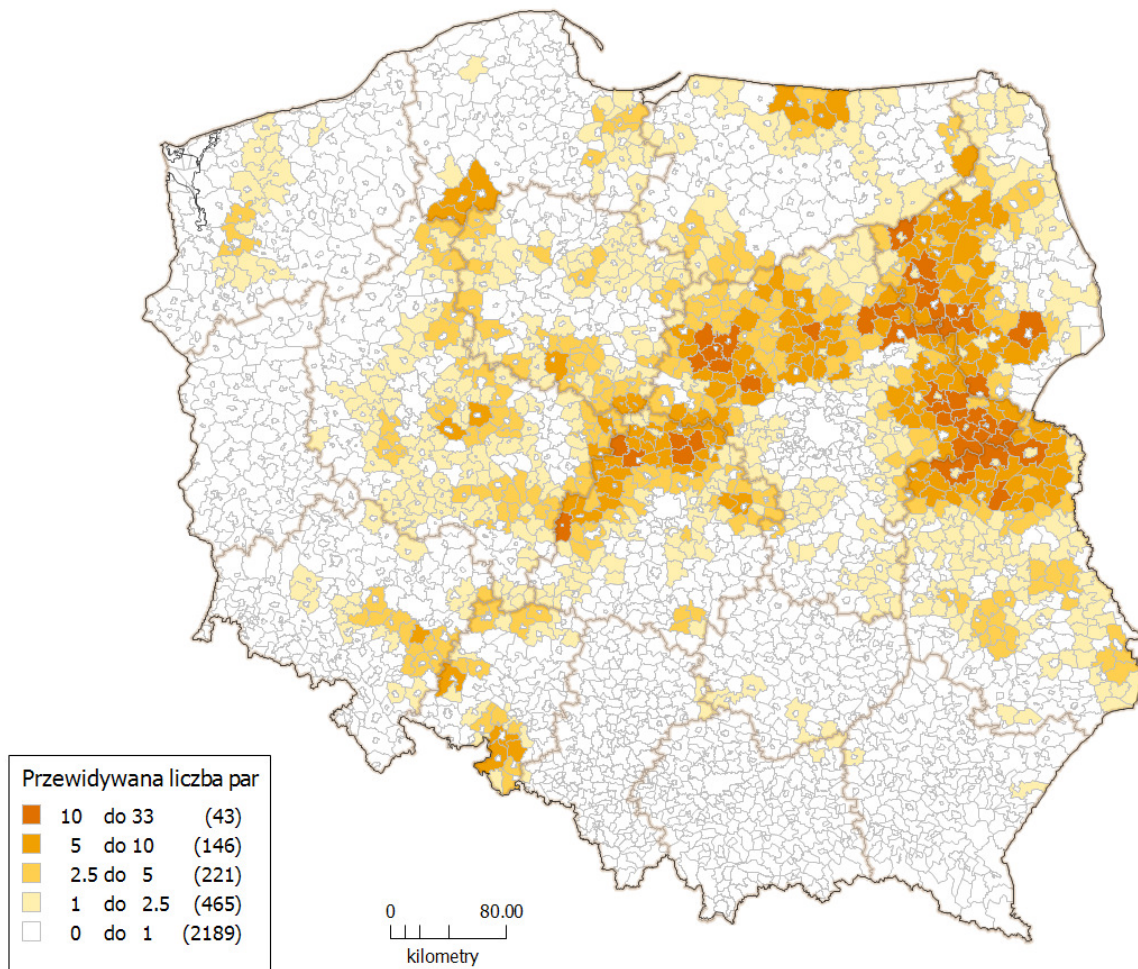
Tabela 8. Szacowane dla lat 2013-2014 średnie zagęszczenia populacji oraz całkowita liczebność w powiatach. W tabeli uwzględnione zostały powiaty o najwyższych liczebnościach, w których występuje łącznie ok. 1/2 krajowej populacji błotniaka łąkowego (ok. 1700 par).

Estimated mean population densities and population size for the years 2013-2014 according to administrative division of Poland (NUTS-4 areas). Those counties are shown, which cumulatively host 1/2 of the total Polish population (ca. 1700 BP).

Powiat	Powierzchnia (x 100 km ²)	Średnie zagęszczenie (liczba rewirów / 100 km ²)	Przewidywana liczebność (liczba rewirów)	Liczebność skumulowana (liczba rewirów)	Liczebność skumulowana (%)
siedlecki	15.96	8.57	137	137	4.0
białski	26.77	4.48	120	257	7.6
płocki	17.97	4.91	88	345	10.2
sokołowski	11.19	7.40	83	428	12.7
wysokomazowiecki	12.81	6.44	83	510	15.1
płoński	13.77	5.57	77	587	17.4
ostrowski	23.73	3.17	75	662	19.6
łukowski	13.94	5.28	74	736	21.8
łosicki	7.64	8.32	64	799	23.7
łomżyński	13.58	4.57	62	861	25.5
łowicki	9.91	6.29	62	923	27.4
łęczycki	7.67	7.39	57	980	29.1
radzyński	9.81	5.79	57	1037	30.7
kutnowski	8.83	5.96	53	1090	32.3
makowski	10.64	4.40	47	1136	33.7
ostrołęcki	20.90	2.22	47	1183	35.1
ciechanowski	10.54	4.31	46	1228	36.4
pułtuski	8.24	5.51	46	1274	37.8
sieradzki	14.82	2.96	44	1318	39.1
węgrowski	12.22	3.62	44	1362	40.4
poddębicki	8.78	4.75	42	1403	41.6
włocławski	14.66	2.82	41	1444	42.8
lubelski	16.81	2.29	39	1483	44.0
sierpecki	8.48	4.57	39	1521	45.1
bielski	18.55	2.03	38	1559	46.2
kolneński	9.42	4.06	38	1597	47.3
kolski	10.05	3.67	37	1634	48.4
mławski	11.73	3.14	37	1671	49.5
siemiatycki	14.39	2.41	35	1705	50.5



Ryc. 24. Mapa przewidywanej liczebności błotniaka łąkowego (średnia dla lat 2013-2014) w powiatach
The map of predicted population size in the years 2013-2014 within each county.



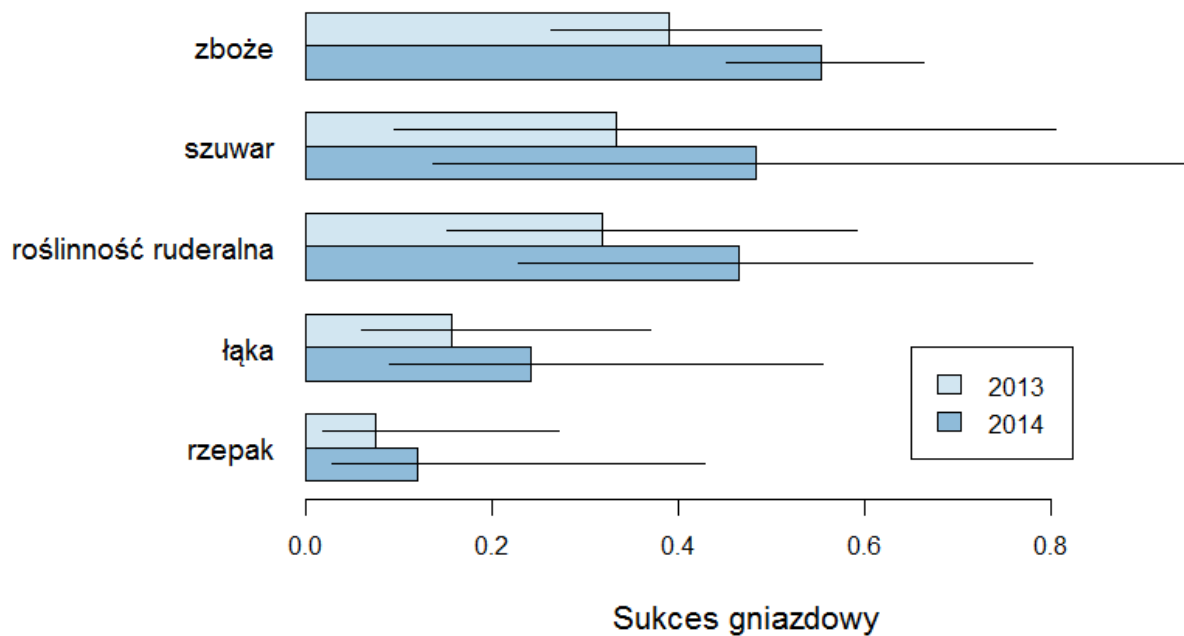
Ryc. 25. Mapa przewidywanej liczebności błotniaka łąkowego w gminach (średnie dla lat 2013-2014)

The map of predicted mean population size in the years 2013-2014 within each commune.

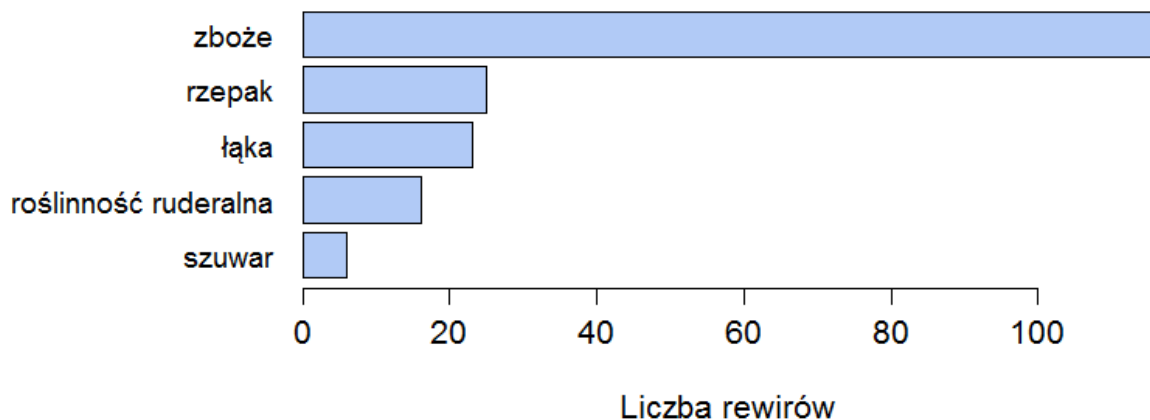
8.7. Ocena sukcesu gniazdowego

Spośród 502 skontrolowanych w latach 2013-2014 rewirów w 350 przypadkach udało się ustalić sukces gniazdowy. W 165 przypadkach odnotowano udane lęgi. Daje to oszacowanie średniego sukcesu gniazdowego wynoszące 47.1% (95%PU: 41.9-52.4). Wartość ta jest jednak myląca, gdyż w obu latach badań prowadzono aktywną ochronę lęgów polegającą na: 1) grodzeniu gniazda siatką (n=43), 2) ochronie za pomocą siatki podłączanej do elektryzatora (n=28) i 3) przenoszeniu podlotów przed koszeniem w bezpieczne miejsce (n=2). Zabiegi takie są niezwykle skuteczne i sukces gniazd objętych aktywną ochroną wyniósł 97.3% (91.8-99.5), natomiast gniazd nie chronionych 33.9% (28.5-39.6). Różnica ta jest statystycznie znacząca (likelihood-ratio test, LRT=110.83, df=1, p<2.2e-16).

Wśród gniazd nie chronionych stwierdzono istotny wpływ roku oraz siedliska, przy czym interakcja tych czynników nie jest istotna (LRT=6.53, df=3, p=0.0885), co świadczy o powtarzalnych wzorcach w obu latach badań. Średni sukces w roku 2013 wyniósł 25.4% (19.4-32.2) i był istotnie niższy, niż w roku 2014, gdy wyniósł 49.0% (39.3-58.7) (LRT=15.61, df=1, p= 7.8e-5). Średni sukces gniazdowy z podziałem na lata i siedliska został przedstawiony na Ryc. 26. Sukces różnił się w zależności od siedliska lęgowego. Najwyższy został stwierdzony w zbożach, w roślinności szuwarowej i siedliskach ruderalnych, niższy na łąkach i w rzepaku.



Ryc. 26. Średni sukces dla gniazd nie objętych programem aktywnej ochrony z podziałem na siedliska łąkowe i lata badań. Niektóre kategorie siedlisk zostały scalone – patrz Tabela 9.
Breeding success for natural (i.e. not covered by the active protection scheme) nests.



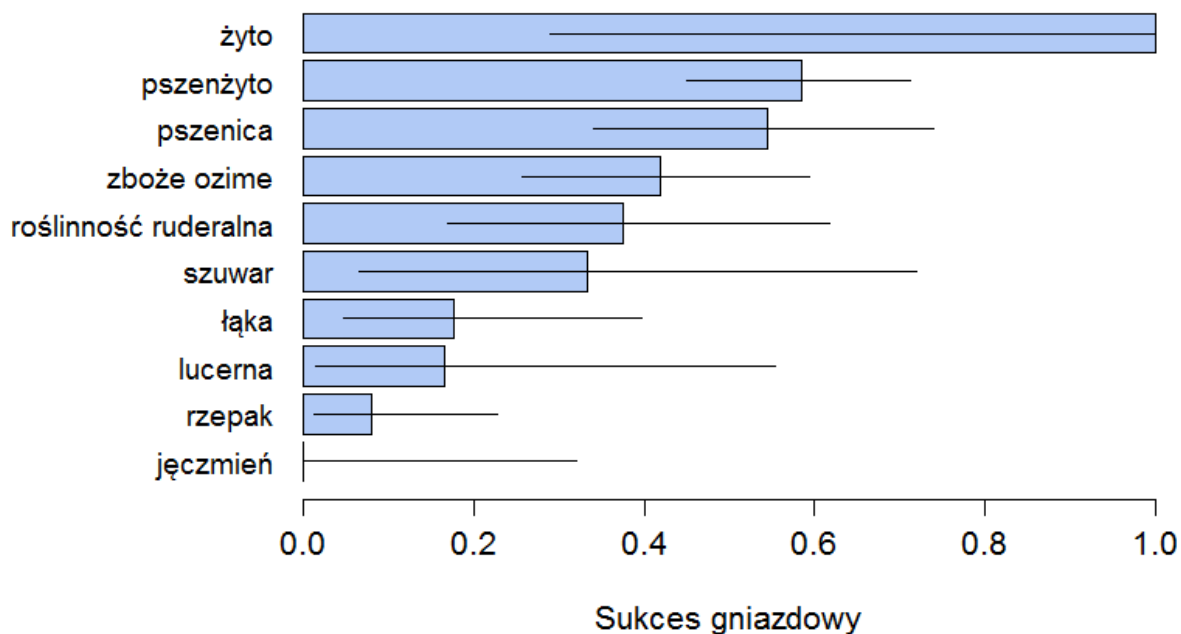
Ryc. 27. Rozkład liczby rewirów w poszczególnych siedliskach w obu latach badań. Niektóre kategorie siedlisk zostały scalone – patrz Tabela 9.
No. of territories in habitat types.

Tabela 9. Liczba rewirów oraz sukces gniazdowy obliczony dla gniazd nie objętych programem aktywnej ochrony z podziałem na siedliska

No. of territories and breeding success of unprotected nests according to habitat types.

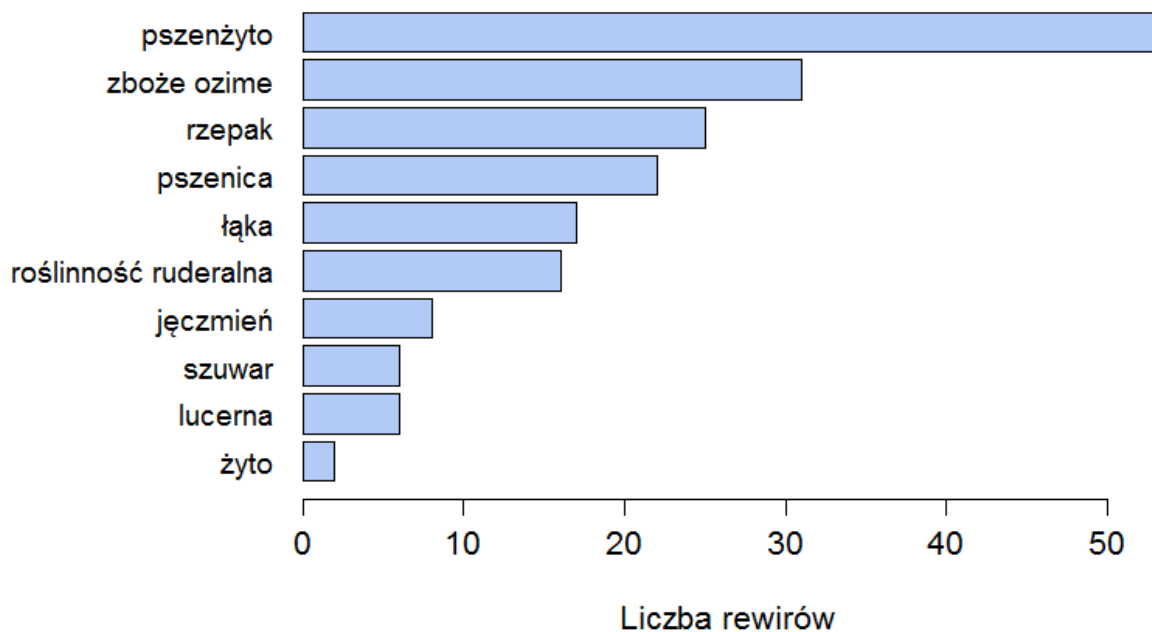
Siedlisko gniazdowe	n	%	% bez NA	k	Sukces	Ici	uci
rzepak	25	9.0	4.9	2	0.08	0.01	0.23
pszenżyto	53	19.1	28.5	31	0.58	0.45	0.71
pszenica	22	7.9	11.8	12	0.55	0.34	0.74
jęczmień	8	2.9	4.3	0	0.00	0.00	0.32
żyto	2	0.7	1.1	2	1.00	0.29	1.00
zboże ozime	31	11.2	16.7	13	0.42	0.26	0.59
zboża razem	116	41.9	62.4	58	0.50	0.41	0.59
łąka	17	6.1	9.1	3	0.18	0.05	0.40
lucerna	6	2.2	3.2	1	0.17	0.01	0.55
łąki i lucerna razem	23	8.3	12.4	4	0.17	0.06	0.36
roślinność ruderalna	16	5.8	8.6	6	0.38	0.17	0.62
szuwar	6	2.2	3.2	2	0.33	0.07	0.72
Razem (bez nieznanych)	186	67.1	100.0				
Brak danych (NA)	91	32.9		22	0.24	0.16	0.34
Razem	277	100.0		94	0.34	0.29	0.40

n – liczba rewirów, % - procent rewirów (wszystkich, n=277), % bez NA – procent rewirów wśród rewirów ze znanym siedliskiem (n=186), k – liczba rewirów z odnotowanym sukcesem gniazdowym, Sukces – sukces gniazdowy, Ici, uci – 95% przedziały ufności dla sukcesu gniazdowego



Ryc. 28. Sukces gniazdowy w poszczególnych siedliskach dla gniazd nie objętych programem aktywnej ochrony

Breeding success of unprotected nests in different habitat types.

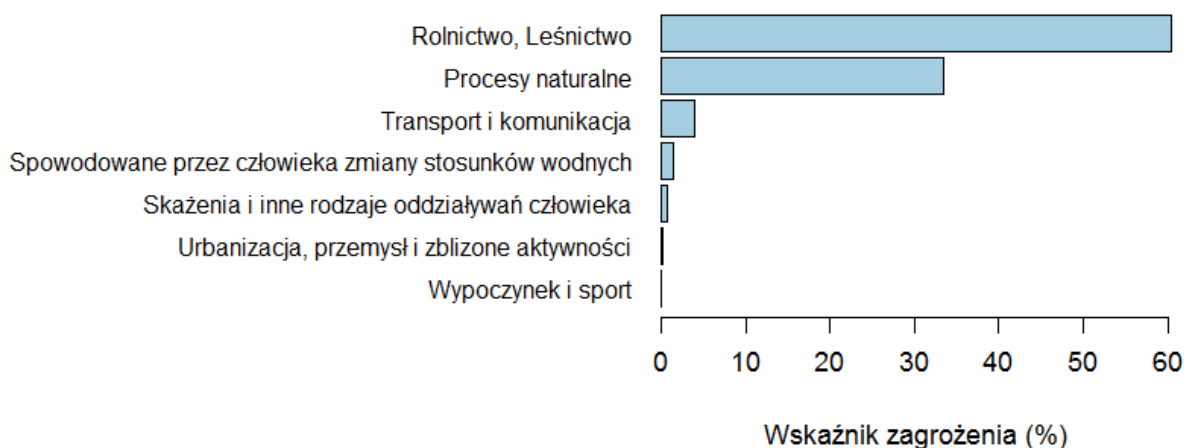


Ryc. 29. Rozkład liczby rewirów w poszczególnych siedliskach
No. of territories in habitat types.

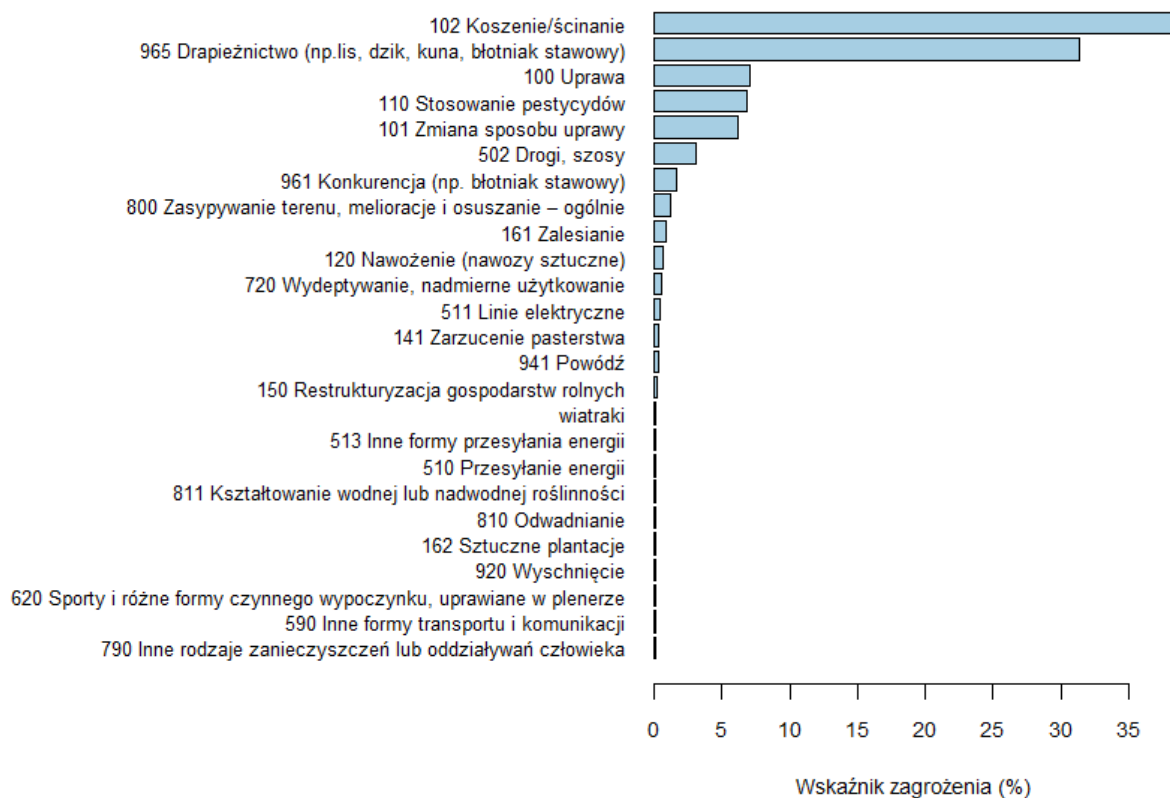
8.8. Rozpoznanie najważniejszych zagrożeń

Za główne zagrożenie dla łągów błotniaka łąkowego obserwatorzy uznali działalność rolniczą (Z=61%), a w szczególności koszenie (Z=38%). Nieco mniejsze znaczenie zostało przypisane procesom naturalnym (Z=33%), z których głównym jest drapieżnictwo (Z=31%). Wpływ pozostałych czynników mogących stwarzać zagrożenia wydaje się być niewielki.

Rolnictwo i drapieżnictwo łącznie są wg tej oceny czynnikami najbardziej limitującymi udatność łągów i stanowią największe zagrożenie dla błotniaka łąkowego (Z=92%).



Ryc. 30. Wskaźnik zagrożeń (Z) z podziałem na kategorie
Threats index judged for different categories.



Ryc. 1. Wskaźnik zagrożeń (Z) z podziałem na podkategorie
Threats index judged for different sub-categories.

Tabela 10. Wskaźnik zagrożeń (Z) dla kategorii i podkategorii
Threats index judged for different categories and sub-categories.

Kategoria	suma	Z (%)
100 Uprawa	120	7.1
101 Zmiana sposobu uprawy	104	6.1
102 Koszenie/ścińanie	651	38.4
110 Stosowanie pestycydów	116	6.8
120 Nawożenie (nawozy sztuczne)	12	0.7
141 Zarzucenie pasterstwa	5	0.3
150 Restrukturyzacja gospodarstw rolnych	3	0.2
161 Zalesianie	14	0.8
162 Sztuczne plantacje	2	0.1
Rolnictwo, Leśnictwo	1027	60.5
502 Drogi, szosy	53	3.1
510 Przesyłanie energii	2	0.1
511 Linie elektryczne	8	0.5
513 Inne formy przesyłania energii	2	0.1
590 Inne formy transportu i komunikacji	1	0.1
Transport i komunikacja	66	3.9
620 Sporty i różne formy czynnego wypoczynku, uprawiane w plenerze	1	0.1
Sporty i różne formy czynnego wypoczynku, uprawiane w plenerze	1	0.1
720 Wydeptywanie, nadmierne użytkowanie	9	0.5
790 Inne rodzaje zanieczyszczeń lub oddziaływań człowieka	1	0.1
Skażenia i inne rodzaje oddziaływań człowieka	10	0.6
800 Zasypywanie terenu, melioracje i osuszanie – ogólnie	20	1.2
810 Odwadnianie	2	0.1
811 Kształtowanie wodnej lub nadwodnej roślinności	2	0.1
Spowodowane przez człowieka zmiany stosunków wodnych	24	1.4
920 Wyschnięcie	2	0.1
941 Powódź	5	0.3
961 Konkurencja (np. błotniak stawowy)	28	1.6
965 Drapieżnictwo (np. lis, dzik, kuna, błotniak stawowy)	533	31.4
Procesy naturalne	568	33.5
wiatraki	2	0.1
Urbanizacja, przemysł i zbliżone aktywności	2	0.1
Razem	1697	100.0

9. Podziękowania

Na etapie projektowania cenzusu wykorzystaliśmy dane z lat 2000-2012 udostępnione w publicznych bazach danych, a także dostarczone bezpośrednio przez wiele życzliwych osób, którym składamy serdeczne podziękowania. Pełna lista jest dostępna pod adresem: <http://pygargus.pl/cenzus>.

Dziękujemy też wszystkim, którzy udostępnili swoje obserwacje w następujących bazach danych:

1. Polska Kartoteka Przyrodnicza (<http://kartoteka-przyrodnicza.pl>),
2. Awibaza (<http://birdlaa5.memset.net/worldbirds/poland.php>)
3. Wielkopolska Kartoteka Ornitologiczna (<http://www.wko.eko.org.pl>)
4. Wielkopolski Atlas Ornitologiczny (<http://wao.amu.edu.pl>)
5. Kartoteka Świętokrzyskiej Grupy Ornitologicznej (<http://www.sgo.tbop.org.pl>)
6. Monitoring Ptaków (MPD, MPM, MPPL) (<http://www.monitoringptakow.gios.gov.pl>)

Monitoring Ptaków Drapieżnych (MPD) jest realizowany przez Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków i Komitet Ochrony Orłów. Od 2007 roku MPD stanowi jeden z elementów Państwowego Monitoringu Środowiska, koordynowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, dzięki wsparciu finansowemu Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Dziękujemy Tomkowi Chodkiewiczowi i Przemkowi Chylareckiemu za życzliwość i pomoc, a także cenne uwagi merytoryczne i udostępnienie danych.

10. Literatura

- Amano, T., Okamura, H., Carrizo, S.F., Sutherland, W.J., 2012. Hierarchical models for smoothed population indices: The importance of considering variations in trends of count data among sites. *Ecological Indicators* 13, 243–252. doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.008
- Bled, F., Sauer, J., Pardieck, K., Doherty, P., Royle, J.A., 2013. Modeling Trends from North American Breeding Bird Survey Data: A Spatially Explicit Approach. *PLoS ONE* 8, e81867. doi:10.1371/journal.pone.0081867
- Breiman, L., 2001. Random forests. *Machine learning* 45, 5–32.
- Gaston, K.J., Fuller, R.A., 2009. The sizes of species' geographic ranges. *Journal of Applied Ecology* 46, 1–9. doi:10.1111/j.1365-2664.2008.01596.x
- GDOŚ, 2010. Instrukcja wypełniania Standardowego Formularza Danych obszaru NATURA 2000 ver. 2010.1. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Kéry, M., Dorazio, R.M., Soldaat, L., Van Strien, A., Zuiderwijk, A., Royle, J.A., 2009. Trend estimation in populations with imperfect detection. *Journal of Applied Ecology* 46, 1163–1172. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01724.x
- Kondracki, J., 2002. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kuczyński, L., Chylarecki, P., 2012. *Atlas pospolitych ptaków lęgowych Polski*. Rozmieszczenie, wybiórczość siedliskowa, trendy. GIOŚ, Warszawa.
- Lontkowski, J., 2009. Błotniak łąkowy *Circus pygargus*, in: Chylarecki P. Sikora A., Cenian Z. (red): *Monitoring Ptaków Lęgowych*. Poradnik Metodyczny Dotyczący Gatunków Chronionych Dyrektywą Ptasia. GIOŚ, Warszawa.
- MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Royle, J.A., Pollock, K.H., Bailey, L.L., Hines, J.E., 2006. *Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence*. Academic Press.
- McCullagh, Nelder, 1989. *Generalized Linear Models*, Second Edition, 2 edition. ed. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton.
- Nichols, J.D., Hines, J.E., Sauer, J.R., Fallon, F.W., Fallon, J.E., Heglund, P.J., 2000. A double-observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. *The Auk* 117, 393. doi:10.1642/0004-8038(2000)117[0393:ADOAFE]2.0.CO;2
- Plummer, M., 2003. JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. Presented at the Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003). March, pp. 20–22.
- R Development Core Team, 2014. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Royle, J.A., 2004. N-Mixture Models for Estimating Population Size from Spatially Replicated Counts. *Biometrics* 60, 108–115. doi:10.1111/j.0006-341X.2004.00142.x
- Royle, J.A., Dorazio, R.M., 2012. Parameter-expanded data augmentation for Bayesian analysis of capture–recapture models. *J Ornithol* 152, 521–537. doi:10.1007/s10336-010-0619-4
- Royle, J.A., Dorazio, R.M., Link, W.A., 2007. Analysis of Multinomial Models With Unknown Index Using Data Augmentation. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 16, 67–85. doi:10.1198/106186007X181425
- Sauer, J.R., Link, W.A., 2011. Analysis of the North American Breeding Bird Survey Using Hierarchical Models. *The Auk* 128, 87–98. doi:10.1525/auk.2010.09220
- Su, Y.-S., Yajima, M., 2014. R2jags: A Package for Running jags from R.
- Trierweiler, C., 2010. Travels to Feed and Food to Breed: The Annual Cycle of a Migratory Raptor, Montagu's Harrier, in a Modern World.
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 1999. *Generalized Linear Models*, in: *Modern Applied Statistics with S-PLUS*, Statistics and Computing. Springer New York, pp. 211–240.

11. English Summary

This report presents results of the National Montagu's Harrier Census carried out in the years 2013-2014 as a part of the project "Montagu's Harrier protection in Poland" financed by the EU (The Operational Programme Infrastructure and Environment, POIS.05.01.00-00-381/12), National Fund for Environmental Protection and Water Management and The Society of Nature Protection "Bocian".

The study aimed to: 1) estimate the total size of Polish breeding population, 2) assess the spatial distribution of population density within the country, 3) estimate the breeding success, 4) provide functional description of habitat use, 5) evaluate the threats to breeding birds.

The fieldwork was done in both years on 100 sampling plots (10x10 km) randomly chosen from the set of squares of high habitat suitability. The suitability was evaluated by predictive model build on the basis of presence-absence data gathered during the years 2000-2012. The efficiency of the fieldwork was evaluated on some plots using the double observer approach. This allowed the detectability to be estimated and accounted for whilst estimating the population size. The density data were subsequently used for predictive distribution modelling using machine learning methods (Random Forest). Habitat use was assessed by the analysis of the partial response curves produced by the RF model. Threats to breeding birds were judged using the methodology which is routinely used during the evaluation of N2k sites.

The field methodology used in this study (2 all-day visits in May and July) puts the estimate of detectability at 55%. The total size of Polish population was estimated to be 3400 BP (95%CI: 2700-4300), which constitutes 20% of the birds breeding in EU. Breeding success averaged 97.3% (91.8-99.5) for nests covered by the active protection scheme and 33.9% (28.5-39.6) for unprotected nests. Breeding success was strongly affected by the nesting habitat (being the highest in cereals and ruderal habitats and the lowest on meadows and canola plantations). The analysis of the habitat use model confirmed that Montagu's Harrier prefers flat, unforested farmland. Extensive agriculture is undoubtedly superior for this species. It avoids human settlements and shows clear preference to continental climate. The main threats are farming practices and predation.

12. Zawartość dołączonej płyty CD

Nazwa pliku	Opis
1992_10.kmz	Podział Polski na kwadraty o boku 10 km w układzie PUWG 1992 w formacie Google Earth
1992_10km_shape.zip	j.w. w formacie shape
1992_10km_PL.csv	Dane kwadratów: ID_10 – identyfikator kwadratu, x, y – współrzędne geodezyjne (PUWG 1992)
Kwadraty wylosowane.kmz	Kwadraty wylosowane i kontrolowane w ramach cenzusu w formacie Google Earth
cip_pred.csv	Przewidywane prawdopodobieństwo występowania błotniaka łąkowego w kwadracie (Model predykcyjny, str. 4): ID_10 - identyfikator kwadratu, x, y - współrzędne geodezyjne (PUWG 1992), p - prawdopodobieństwo
cip_dens_pred.csv	Przewidywane zagęszczenie populacji (liczba rewirów/100 km ²). ID_10: identyfikator kwadratu, x, y: współrzędne geodezyjne (PUWG 1992), pred_2013: przewidywane zagęszczenie w roku 2013, pred_2014: przewidywane zagęszczenie w roku 2014, pred_mean: średnia dla lat 2013-2014
cip_dens_powiaty.xls	Przewidywana liczebność błotniaka łąkowego w powiatach (średnia dla lat 2013-2014) (Predykcja zagęszczeń populacji w poszczególnych regionach kraju, str. 15): Powiat – nazwa powiatu, Area - powierzchnia powiatu (100 km ²), d.min, d.max, d – odpowiednio: minimalne, maksymalne i średnie zagęszczenie populacji (liczba rewirów/100 km ²), suma – całkowita liczebność w powiecie (liczba rewirów), skum. – liczebność skumulowana
Ryc10.pdf	Zmiany liczebności populacji i wskaźnika rozpowszechnienia błotniaka łąkowego w latach 2007-2014 (na podstawie danych z Monitoringu Ptaków Drapieżnych)
Ryc19.tif	Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego w 2013 r. w kwadratach 10x10 km
Ryc20.tif	Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego w 2014 r. w kwadratach 10x10 km
Ryc21.tif	Mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego (średnia dla lat 2013-2014) w kwadratach 10x10 km
Ryc22.tif	Wygładzona mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego (średnia 2013-2014) na tle podziału fizycznogeograficznego Polski na makroregiony
Ryc23.tif	Wygładzona mapa przewidywanego zagęszczenia błotniaka łąkowego (średnia 2013-2014) na tle podziału fizycznogeograficznego Polski na mezoregiony
Ryc24.tif	Mapa przewidywanej liczebności w powiatach (średnia dla lat 2013-2014)
Ryc25.tif	Mapa przewidywanej liczebności w gminach (średnia dla lat 2013-2014)
Raport_2014.doc	Niniejszy dokument
Raport_2014.pdf	Raport w formacie pdf